



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ



Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

**«Μετεωρολογία - Κλιματολογία και Ατμοσφαιρικό
Περιβάλλον»**



Διατριβή ειδίκευσης

**Μελέτη νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης θερινής περιόδου
για την Ελλάδα με χρήση δορυφορικών εικόνων**

Βασίλειος Κολοβός

Επιβλέπων καθηγητής: Χαράλαμπος Φείδας, Επ. Καθηγητής

*Τριμελής επιτροπή: Χαράλαμπος Φείδας, Επ. Καθηγητής
Θεόδωρος Καρακώστας, Καθηγητής
Ιωάννης Πυθαρούλης, Λέκτορας*

Θεσσαλονίκη 2012

Ευχαριστίες

Καταρχήν, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επίκουρο Καθηγητή Χαράλαμπο Φείδα για την ανάθεση της παρούσας έρευνας, καθώς επίσης και για τις πολύτιμες συμβουλές και διορθώσεις καθ' όλο το διάστημα της εκπόνησης της εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Λέκτορα Ιωάννη Πυθαρούλη για την παροχή δεδομένων του μη υδροστατικού μοντέλου SKIRON από τον Τομέα Μετεωρολογίας, καθώς και τον μεταπτυχιακό φοιτητή Χρήστο Ντόγρα για τη βοήθειά του σχετικά με τη χρήση του λογισμικού Grads. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Θεόδωρο Καρακώστα για την αμέριστη συμπαράστασή του, αλλά και τις πολύτιμες συμβουλές του κατά τη φοίτησή μου στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών «Μετεωρολογία, Κλιματολογία και Ατμοσφαιρικό Περιβάλλον».

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, για την αμέριστη συμπαράστασή της, όχι μόνο κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας, αλλά για όλα τα χρόνια των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

	Περίληψη	
1.	Εισαγωγή	
2.	Θεωρητικό υπόβαθρο	
2.1.	Βασική ερμηνεία των δορυφορικών εικόνων.....	5
2.1.1.	Ερμηνεία των εικόνων στο κανάλι του ορατού.....	5
2.1.2.	Ερμηνεία των εικόνων στο κανάλι του υπερύθρου.....	5
2.1.3.	Ερμηνεία των εικόνων στο κανάλι των υδρατμών.....	6
2.1.4.	Ερμηνεία στα πολυχρωματικά κανάλια.....	7
2.2.	Βασικά χαρακτηριστικά των νεφών στις δορυφορικές εικόνες.....	9
2.3.	Νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης λόγω μετωπικής δραστηριότητας.....	11
2.3.1.	Μελέτη νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης μπροστά από ένα ψυχρό μέτωπο.....	11
2.3.2.	Μελέτη νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης πίσω από ένα Comma Cloud.....	12
2.3.3.	Δημιουργία των ενισχυμένων Cu και εξέλιξή τους σε νεφικά συστήματα τύπου κόμμα.....	13
2.4.	Νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης σε συνθήκες αίθριου καιρού.....	14
2.4.1.	Γενικά.....	14
2.4.2.	Αστάθεια.....	14
2.4.2.1.	Κύκλος ζωής.....	15
2.4.2.2.	Κατακόρυφη κατανομή υγρασίας.....	15
2.4.3.3.	Ο ρόλος των θερμικών μεταφορών.....	15
2.4.2.4.	Ο ρόλος της κατακόρυφης διάτμησης ανέμου (wind shear).....	16
2.4.2.5.	Εισχώρηση ψυχρού αέρα.....	17
2.4.2.6.	Κατακόρυφη κατανομή που ευνοεί την αστάθεια.....	18
2.4.2.7.	Μέσης κλίμακας καταστάσεις που ευνοούν την αστάθεια.....	18
2.4.3.	Χαρακτηριστικές περιπτώσεις νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης.....	18
2.4.3.1.	Μονοκυτταρικές καταιγίδες (single cell storms).....	18
2.4.3.2.	Ομάδες Cb (Cb Clusters).....	19
2.4.3.3.	Πολυκυτταρικά νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης.....	20
2.4.3.4.	MCS.....	21
2.4.4.	Ο παράγοντας της τοπογραφίας.....	28
2.4.4.1.	Νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης ορογραφικής προέλευσης.....	28
2.4.4.2.	Θαλάσσια αύρα.....	29
2.4.4.3.	Απόγειος αύρα.....	33
2.4.4.4.	Ακτογραφία.....	33
2.4.4.5.	Επίδραση νεφοκάλυψης (St ή Sc) των πρώτων πρωινών ωρών.....	35
3.	Δεδομένα-Μεθοδολογία	
3.1.	Πηγές δεδομένων.....	37
3.1.1.	Δορυφορικά δεδομένα.....	37
3.1.2.	Συνοπτικοί χάρτες.....	38
3.1.3.	Μέσης κλίμακας χάρτες.....	38
3.2.	Επεξεργασία δεδομένων.....	38
3.2.1.	Επεξεργασία δορυφορικών δεδομένων.....	38
3.2.2.	Επεξεργασία συνοπτικών χαρτών.....	38
3.2.3.	Επεξεργασία χαρτών μέσης κλίμακας.....	38
3.3.	Μεθοδολογία.....	39
4.	Αποτελέσματα	
4.1.	Κατακόρυφες αναπτύξεις θερμικής προέλευσης.....	41
4.1.1.	Αναλυτική περιγραφή των περιπτώσεων.....	41

4.1.2.	Περιγραφή των επικρατούντων καιρικών καταστάσεων.....	53
4.2.	Ορογραφικές κατακόρυφες αναπτύξεις.....	62
4.2.1.	Αναλυτική περιγραφή των περιπτώσεων.....	62
4.2.2.	Περιγραφή των επικρατούντων καιρικών καταστάσεων.....	80
4.3.	MCS.....	90
4.3.1.	Αναλυτική περιγραφή των περιπτώσεων.....	91
4.3.2.	Περιγραφή των επικρατούντων καιρικών καταστάσεων.....	104
5.	Συμπεράσματα	
5.1	Φωτοερμηνεία των δορυφορικών εικόνων.....	114
5.1.1	Χαρακτηριστικά των νεφών στο ορατό και το υπέρυθρο.....	114
5.1.2	Χαρακτηριστικά των νεφών στο κανάλι των υδρατμών.....	115
5.1.3	Χαρακτηριστικά των νεφών στα πολυχρωματικά κανάλια.....	116
5.1.4	Κύκλος ζωής των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης.....	117
5.2	Επίδραση συνοπτικών παραγόντων στη μελέτη νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης.....	117
5.3	Επίδραση της επιφανειακής ροής στη μελέτη νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης.....	118
5.4	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	120
	Αναφορές	

Περίληψη

Στη μελέτη αυτή γίνεται μια προσπάθεια κατηγοριοποίησης των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης που εμφανίζονται τη θερμή περίοδο του έτους με βάση τα χαρακτηριστικά τους σε δορυφορικές εικόνες του μετεωρολογικού δορυφόρου Meteosat Second Generation (MSG), αλλά και συσχέτισής τους με τις αντίστοιχες συνοπτικές καταστάσεις. Επίσης, μελετάται ο ρόλος της θερμικής αστάθειας στη διαμόρφωση του καιρού τους θερινούς μήνες στην Ελλάδα. Λόγω μεγάλης ανομοιογένειας του αναγλύφου της χώρας μας, μελετάται και η επίδραση παραγόντων μέσης κλίμακας (ορογραφία, θαλάσσια αύρα, τοπικές συγκλίσεις επιφανειακών ροών), ώστε να διερευνηθεί ο ρόλος τους στη μελέτη των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης. Επίσης, αξιοποιείται η φασματική διακριτική ικανότητα του MSG αφενός για την εξαγωγή επιπρόσθετων συμπερασμάτων που προκύπτουν από τη φωτοερμηνεία, αφετέρου για τη μελέτη στοιχείων μικροφυσικής των νεφών. Η μελέτη αφορά στην Ελλάδα και περιλαμβάνει 68 περιπτώσεις της χρονικής περιόδου 9-5-2008 ως 12-9-2008. Προκύπτουν κοινές περιπτώσεις των χαρακτηριστικών των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης ανάλογα με τα αίτια γέννησής τους αλλά και τη χωρική και χρονική κατανομή τους στον ελλαδικό χώρο. Επίσης, μεγάλη καθ' ύψος ανάπτυξη των νεφών οφείλεται αποκλειστικά σε συγκεκριμένες συνοπτικές καταστάσεις. Προκύπτει σημαντική συσχέτιση των κατηγοριοποιημένων, ανάλογα με τα κοινά χαρακτηριστικά τους, συνοπτικών καταστάσεων κυρίως με τα καταιγιδοφόρα νέφη αλλά και τα μέσης κλίμακας καταιγιδοφόρα συστήματα (Mesoscale Convective Systems ή MCS). Τέλος, διαπιστώνεται η επίδραση της οριζόντιας κατανομής υγρασίας της μέσης και ανώτερης τροπόσφαιρας στην ανάπτυξη καταιγιδοφόρων νεφών αλλά και MCS.

1. Εισαγωγή

Η μελέτη της μετεωρολογίας με χρήση δορυφορικών εικόνων βασίζεται στην τηλεπισκόπηση (remote sensing), δηλαδή στη διαδικασία λήψης πληροφοριών για ένα αντικείμενο, μια περιοχή ή ένα φαινόμενο με τη χρήση ανιχνευτικών συσκευών που δε βρίσκονται σε επαφή με το αντικείμενο παρατήρησης (Φείδας και Καρτάλης, 2003). Η παρακολούθηση μέσω τηλεπισκόπησης αποτελεί μια σύγχρονη και μοντέρνα μέθοδο, με πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα. Καταρχήν καθίσταται δυνατή η κάλυψη πολύ μεγάλων εκτάσεων. Επίσης, το επίπεδο των πληροφοριών που καταγράφονται ποικίλει, ανάλογα με τις χωρικές και φασματικές ιδιότητες του ανιχνευτή. Οι δυνατότητες χρήσης πολλών καναλιών αλλά και ενίσχυσης της αντίθεσης των τόνων μιας απεικόνισης ανάλογα με το στόχο, έχουν ως αποτέλεσμα τη μελέτη μιας ευρείας κλίμακας ιδιοτήτων, του ίδιου στόχου.

Οι δορυφορικές φωτογραφίες δίνουν πληροφορίες κυρίως για τα νέφη. Εκτός από την κατάλληλη επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων και εξαγωγή συμπερασμάτων για τα νέφη (φωτοερμηνεία), οι δορυφορικές εικόνες παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την εκτίμηση διάφορων μετεωρολογικών παραμέτρων όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η πίεση και οι άνεμοι καθ' ύψος. Στην Ελλάδα, αναπαράσταση των πεδίων βροχής για τα έτη 1998-2006 με χρήση δορυφορικών προϊόντων, καθώς και αξιολόγησή τους σε συνδυασμό με επίγεια δεδομένα, έλαβε χώρα από τον Φείδα (2008). Επίσης, μελέτη της συσχέτισης των χαρακτηριστικών των νεφών με τη θερμοκρασία και τον υετό, σε ημερήσια και μηνιαία βάση κατά τη χρονική περίοδο 1983-2008 με χρήση δορυφορικών εικόνων για την περιοχή της Θεσσαλίας, έλαβε χώρα από τους Μπαμπτζέλη και Καρακώστα (2010). Κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί ότι τα χαρακτηριστικά των Μέσης Κλίμακας Καταιγιδοφόρων Συστημάτων (ΜΚΣ ή MCS) τη θερμή περίοδο των ετών 2005-2007 έχουν μελετηθεί από τους Κολιό και Φείδα (2008) με χρήση ενός αλγόριθμου δορυφορικών δεδομένων.

Επειδή η θερμική αστάθεια αποτελεί το βασικότερο παράγοντα διαμόρφωσης του καιρού θερμής περιόδου της Ελλάδας, πολλοί ερευνητές έχουν μελετήσει τα χαρακτηριστικά των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης, κυρίως με δεδομένα ραδιοβολίσεων και μετεωρολογικών ραντάρ. Οι ραδιοβολίσεις θεωρούνται πολύ αξιόπιστα εργαλεία στη μελέτη της θερμικής αστάθειας αφενός λόγω παροχής αναλυτικών δεδομένων περιγραφής των θερμοϋγρομετρικών παραμέτρων της ατμόσφαιρας αφετέρου λόγω υπολογισμού χρήσιμων δεικτών αστάθειας (ΚΙ, SW κτλ). Καταρχήν, η συσχέτιση ατμοσφαιρικών παραμέτρων (καθ' ύψος θερμοκρασία, υγρασία, άνεμος) και των αντίστοιχων δεικτών αστάθειας που διαμορφώνονται απ' αυτές (ΚΙ, SΙ, LΙ, TΤ, SWEAT INDEX) με την ανάπτυξη καταιγίδων τη θερμή περίοδο του έτους στην Αττική, με χρήση τεφιγραμμάτων, μελετήθηκε από τους Φραγκούλη κ.α. (2000). Επίσης, οι Φόρης και Σπανός (2010) με τη βοήθεια χρήσης ραδιοβολήσεων, καθόρισαν τις τιμές κατωφλίων των δεικτών ΚΙ και TΤ για την ανάπτυξη ώριμων καταιγίδων που είναι δυνατό να οδηγήσουν σε χαλαζόπτωση στην περιοχή της κεντρικής Μακεδονίας.

Κάποιοι άλλοι ερευνητές μελέτησαν τα δυναμικά, θερμοδυναμικά και μικροφυσικά χαρακτηριστικά των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης, κυρίως των καταιγιδοφόρων, σε συνθήκες θερμικής αστάθειας στην Ελλάδα. Ως προς τη μελέτη των θερμοδυναμικών και μικροφυσικών παραγόντων, χρησιμοποιήθηκαν μοντέλα προσομοίωσης καταιγιδοφόρων νεφών. Συγκεκριμένα, η Μπαλάμη (2001) χρησιμοποίησε το μονοδιάστατο αριθμητικό

μοντέλο CSM ενώ η Τουρναβίτη (2003) το μονοδιάστατο αριθμητικό μοντέλο των Curic και Janc (1988).

Η μελέτη της επίδρασης των συνοπτικών παραγόντων οδήγησε στην ανάγκη κατηγοριοποίησης του καιρού θερινή περιόδου της Ελλάδας. Αντίστοιχη μελέτη κατηγοριοποίησης των τύπων καιρού ψυχρής περιόδου της Ελλάδας με βάση τις δορυφορικές εικόνες του NOAA/AVHRR, έχει πραγματοποιηθεί από τους Cartalis et al, (2004). Πρόκειται όμως για μελέτη χειμερινής περιόδου, όπου ο καιρός της Ελλάδας επηρεάζεται συχνά από μετωπική δραστηριότητα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μετωπική δραστηριότητα δεν απουσιάζει πλήρως τη χρονική αυτή περίοδο του έτους από την Ελλάδα, περιορίζεται όμως σημαντικά και οι λιγιστές περιπτώσεις εμφάνισής της παρατηρούνται το Μάιο, τον Ιούνιο και το Σεπτέμβριο και δε μελετώνται στην παρούσα εργασία. Επίσης, προέκυψε συσχέτιση συνοπτικών καταστάσεων και καταιγίδων τη θερμή περίοδο του έτους σύμφωνα με τους Γιαννούλη κ.α. (2000). Τέλος μελέτη συνοπτικών καταστάσεων και συσχέτισή τους με την ανάπτυξη χαλαζοπτώσεων στη βόρεια Ελλάδα κατά τη χρονική περίοδο 1976-2001 με χρήση τύπων καιρού κατά Καρακώστα, έλαβε χώρα από τους Σιούτα και Φλόκα (2003). Ωστόσο, στην παρούσα μελέτη θεωρήθηκε σκόπιμη η χρήση των συνοπτικών καταστάσεων των ημερών που εξετάστηκαν.

Λόγω της πολυπλοκότητας του ανάγλυφου της Ελλάδας, θεωρείται επιτακτική η μελέτη μέσης κλίμακας παραγόντων. Μελέτη των ζωνών σύγκλισης, αλλά και της επίδρασης της Πίνδου στην ανάπτυξη καταιγίδων τη θερινή περίοδο πραγματοποιήθηκε από τους Κοτρώνη κ.α. (1996), με χρήση μη υδροστατικού, τρισδιάστατου, ατμοσφαιρικού μοντέλου CSU-RAMS.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, αλλά και τις μελέτες που έχουν προηγηθεί, η σκοπιμότητα της παρούσας μελέτης είναι προς την κατεύθυνση των παρακάτω σημείων:

- Η μελέτη των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης λαμβάνει χώρα εξολοκλήρου με χρήση δορυφορικών εικόνων, αποσκοπώντας στην κατηγοριοποίησή τους με βάση τα κοινά χαρακτηριστικά τους. Τα χαρακτηριστικά αυτά αφορούν στη χωροχρονική κατανομή των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης στον ελλαδικό χώρο κατά τη θερινή περίοδο, υπό συνθήκες θερμικής αστάθειας.
- Η προσπάθεια κατηγοριοποίησης των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης με βάση τις αντίστοιχες συνοπτικές καταστάσεις, αποσκοπώντας στην διερεύνηση της επίδρασής τους στη γέννηση και κυρίως στην καθ' ύψος ανάπτυξη των νεφών. Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην ανάπτυξη μονοκυτταρικών και πολυκυτταρικών καταιγίδων.
- Ο εντοπισμός περιοχών όπου ευνοείται ή περιορίζεται η γέννηση νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης, υπό την επικράτηση συγκεκριμένων συνοπτικών καταστάσεων, μελετώντας τις τοπικές επιφανειακές συγκλίσεις λόγω ορογραφίας και θαλάσσιας αύρας, αλλά και τις ανοδικές κινήσεις της κατώτερης τροπόσφαιρας.

Στο κεφάλαιο 2 της παρούσας μελέτης παρατίθενται αρχικά τα βασικά χαρακτηριστικά των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης στις δορυφορικές εικόνες. Ακολουθεί το θεωρητικό υπόβαθρο της φυσικής και θερμοδυναμικής μελέτης της ατμοσφαιρικής αστάθειας. Στη συνέχεια περιγράφονται θεωρητικά χαρακτηριστικές περιπτώσεις νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης, εστιάζοντας στα καταιγιδοφόρα, καθώς και ο ρόλος της τοπογραφίας. Το κεφάλαιο 3 αναφέρεται στις πηγές των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα

εργασία και στην επεξεργασία τους ενώ στο τελευταίο υποκεφάλαιο αναπτύσσεται αναλυτικά η μεθοδολογία που ακολουθείται. Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης. Παρατίθενται και σχολιάζονται οι δορυφορικές εικόνες, οι συνοπτικοί χάρτες αλλά και τα μέσης κλίμακας δεδομένα που μελετώνται και καθορίζονται τα κριτήρια κατηγοριοποίησης. Τέλος, στο κεφάλαιο 5 συνοψίζεται η παρούσα διατριβή, παρατίθενται τα συνολικά συμπεράσματα, αλλά και προτάσεις για περεταίρω μελλοντική έρευνα.

2. Θεωρητικό υπόβαθρο

2.1. Βασική ερμηνεία των δορυφορικών εικόνων

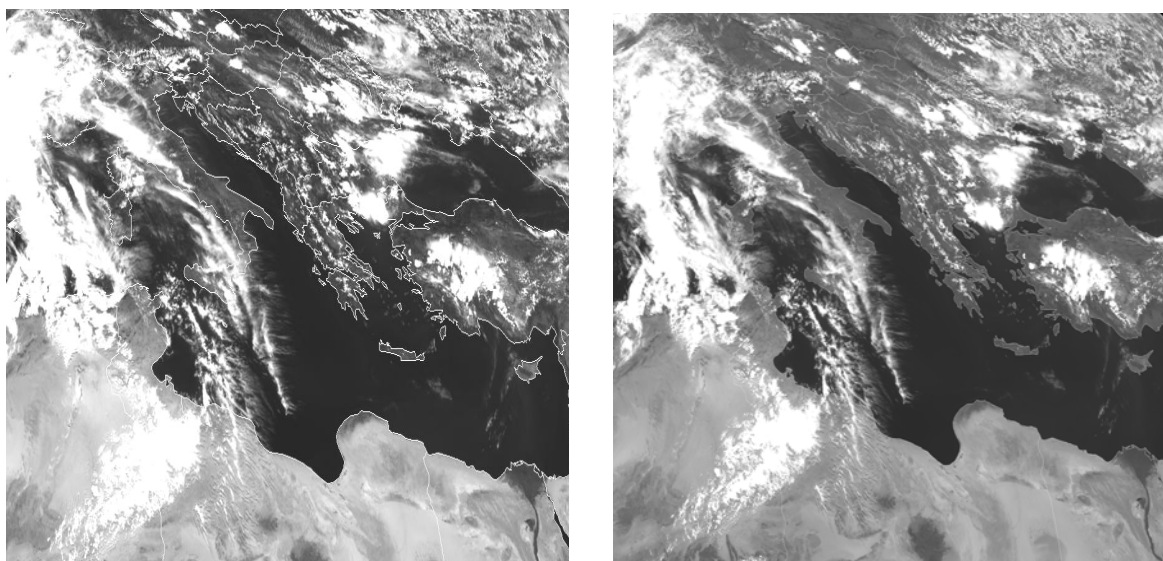
Γενικά, παρέχονται δορυφορικά δεδομένα 12 διαφορετικών φασματικών περιοχών. Κάθε φασματική περιοχή αντιστοιχεί σε ένα δορυφορικό κανάλι. Στο κεφάλαιο 3.1 περιγράφονται αναλυτικά τα φασματικά χαρακτηριστικά όλων των καναλιών. Η παρούσα μελέτη εστιάζει στα κανάλια του ορατού (κανάλι 2), του υπερύθρου (κανάλι 9) και των υδρατμών (κανάλι 5). Επίσης, γίνεται εκτενής χρήση του καναλιού υψηλής ανάλυσης του ορατού, HRV (High Resolution Visible). Σημαντικό στοιχείο της παρούσας εργασίας αποτελεί η μελέτη με βάση τη χρωματική σύνθεση καναλιών (RGB), με σκοπό τον εντοπισμό νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης αλλά και τη μελέτη στοιχείων μικροφυσικής των νεφών. Επίσης, η χρωματική σύνθεση αποτελεί μέσω επιβεβαίωσης πληροφοριών που είναι δυνατό να προκύψουν από άλλα κανάλια. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται οι συνδυασμοί «Day Microphysical» (με συνδυασμό καναλιών 2-4-9), «Convective Storms» (με συνδυασμό 5-6, 4-9, 3-1), «Airmass» (με συνδυασμό 5-6, 8-9, 5i) και «Night Microphysical» (με συνδυασμό 10-9, 9-4, 9). Τέλος, χρήσιμο εργαλείο αποτελεί η μελέτη μιας σειράς διαδοχικών εικόνων (animation), απ' όπου παρατηρείται η κίνηση των νεφών. Στα σχήματα 2.1-2.5 παρέχονται δορυφορικές εικόνες των προαναφερθέντων καναλιών και συνδυασμών που αναφέρονται στην 1/6/2008 και 11:45UTC, εστιάζοντας στην περιοχή της κεντρικής-ανατολικής Μεσογείου.

2.1.1. Ερμηνεία των εικόνων στο κανάλι του ορατού.

Οι εικόνες στο κανάλι του ορατού καταγράφουν ακτινοβολίες με μήκος κύματος 0.38-0.72μm που ανακλώνται τόσο από τις κορυφές των νεφών, όσο και από την επιφάνεια της Γης. Γενικά, περιοχές ή νέφη με μεγάλη ανακλαστικότητα εμφανίζονται με ανοιχτές αποχρώσεις του γκρι στη δορυφορική εικόνα και αντιστρόφως. Η λαμπρότητα ενός νέφους στην εικόνα επηρεάζεται τόσο από την ανακλαστικότητα του, όσο και από την γωνιακή θέση του νέφους σε σχέση με το δορυφόρο και τον Ήλιο. Η ανακλαστικότητα με τη σειρά της εξαρτάται από το πάχος του νέφους, το περιεχόμενο του νέφους σε νερό και τη σύσταση του νέφους (υδροσταγόνες ή παγοκρύσταλλοι) (Rao et.al., 1990). Συγκεκριμένα, νέφη που έχουν μεγάλο πάχος, μεγάλες ποσότητες νερού ή πάγου και μικρό ή μεσαίο μέγεθος υδροσταγονιδίων έχουν μεγάλη ανακλαστικότητα και αντιστρόφως, όπως πχ τα Cb των ΒΔ Βαλκανίων στο σχήμα 2.1.

2.1.2. Ερμηνεία των εικόνων στο κανάλι του θερμικού υπερύθρου.

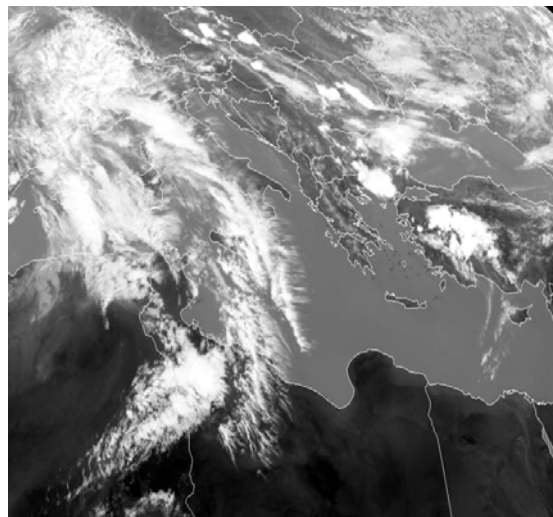
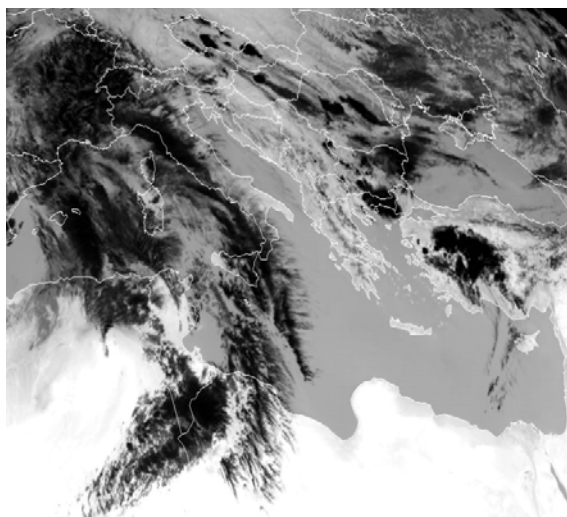
Όταν ο δορυφορικός αισθητήρας καταγράφει στο κανάλι του υπερύθρου, καταγράφει τις θερμοκρασίες της κορυφής των νεφών. Όταν ένα νέφος έχει μεγάλη θερμοκρασία κορυφής, τότε θεωρείται ότι δεν βρίσκεται σε πολύ μεγάλα ύψη και αντιστρόφως. Στην περίπτωση αυτή, σύμφωνα με το νόμο Stefan-Boltzmann, φαίνεται λευκό (Σχήμα 2.2α). Με αντιστροφή (invert) της εικόνας προκύπτουν σκούρες αποχρώσεις του γκρι για την περίπτωση νεφών με υψηλή θερμοκρασία κορυφής. Αντίθετα, νέφη με χαμηλή θερμοκρασία κορυφής (υψηλά νέφη) φαίνονται λευκά στην ανεστραμμένη εικόνα, όπως πχ τα Ci στην Ιταλία στο σχήμα 2.2β.



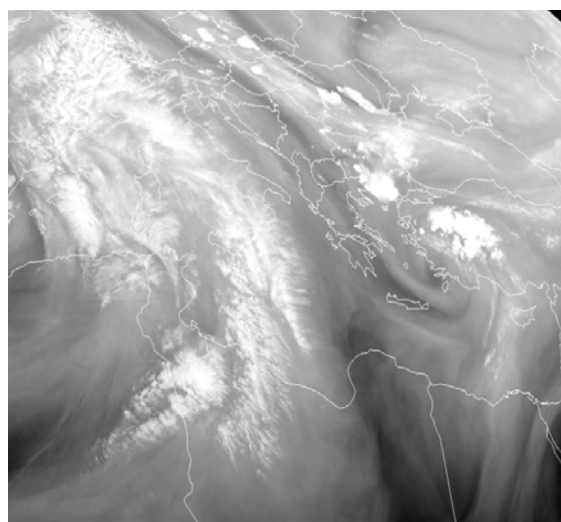
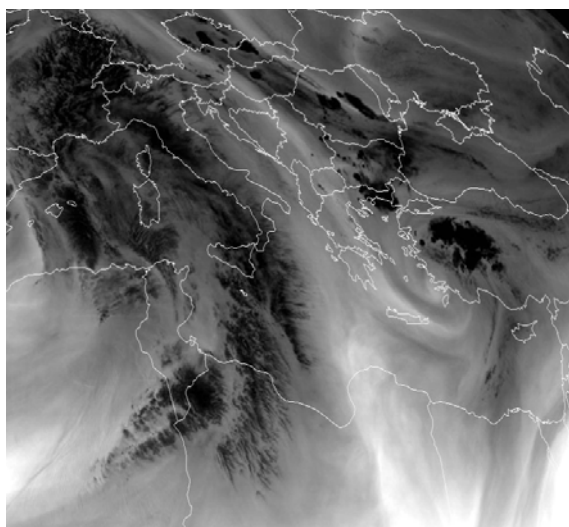
Σχήμα 2.1. Δορυφορική εικόνα MSG στην περιοχή της Μεσογείου στο κανάλι α) του ορατού (0.6μm), β) του ορατού υψηλής ανάλυσης HRV.

2.1.3. Ερμηνεία των εικόνων στο κανάλι των υδρατμών.

Στις εικόνες του καναλιού των υδρατμών καταγράφεται στο δορυφορικό αισθητήρα ακτινοβολία με μήκος κύματος 5.7-7.1μm, περιοχή όπου απορροφούν έντονα οι υδρατμοί και κατά συνέπεια ακτινοβολούν έντονα (Φείδας και Καρτάλης, 2003). Η ακτινοβολία αυτή εξαρτάται από το ολικό ποσό των υδρατμών της στήλης της ατμόσφαιρας και από την κατακόρυφη κατανομή της. Συγκεκριμένα, όταν ο αέρας στη μέση και ανώτερη τροπόσφαιρα είναι σχετικά ξηρός, τότε δεν απορροφά εξολοκλήρου την ακτινοβολία των «θερμών υδρατμών» της κατώτερης ατμόσφαιρας και ο δορυφορικός αισθητήρας καταγράφει ακτινοβολία υψηλής σχετικά θερμοκρασίας (ανοιχτοί τόνοι του γκρι). Για παράδειγμα, στο σχήμα 2.3α, η περιοχή χαμηλής υγρασίας στη δυτική Αφρική εμφανίζεται λευκή. Θεωρώντας όμως, ότι ισχύει η ίδια παραδοχή με τις εικόνες στο κανάλι του θερμικού υπερύθρου (αντιστροφή), υψηλή θερμοκρασία αντιστοιχεί σε σκούρους τόνους του γκρι και αντιστρόφως. Άρα στην περίπτωση της ξηρής μέσης και ανώτερης τροπόσφαιρας, στην εικόνα θα επικρατούν σκούροι τόνοι του γκρι. Αντίθετα στην περίπτωση της υγρής μέσης και ανώτερης τροπόσφαιρας ο δορυφορικός αισθητήρας θα καταγράφει την ακτινοβολία που εκπέμπουν τα ανώτερα και επομένως ψυχρότερα στρώματα, με αποτέλεσμα στη δορυφορική εικόνα να επικρατούν ανοιχτοί τόνοι του γκρι. Τέλος, οι περιοχές εμφάνισης του αεροχειμάρρου εμφανίζονται ως στενές, επιμήκεις και σκούρες περιοχές, επειδή οι ισχυροί άνεμοι μειώνουν αισθητά την υγρασία στην ανώτερη τροπόσφαιρα (Σχήμα 2.3β).



Σχήμα 2.2. Δορυφορική εικόνα MSG στην περιοχή της Μεσογείου στο κανάλι α) του μη ανεστραμμένου υπερύθρου (10.8μm), β) του ανεστραμμένου υπερύθρου (10.8μm).



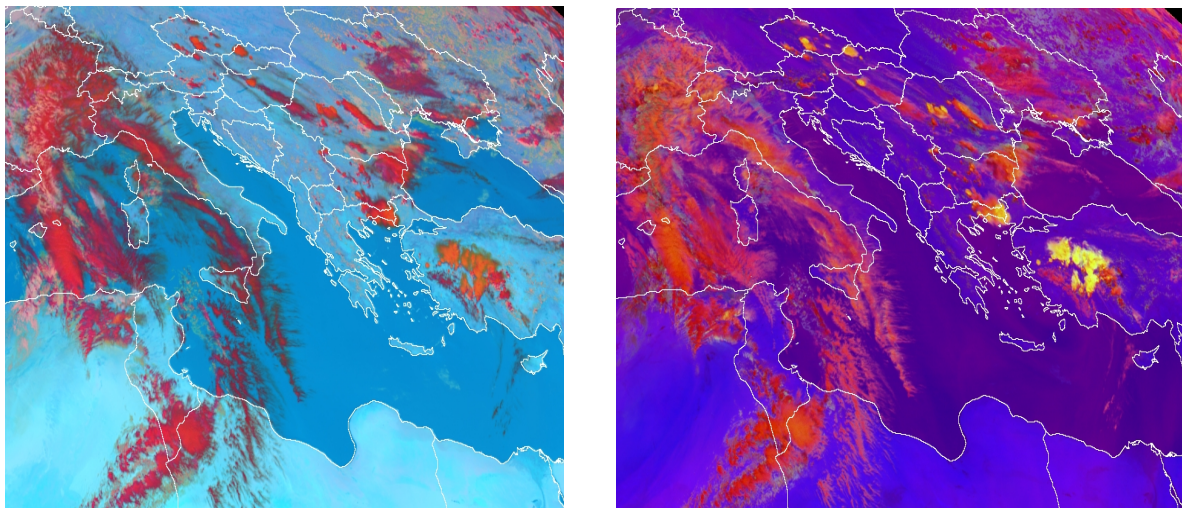
Σχήμα 2.3. Δορυφορική εικόνα MSG στην περιοχή της Μεσογείου στο κανάλι των υδρατμών (6.2μm) α) μη ανεστραμμένη, β) ανεστραμμένη.

2.1.4. Ερμηνεία στα πολυχρωματικά κανάλια.

Στο πολυχρωματικό κανάλι 2-4-9 ή «Day Microphysical», τα κόκκινα νέφη αντιστοιχούν σε συμπαγή, πυκνά νέφη, όχι απαραίτητα συνοδευόμενα από υετό (Eumetsat, 2005). Η θερμοκρασία κορυφής τους είναι χαμηλή, επομένως πρόκειται για νέφη μεγάλου ύψους και η συνεισφορά του μπλε είναι χαμηλή. Το μέγεθος των παγοκρυστάλλων είναι μεσαίο-μεγάλο και επομένως πρόκειται για νέφη Ci ή Cb, που δε συνοδεύονται όμως από ραγδαία καιρικά φαινόμενα (πχ χαλάζι). Διαφορές μεταξύ Ci και Cb στην περίπτωση αυτή διαπιστώνονται από το χρώμα τους αλλά και το σχήμα τους. Όπως φαίνεται και από το σχήμα 2.4α, τα Ci εμφανίζονται με πιο βαθύ κόκκινο χρώμα με σκούρες πράσινες αποχρώσεις (Σικελία, Σύρτη) ενώ τα Cb με πιο ανοιχτό κόκκινο-κεραμιδί χρώμα κίτρινων αποχρώσεων (Ρουμανία). Η διαφορά τους αυτή οφείλεται στο ότι τα Ci, κυρίως τα παχιά, αποτελούνται από παγοκρυστάλλους μεγαλύτερου μεγέθους από τα Cb. Διαφοροποιήσεις προκύπτουν και από

τη συνεισφορά του πράσινου, που αντιστοιχεί σε ανακλαστικότητα του εγγύς υπερύθρου. Γενικά, όσο πιο έντονες είναι οι κίτρινες αποχρώσεις ενός Cb, τόσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός παγοκρυστάλλων μικρού μεγέθους. Τα χαμηλότερα νέφη εμφανίζονται με ανοιχτό γκρι-ροζ χρώμα. Τόσο τα Cu, όσο και τα Sc, που δεν παρουσιάζουν σημαντική διαφορά στα ύψη των κορυφών τους, εμφανίζονται με το χρώμα αυτό. Η συνεισφορά του μπλε είναι υψηλή, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών των κορυφών τους. Η διαφορά τους εντοπίζεται στο σχήμα τους. Τέλος, τα TCu εμφανίζονται με ροζ χρώμα, πιο σκούρων όμως αποχρώσεων.

Ο συνδυασμός 5-6, 4-9, 3-1 που ονομάζεται και «Convective Storms», είναι επίσης πολύ χρήσιμος για τον εντοπισμό νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης και πάλι με βάση το δεδομένο του μεγέθους των παγοκρυστάλλων. Με τις διαφορές στα τρία κανάλια επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ευκρίνεια από το συνδυασμό 2-4-9. Συγκεκριμένα, τα κόκκινα νέφη αντιστοιχούν σε συμπαγή, πυκνά νέφη που δεν συνοδεύονται απαραίτητα από υετό. Πρόκειται για νέφη με μεγάλο αριθμό παγοκρυστάλλων μεσαίου-μεγάλου μεγέθους. Τα Cb εμφανίζονται σε πιο ανοιχτό τόνο του κόκκινου, με κίτρινες αποχρώσεις. Κίτρινες αποχρώσεις αντιστοιχούν σε μικρότερου μεγέθους παγοκρυστάλλους. Όσο πιο κίτρινες είναι οι αποχρώσεις των Cb, τόσο πιο ανεπτυγμένα είναι και προκαλούν εντονότερα φαινόμενα (Eumetsat, 2005). Τέτοια νέφη εμφανίζονται στο σχήμα 2.4β στην Τουρκία. Η διαφοροποίησή τους από τα Ci είναι εμφανής και αυτό αποτελεί πλεονέκτημα του συνδυασμού αυτού σε σχέση με τον 2-4-9. Άλλο ένα πλεονέκτημα αφορά στη μελέτη των MCS, όπου είναι δυνατό να γίνει εκτίμηση του εντοπισμού των πιο ανεπτυγμένων κυττάρων του νεφικού συστήματος. Τέλος, τα Ci εμφανίζονται με σκούρο τόνο κόκκινου ή μωβ χρώματος, λόγω του μεγάλου μεγέθους των παγοκρυστάλλων τους αλλά και της μεγαλύτερης συνεισφοράς του ορατού (Σχήμα 2.4β).

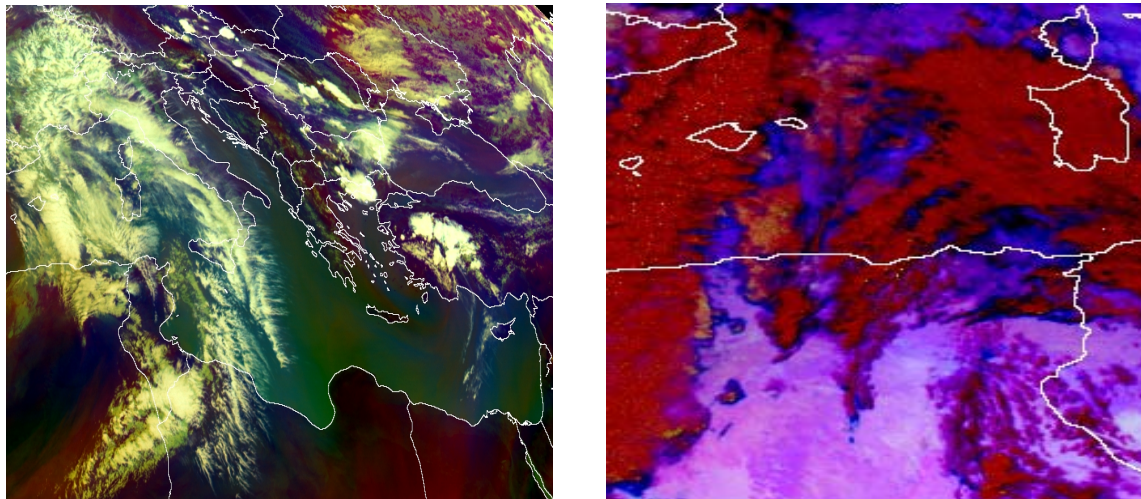


Σχήμα 2.4. Δορυφορική εικόνα MSG σε χρωματική σύνθεση RGB στην περιοχή της Μεσογείου στο συνδυασμό καναλιών α) 2-4-9, β) 5-6, 4-9, 3-1.

Ο επόμενος συνδυασμός RGB που μελετάται είναι ο 5-6, 8-9, 5i ή «Airmass». Οι κόκκινες περιοχές του αντιστοιχούν σε περιοχές του αεροχειμάρρου, λόγω της υψηλής συνεισφοράς του κόκκινου χρώματος που αντιστοιχεί στο κανάλι των υδρατμών (Eumetsat, 2005). Το έντονο κόκκινο χρώμα αντιστοιχεί σε ξηρές περιοχές στο ανεστραμμένο κανάλι των υδρατμών, όπου η υγρασία της μέσης και ανώτερης τροπόσφαιρας είναι περιορισμένη.

Αξίζει να αναφερθεί ότι περιοχές μεγάλης καμπυλότητας του αεροχειμάρρου αντιστοιχούν σε καταστάσεις μέγιστης μεταφοράς θετικού στροβιλισμού, όπως πχ σε περιοχές της Α. Ευρώπης στο σχήμα 2.5α. Επίσης τα υψηλά νέφη εμφανίζονται λευκά ενώ τα μεσαία γκρι με ανοιχτές κόκκινες αποχρώσεις. Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο που προκύπτει από τη μελέτη του συγκεκριμένου πολυχρωματικού καναλιού είναι ο εντοπισμός θερμών περιοχών (πράσινο) και ψυχρών (μπλε). Το πράσινο χρώμα κυριαρχεί σε σκούρες περιοχές του ανεστραμμένου υπερύθρου, δηλαδή περιοχές υψηλών θερμοκρασιών. Με βάση τα προαναφερθέντα, η μελέτη των οργανωμένων μετωπικών συστημάτων και επομένως των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης που σχετίζονται με αυτά, αποτελεί πολύ σημαντικό πλεονέκτημα του συνδυασμού αυτού.

Μόνο σε μια περίπτωση γίνεται χρήση του συνδυασμού 10-9, 9-4, 9 ή «Night Microphysical». Ο συνδυασμός αυτός δίνει πληροφορίες μόνο για τις νυχτερινές ώρες. Τα Cb εμφανίζονται ως διάσπαρτα κίτρινα σημεία μέσα σε κόκκινες περιοχές που αντιστοιχούν σε πυκνά Ci (Σχήμα 2.5β). Τα αραιά Ci εμφανίζονται μπλε ενώ τα χαμηλά νέφη (Cu,Sc) σε ανοιχτούς γαλάζιους τόνους.



Σχήμα 2.5. Δορυφορική εικόνα MSG σε χρωματική σύνθεση RGB στην περιοχή της Μεσογείου στο συνδυασμό α) 5-6, 8-9, 5i, β) 10-9, 9-4, 9.

2.2. Βασικά χαρακτηριστικά των νεφών στις δορυφορικές εικόνες.

Αν και το αντικείμενο μελέτης της εργασίας αυτής είναι τα νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης, Cu-TCu-Cb, κρίνεται σκόπιμη μια περιληπτική περιγραφή της εμφάνισης και των υπόλοιπων νεφών που εμφανίζονται στις δορυφορικές εικόνες. Παρατίθενται οι παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 2.1. Χαρακτηριστικά των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης στο ορατό και υπέρυθρο κανάλι του *Meteosat* (Φείδας και Καρτάλης, 2003).

Νέφη	Χαρακτηριστικό σχήμα ή δομή	Ορατό	Υπέρυθρο
Cumulus (Cu)	Συναντώνται μεμονωμένα ή οργανωμένα σε ανοιχτές κυψέλες. Πρόκειται για μικρά στοιχεία ή σύνολα στοιχείων. Αν το μέγεθός τους είναι μικρότερο της διακριτικής ικανότητας του δορυφορικού αισθητήρα, τότε φαίνονται ανομοιόμορφα και πιο λαμπερά από τις ανέφελες περιοχές.	Λευκά ή ανοιχτά γκρι με όχι ομοιόμορφη εμφάνιση. Τα πιο ανεπτυγμένα είναι πιο λευκά.	Παρουσιάζουν ανομοιομορφία στους τόνους του γκρι που μπορεί να είναι από πολύ ανοιχτό γκρι ως ελαφρά σκούρο, ανάλογα με το βαθμό ανάπτυξής τους.
Tower Cumulus (TCu)	Ακανόνιστης μορφής στοιχεία ή σύνολα στοιχείων. Συνήθως οργανώνονται σε γραμμές ή σε ανοιχτές κυψελοειδείς μορφές.	Λευκά	Λευκά. Ο βαθμός φωτεινότητάς τους εξαρτάται από το ύψος τους.
Cumulonimbus (Cb)	Σφαιρική, τριγωνική ή μορφή καρότου εξαρτώμενη από την κατακόρυφη κατανομή του ανέμου. Στην κατεύθυνση του ανέμου έχει μη διακριτά όρια ενώ στην αντίθετη τα όρια είναι πολύ διακριτά.	Λαμπερά λευκά. Αφήνουν σκιά στα κατώτερα νέφη ή στην επιφάνεια.	Είναι λαμπερά λευκά και εμφανίζονται είτε μεμονωμένα είτε κατά ομάδες. Τα μεμονωμένα με άκμωνα έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια από την αντίστοιχη εικόνα τους στο ορατό.

Πίνακας 2.2. Χαρακτηριστικά των χαμηλών νεφών στο ορατό και υπέρυθρο κανάλι του *Meteosat* (Φείδας και Καρτάλης, 2003).

Νέφη	Χαρακτηριστικό σχήμα ή δομή	Ορατό	Υπέρυθρο
Stratus (St)	Ομαλές κορυφές. Απότομα όρια καθοριζόμενα από την τοπογραφία.	Ομοιόμορφη και συνεχής γκρι περιοχή με αρκετά σαφή όρια. Όταν είναι λεπτά αντιστοιχούν σε μη ομοιόμορφο τόνο του γκρι.	Σκούρα γκρι απόχρωση, που είναι σχεδόν όμοια, μέχρι λίγο πιο ανοιχτό από αυτό της γύρω (ακάλυπτης από St) περιοχής. Το βράδυ όμως είναι δυνατό να εμφανίζονται πιο σκοτεινά σε σχέση με τη γύρω περιοχή. Δύσκολη η ανίχνευσή τους πάνω από τη θάλασσα την ημέρα σε σχέση με την ξηρά όπου οι θερμοκρασίες είναι μεγαλύτερες.
Stratocumulus (Sc)	Το μέγεθός τους κυμαίνεται ανάλογα με το ύψος της αναστροφής. Η κατακόρυφη ανάπτυξη τους περιορίζεται από αναστροφή με αποτέλεσμα να εκτείνονται σε πλάτος και να αποκτούν στρωματόμορφα χαρακτηριστικά.	Λευκά ή ανοιχτά γκρι με όχι τόσο ομοιόμορφη εμφάνιση. Είτε σε κλειστές κυψέλες είτε μεμονωμένα, εμφανίζονται λευκότερα στο κέντρο τους. Αν το μέγεθος των κυψελών είναι μικρότερο από τη διακριτική ικανότητα του αισθητήρα, εμφανίζονται ομαλά και διάχυτα.	Σκούρα γκρι, όμως πιο ανοιχτά από την ομίχλη και τα St, παρουσιάζουν όψη ομοιόμορφου συνεχούς στρώματος, που είναι πιο ανοιχτό από τη γύρω περιοχή. Κυψελοειδής μορφή μη διακριτή. Πολύ δύσκολα διακρίνονται όταν οι κορυφές τους βρίσκονται χαμηλά.

Πίνακας 2.3. Χαρακτηριστικά των μεσαίων νεφών στο ορατό και υπέρυθρο κανάλι του *Meteosat* (Φειδασ και Καρτάλης, 2003).

Νέφη	Χαρακτηριστικό σχήμα ή δομή	Ορατό	Υπέρυθρο
Alto cumulus (Ac)	Εμφανίζονται ανομοιόμορφα ή ραβδωτά, ανάλογα με το πάχος του στρώματος. Η κυψελοειδής δομή των Ac είναι πολύ μικρή για να διακριθούν από τα As.	Παρουσιάζουν ενδιάμεσους τόνους του γκρι. Διακρίνονται πολύ δύσκολα γιατί καλύπτονται συνήθως από ανώτερα νέφη. Απουσίας όμως CiF νεφών ή σε ανέφελο ουρανό έχουν σχεδόν λευκή, ανομοιόμορφη εμφάνιση. Με ανέφελο ουρανό είναι δυνατό να διακριθούν τα ορογραφικά Ac.	Ομοιόμορφοι μέσοι τόνοι του γκρι ανάλογα με το ύψος τους. Αναγνωρίζονται πολύ δύσκολα, γιατί βρίσκονται συνήθως κάτω από Cirriform (CiF) νέφη.
Altostratus (As)	Ομαλές κορυφές με ξεφτισμένες ομαλές άκρες συχνά σε στρώματα.	Ελαφρύ γκρι. Διακρίνονται πολύ δύσκολα γιατί καλύπτονται συνήθως από ανώτερα νέφη. Απουσίας όμως CiF νεφών ή σε ανέφελο ουρανό, έχουν σχεδόν λευκή, ομοιόμορφη εμφάνιση.	Ομοιόμορφοι μέσοι τόνοι του γκρι ανάλογα με το ύψος τους. Αναγνωρίζονται πολύ δύσκολα, γιατί βρίσκονται συνήθως κάτω από Cirriform (CiF) νέφη. Μπορεί να εμφανίζονται σκοτεινότερα από τη γύρω χιονοσκεπή περιοχή στις πολικές περιοχές.

Πίνακας 2.4. Χαρακτηριστικά των υψηλών νεφών στο ορατό και υπέρυθρο κανάλι του *Meteosat* (Φειδασ και Καρτάλης, 2003).

Νέφη	Χαρακτηριστικό σχήμα ή δομή	Ορατό	Υπέρυθρο
Cirrus (Ci)	Ζωνική ινώδης δομή, μήκους 50-100km.	Σκοτεινοί τόνοι του γκρι μέχρι γκρι ανάλογα με την υποκείμενη εοιφάνεια.	Ανοιχτοί τόνοι του γκρι. Η ινώδης μορφή δεν είναι διακριτή όπως στο ορατό.
Cirrostratus (Cs)	Ομαλές και ομοιόμορφες κορυφές. Μερικές φορές έχουν ινώδη εμφάνιση.	Εμφανίζονται με ανοιχτό γκρι όταν είναι σχετικά λεπτά και λευκότερα καθώς αυξάνει το πάχος τους.	Κυμαίνεται από λευκό ως γκρι. Δύσκολο να διακριθούν από τα μεσαία νέφη.

2.3. Νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης λόγω μετωπικής δραστηριότητας

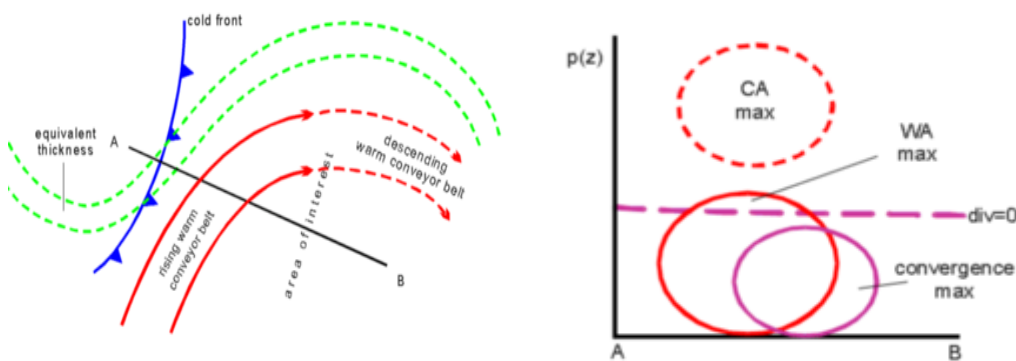
2.3.1. Μελέτη νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης μπροστά από ένα ψυχρό μέτωπο

Νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης είναι δυνατό να σχηματιστούν στο μπροστινό άκρο ψυχρού μετώπου. Η μεταφορά ψυχρού και ξηρού αέρα στα ανώτερα επίπεδα είναι δυνατό να προκαλέσει ισχυρά καιρικά φαινόμενα, όπως την ανάπτυξη γραμμών λαίλαπας. Η μεταφορά ψυχρού και ξηρού αέρα είναι ευδιάκριτη στο κανάλι των υδρατμών.

Τα νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης λαμβάνουν χώρα μπροστά από ένα ψυχρό μέτωπο. Πρόκειται για διάσπαρτα νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης. Γενικά, επικρατούν οι τυπικές συνθήκες που ισχύουν σε συνθήκες μετωπικής δραστηριότητας. Συγκεκριμένα (Σχήμα 2.6):

- Εμφανίζονται στο θερμό τομέα. Από τα χαμηλά ύψη της περιοχής αυτής διέρχεται η θερμή ζώνη μεταφοράς (warm conveyor belt).

- Στα χαμηλά και μέσα τροποσφαιρικά στρώματα υπάρχει μεταφορά θερμού και υγρού αέρα (Warm Advection ή WA) νότιας-νοτιοδυτικής προέλευσης (θερμή ζώνη μεταφοράς).
- Στα μεσαία και μεγάλα ύψη λαμβάνει χώρα ψυχρή εισβολή (Cold Advection ή CA).
- Δυναμικά ασταθές περιβάλλον
- Μια περιοχή μέγιστων ταχυτήτων του αεροχειμάρρου (jetstreak) διασχίζει το νεφικό σύστημα.
- Μια θερμή «γλώσσα» ισοδύναμης δυναμικής θερμοκρασίας στα κατώτερα στρώματα, συνήθως στα 850hPa, που αποδεικνύει την ύπαρξη θερμού και υγρού αέρα (έξαρση ισοπαχών), όπως φαίνεται και στην οριζόντια τομή του σχήματος 2.6.
- Μια ζώνη ανοδικών κινήσεων στο στρώμα 500-400 hPa.
- Μια αξιοσημείωτη σύγκλιση στα κατώτερα στρώματα, από την επιφάνεια ως τα 700-600hPa, που συνεπάγεται ισχυρές ανοδικές κινήσεις (Σχήμα 2.6). Απόκλιση παρατηρείται σε υψηλότερα στρώματα (Zamg, 2009).



Σχήμα 2.6. Σχηματική απεικόνιση των ζωνών σύγκλισης σε οριζόντια τομή (αριστερά) και κατακόρυφη (δεξιά) ενός ψυχρού μετώπου (Zamg, 2009)

2.3.2. Μελέτη νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης πίσω από ένα comma cloud

α. Γενικά

Μετά την έλευση ενός νεφικού σχηματισμού τύπου κόμμα (comma cloud) από μια περιοχή, συνηθίζεται η ανάπτυξη νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης πίσω από το comma cloud. Τα νέφη αυτά αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως Enhanced Cumulus (ενισχυμένα cumulus). Είναι επίσης δυνατή η δημιουργία ενός νέου comma cloud το οποίο είναι συνήθως μικρότερο. Κύρια προϋπόθεση είναι η ανάπτυξη ενός δευτερεύοντος κέντρου στροβιλισμού, όχι πολύ μακριά από το αρχικό.

Στις περισσότερες περιπτώσεις τα συστήματα αυτά εμφανίζονται τους χειμερινούς μήνες σε θαλάσσιες περιοχές, όπου η έλευση ψυχρού αέρα πάνω από σχετικά θερμότερες υδάτινες μάζες έχει ως αποτέλεσμα την ενίσχυση της αστάθειας, αλλά και τον εμπλουτισμό των συστημάτων αυτών με υδρατμούς, γεγονός που οδηγεί στην ισχυροποίησή τους. Η έλευση τέτοιων νεφικών συστημάτων είναι δυνατό να λάβει χώρα και τους εαρινούς μήνες, κυρίως το Μάιο και τον Ιούνιο, με μικρή όμως συχνότητα.

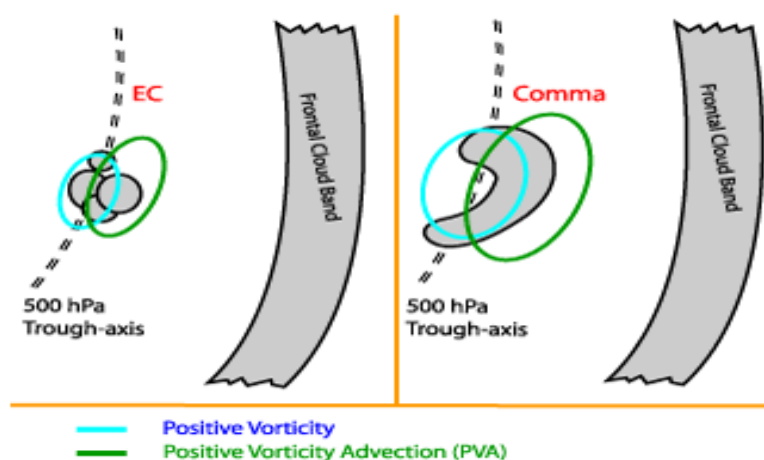
β. Χαρακτηριστικά στις δορυφορικές εικόνες

Ένα δευτερεύον comma cloud εμφανίζεται με μορφή νεφικών στροβίλων πίσω από μια μετωπική νεφική ζώνη. Ένα τέτοιο νεφικό σύστημα εξελίσσεται σε τρία στάδια:

- Αρχικά τα νέφη του συστήματος πυκνώνουν, γίνονται πιο παχιά και περιστρέφονται γύρω από το δευτερεύον κέντρο στροβιλισμού ακολουθώντας τη μετωπική ζώνη που προηγείται.
- Στη συνέχεια, το σύστημα παίρνει τη μορφή νεφικού στροβίλου που περιστρέφεται κυκλωνακά γύρω από το δευτερεύον κέντρο στροβιλισμού.
- Κατά την ωρίμανση του δευτερογενούς comma cloud, προκύπτουν συνήθως δυο μικρότεροι νεφικοί στροβίλοι που περιστρέφονται, αποκλίνοντες μεταξύ τους, μέχρι τη διάλυσή τους (Zamg, 2009).

2.3.3. Δημιουργία των ενισχυμένων Cu και εξέλιξή τους σε νεφικά συστήματα τύπου κόμμα

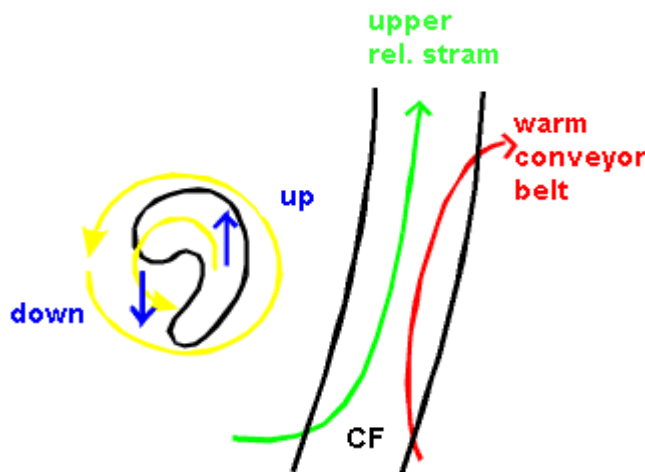
Κυριότερος παράγοντας δημιουργίας και εξέλιξης των ενισχυμένων Cu πίσω από ένα comma cloud είναι ο ψυχρός αέρας. Σύμφωνα με την παραπάνω θεωρία η διαδικασία αρχίζει με την ανάπτυξη ενισχυμένων Cu (Enhanced Cumulus) η οποία ενισχύεται και λόγω της επίδρασης του στροβιλισμού οδηγεί στο σχηματισμό των χαρακτηριστικών comma clouds σπειροειδούς μορφής. Αυτό συνήθως συμβαίνει σε ψυχρές συνθήκες όπου έχουμε θετική μεταφορά στροβιλισμού, PVA.



Σχήμα 2.7. Σχηματική απεικόνιση δημιουργίας ενισχυμένων Cu (αριστερά) και δευτερεύοντος comma cloud (δεξιά) πίσω από μια μετωπική ζώνη (Zamg, 2009).

Στο δευτερεύον χαμηλό, ο στροβιλισμός υφίσταται λόγω εμφάνισης οριζόντιου διατμητικού ανέμου (horizontal wind shear) αλλά και καμπυλότητας λόγω κυκλωνικής δραστηριότητας στο επίπεδο των 500hPa. Αναμένεται επομένως η εικόνα ενός καλά οργανωμένου κλειστού κέντρου στροβιλισμού στη μέση τροπόσφαιρα που έχει ανταπόκριση και σε χαμηλότερα ύψη. Στο επίπεδο των 700hPa επικρατούν γενικά ανοδικές κινήσεις στις περιοχές που σχετίζονται με τη μετωπική ζώνη που προηγείται, παρατηρείται όμως ένα κέντρο μεγιστοποίησης των ανοδικών κινήσεων γύρω από το κέντρο του δευτερεύοντος κέντρου στροβιλισμού.

Η μελέτη της θεωρίας των ζωνών μεταφοράς είναι δυνατό να οδηγήσει σε ένα ακόμα σημαντικό συμπέρασμα: Οι ζώνες μεταφοράς που λαμβάνουν χώρα μέσα στην κύρια μετωπική ζώνη σχετίζονται με την ανάπτυξη ενός comma cloud. Αυτές είναι υπεύθυνες για το σχηματισμό μιας μεμονωμένης κυκλωνικής κυκλοφορίας στο εμπρόσθιο μέρος του δευτερεύοντος κέντρου στροβιλισμού, όπου τα νέφη στροβιλίζονται και ανέρχονται, ενώ στο πίσω μέρος του νεφικού συστήματος επικρατούν καθοδικές κινήσεις (Σχήμα 2.8). Η κυκλοφορία αυτή είναι δυνατό να παρατηρηθεί σε όλα τα επίπεδα, ακόμα και μέχρι την τροπόπαυση, και η εικόνα αυτή δε διαφοροποιείται πολύ καθ' ύψος (Rao et.al., 1990).



Σχήμα 2.8. Συσχέτιση των ζωνών μεταφοράς της κύριας νεφικής ζώνης με την ανάπτυξη τοπικών κυκλοφοριών στο πίσω μέρος της (Zamg, 2009)

2.4. Νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης σε συνθήκες αίθριου καιρού.

2.4.1. Γενικά

Νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης λαμβάνουν χώρα όταν επικρατούν συνοπτικής κλίμακας νεφικά συστήματα πάνω από μια περιοχή αλλά και σε περιοχές αίθριου καιρού. Στην ενότητα αυτή μελετάται η δεύτερη περίπτωση. Η περίπτωση αυτή παρατηρείται σε συνθήκες θερμικής αστάθειας, δηλαδή έντονης θέρμανσης των επιφανειακών στρωμάτων των ημερών, κυρίως των καλοκαιρινών μηνών. Πρόκειται για μεμονωμένα ή διάσπαρτα νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης που δημιουργούνται πάνω από ηπειρωτικές περιοχές.

Τα νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης χαρακτηρίζονται από ομάδες σωρειτόμορφων νεφών, διαφορετικών μεγεθών αλλά και υψών. Κάποιες φορές οι ομάδες αυτές οργανώνονται σε γραμμές ή συστάδες και κάποιες φορές σε κυψελοειδείς μορφές.

2.4.2. Αστάθεια

Επειδή τα νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης στην περίπτωση αυτή συνδέονται άμεσα με την αστάθεια, κρίνεται σκόπιμο να γίνει συνοπτική παράθεση των χαρακτηριστικών της αέριας μάζας σε περιβάλλον αστάθειας (καθ' ύψος κατανομή υγρασίας, θερμοκρασίας, ανέμων, κα). Γίνεται επίσης μελέτη των συνοπτικών και μέσης κλίμακας χαρακτηριστικών που την ευνοούν.

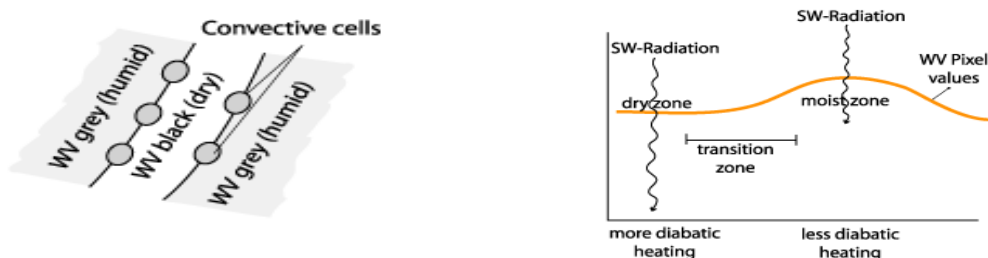
2.4.2.1. Κύκλος ζωής

Το αρχικό στάδιο περιλαμβάνει έντονη διαβατική θέρμανση της επιφάνειας και των υπερκείμενων στρωμάτων των ηπειρωτικών περιοχών κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Επομένως ευνοούνται οι ανοδικές κινήσεις. Εάν υπάρχουν μεγάλα αποθέματα ενέργειας είναι πιθανό ο αέρας να φτάσει στο επίπεδο ελεύθερης μεταφοράς LFC (Level of Free Convection) με περαιτέρω καθ' ύψος ανάπτυξη. Αν ο αέρας ξεκινά από μεγαλύτερο υψόμετρο, χρειάζεται λιγότερη ενέργεια για να ανυψωθεί. Αυτός είναι και ο λόγος που τα κύτταρα αναπτύσσονται νωρίτερα σε περιοχές μεγαλύτερου υψομέτρου.

Πέραν των συνοπτικών καταστάσεων, καταλυτικό ρόλο για την ύπαρξη αστάθειας παίζει η επιφανειακή θέρμανση, η ψύξη των ανώτερων στρωμάτων, η επιφανειακή θερμή μεταφορά υγρού αέρα αλλά και η ανάπτυξη τοπικών κυκλοφοριών.

2.4.2.2. Κατακόρυφη κατανομή υγρασίας

Οι περιοχές σχηματισμού μεμονωμένων αναπτύξεων εντοπίζονται από τις μαύρες περιοχές στο κανάλι των υδρατμών (6.2μm). Όπως προαναφέρθηκε, οι μαύρες περιοχές στο κανάλι των υδρατμών αντιστοιχούν σε ξηρή μέση και ανώτερη τροπόσφαιρα. Η περιορισμένη συγκέντρωση υδρατμών διευκολύνει την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα. Το γεγονός αυτό συντελεί στην περαιτέρω θέρμανση των επιφανειακών στρωμάτων και επομένως αύξηση της αστάθειας. Περαιτέρω όμως ανάπτυξη καθ' ύψος απαιτεί συνήθως αυξημένη υγρασία στα μεγαλύτερα ύψη. Αυτός είναι και ο λόγος που τα πρώτα κύτταρα λαμβάνουν χώρα κάτω από τη ζώνη μετάβασης ξηρής-υγρής περιοχής του επιπέδου των 600hPa (Σχήμα 2.9).



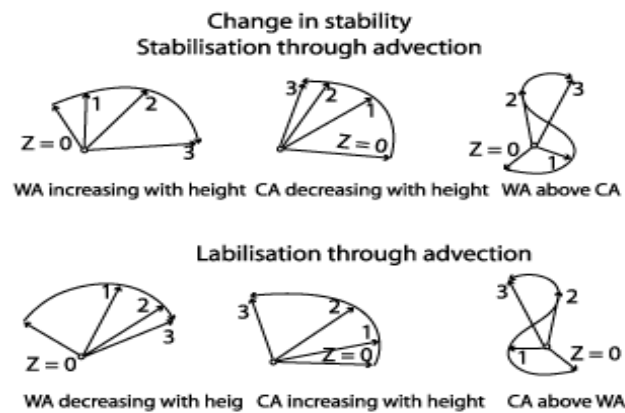
Σχήμα 2.9. Οριζόντια (αριστερά) και κατακόρυφη (δεξιά) κατανομή περιβάλλοντος ανάπτυξης των πρώτων νεφικών κυττάρων σε ξηρή μέση και ανώτερη τροπόσφαιρα (Zang, 2009).

2.4.2.3. Ο ρόλος των θερμικών μεταφορών

Η οριζόντια μεταφορά παραμέτρων όπως η θερμοκρασία, η πυκνότητα και η σχετική υγρασία παίζουν σημαντικό ρόλο σε σημαντικές μεταβολές της υπάρχουσας αστάθειας. Στα τεφιγράμματα η οριζόντια μεταφορά θερμοκρασίας παρατηρείται από τη στροφή των ανέμων καθ' ύψος. Ακόμα πιο χαρακτηριστική είναι με μελέτη των οδογραμμάτων (hogographs).

Καταρχήν, θερμή μεταφορά αντιστοιχεί σε καθ' ύψος στροφή ανέμων δεξιόστροφα και αντίστροφα. Μεγαλύτερη στροφή αντιστοιχεί σε ισχυρότερη μεταφορά και αντίστροφα. Είναι προφανές ότι τυχόν οριζόντιες θερμικές μεταφορές δεν έχουν την ίδια τιμή σε όλα επίπεδα. Σύμφωνα με αυτό, οι πρώτες δυο περιπτώσεις και των δυο σειρών του σχήματος 2.10, παραθέτουν την καθ' ύψος θερμική μεταφορά. Σε ορισμένες μάλιστα περιπτώσεις, θερμή

μεταφορά στα κατώτερα στρώματα συνοδεύεται από ψυχρή στα ανώτερα και αντίστροφα. Οι δυο αυτές περιπτώσεις είναι δυνατό να περιορίσουν αισθητά την υπάρχουσα αστάθεια (πάνω) είτε να την ενισχύσουν (κάτω).



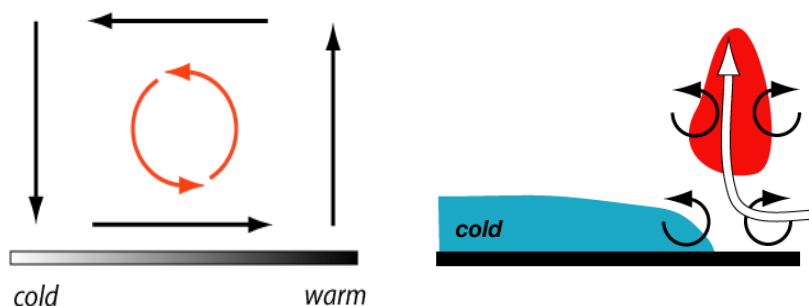
Σχήμα 2.10. Συσχέτιση οριζόντιων θερμικών μεταφορών-αστάθειας. (Zamg, 2009)

Στις περισσότερες περιπτώσεις η θερμή μεταφορά στα κατώτερα στρώματα είναι αμελητέα. Όταν όμως υφίσταται, ευνοείται η αστάθεια. Ταυτόχρονα, η ψυχρή μεταφορά στα ανώτερα στρώματα ευνοεί την ανάπτυξη καταιγίδοφόρων νεφών.

2.4.2.4. Ο ρόλος της κατακόρυφης διάτμησης ανέμου (wind shear)

Πρόκειται για ένα πολύ σημαντικό παράγοντα στη διαμόρφωση του κύκλου ζωής των Cb και των μέσης κλίμακας κατακόρυφης ανάπτυξης συστημάτων (Mesoscale Convective Systems, MCS). Σύμφωνα με τη θεωρία RKW (Rotunno-Klemp-Weissmann, 2004), οι καθοδικές κινήσεις πάνω από μια ψυχρή μάζα και οι ανοδικές πάνω από τη θερμή δημιουργούν κλειστή κυκλοφορία, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη κάθετων στροβίλων (Σχήμα 2.11). Επομένως, λόγω της ψυχρής μάζας στο μπροστινό άκρο μιας καταιγίδας δημιουργείται ένας αριστερόστροφος στρόβιλος. Η αρχή συνέχειας των μαζών προϋποθέτει την ύπαρξη ενός αντισταθμιστικού δεξιόστροφου στροβίλου. Ο συνδυασμός των δυο αυτών στροβίλων των κατώτερων στρωμάτων ευνοεί τις ανοδικές κινήσεις (Σχήμα 2.11).

Επίσης, λόγω της ανερχόμενης θερμής μάζας (κόκκινη περιοχή) δημιουργούνται στρόβιλοι με αποτέλεσμα την ανάμιξη με το ψυχρότερο περιβάλλον και τη διεύδυση ξηρού και ψυχρού αέρα στο νέφος.



Σχήμα 2.11. Σχηματική απεικόνιση συσχέτισης κατακόρυφου διατμητικού ανέμου (vertical wind shear) και οριζόντιας βαθμίδας θερμοκρασίας (αριστερά) και δημιουργία στροβίλων στο μπροστινό άκρο του **gust front** μιας καταιγίδας (Atmos UCLA 2011).

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

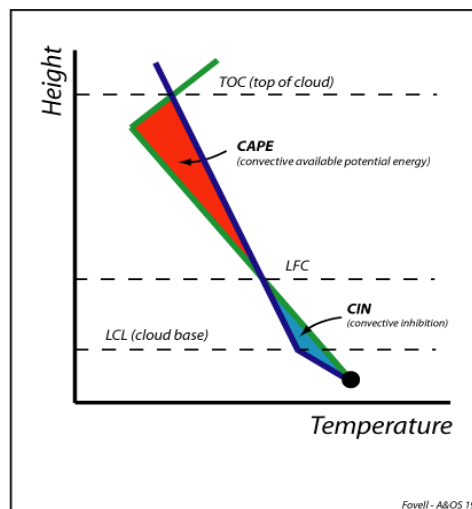
- Καθετότητα του διατμητικού ανέμου με τη γραμμή των αναπτύξεων συμβάλλει στην ισχυροποίηση των ανοδικών κινήσεων.
- Ακόμα πιο σημαντική είναι η παρουσία διατμητικού ανέμου των κατώτερων στρωμάτων (από την επιφάνεια ως τα 2-3km) (Atmos Ucla 2011).

2.4.2.5. Εισχώρηση ψυχρού αέρα

Τα περισσότερα νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης καθοδηγούνται και αναπτύσσονται λόγω ύπαρξης διαθέσιμης δυναμικής ενέργειας (CAPE) με τη δυναμική θερμοκρασία να είναι μεγαλύτερη από την πραγματική θερμοκρασία περιβάλλοντος. Είναι δυνατό όμως τα νέφη αυτά να οδηγήσουν στην παραγωγή αρνητικής ενέργειας (Convective Inhibition) (Σχήμα 2.12).

Όταν ένα νέφος αρχίζει να αναπτύσσεται καθ' ύψος, οι ανοδικές κινήσεις δημιουργούν αναταράξεις στη βάση του νέφους. Η εξάτμιση των υδροσταγονιδίων και η συνεπαγόμενη αρνητική διαθέσιμη ενέργεια αντιδρά στην περαιτέρω ανύψωση.

Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η τυρβώδης εισχώρηση ψυχρού και ξηρού αέρα (entrainment) σε ένα Cb. Αν δεν υπάρχουν αρκετά ποσά υγρασίας στα κατώτερα στρώματα ώστε η άνοδός τους να δημιουργήσει κορεσμό και επομένως περαιτέρω κατακόρυφη ανάπτυξη του νέφους, υπάρχει η πιθανότητα το Cb να «ξηρανθεί» και να διαλυθεί.



Σχήμα 2.12. Σχηματική απεικόνιση διαθέσιμης ενέργειας CAPE (Convective availability potential energy) και CIN (convective inhibition) (Atmos Ucla 2011).

Σε συμφωνία και με τα προαναφερθέντα, όταν ένα πακέτο αέρα ανυψώνεται μέσα σε ένα καταιγιδοφόρο νέφος, συναντά κατά την ανοδική του πορεία πακέτα ψυχρού και ξηρού αέρα προερχομένων από το εκτός νέφους περιβάλλον. Αυτό έχει αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας και της υγρασίας του ανερχόμενου πακέτου αέρα και επομένως της διαθέσιμης ενέργειάς του (CAPE) για περαιτέρω ανύψωση. Εξαιρέση αποτελούν πακέτα αέρα που δεν συναντούν ψυχρό και ξηρό αέρα κατά την ανοδική τους κίνηση. Ο αέρας

αυτός παραμένει ιδιαίτερα ασταθής και πολλές φορές αποτελεί την αιτία δημιουργίας των υπερυψωμένων κορυφών (overshooting tops) των καταιγιδοφόρων νεφών.

2.4.2.6. Κατακόρυφη κατανομή που ευνοεί την αστάθεια

Μελέτη των τεφιγραμμάτων υποδεικνύει ένα αβαθές στρώμα απόλυτης αστάθειας κοντά στην επιφάνεια. Το στρώμα αυτό φτάνει μέχρι τα 820hPa περίπου. Τα μεγαλύτερα ποσά υγρασίας παρατηρούνται στο στρώμα αυτό με μέγιστο στα 820hPa ή και λίγο υψηλότερα, στα 800hPa περίπου. Στο σημείο αυτό λαμβάνει χώρα μια ισχυρή αναστροφή. Πάνω από το στρώμα αυτό επικρατεί υπό συνθήκες αστάθειας λόγω των μικρών αναστροφών που λαμβάνουν χώρα (Zamg, 2009).

Η ανάπτυξη καταιγιδοφόρων νεφών Cb, προϋποθέτει την ύπαρξη μιας σχετικά υγρής και ασταθούς αέριας μάζας. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η σχετική υγρασία παρουσιάζει πολύ υψηλές τιμές στα κατώτερα στρώματα, αυτό όμως οφείλεται και στα μεγάλα ποσά υετίσιμου νερού στο επίπεδο αυτό.

Το μέσο ύψος του δυναμικά ασταθούς στρώματος χαρακτηρίζεται από μια αναστροφή της δυναμικής θερμοκρασίας, περίπου στα 700hPa. Η δυναμική αστάθεια εντοπίζεται από την κατακόρυφη κατανομή των ισεντροπικών επιφανειών (Zamg, 2009).

2.4.2.7. Μέσης κλίμακας καταστάσεις που ευνοούν την αστάθεια

Γενικά, όταν λαμβάνει χώρα ο σχηματισμός των πρώτων κυττάρων, παρατηρείται σύγκλιση στα 850hPa και απόκλιση στα 700hPa. Κατά το στάδιο διάλυσης των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης, συμβαίνει το αντίθετο, δηλαδή απόκλιση στα 850hPa και σύγκλιση στα 700hPa. Επίσης, ισχυρές ανοδικές κινήσεις στα 850hPa αποτελούν ένδειξη αστάθειας, πριν ακόμα από την εμφάνιση νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης. Κρίνεται σκόπιμο να σημειωθεί ότι η συσχέτιση αστάθειας και πεδίου κατακόρυφων κινήσεων που προαναφέρθηκε, αφορά σε περιπτώσεις αίθριου καιρού και όχι σε περιπτώσεις μεγαλύτερων νεφικών συστημάτων (πχ μέτωπα) όπου οι μέσης κλίμακας επικρατούντες καταστάσεις παίζουν δευτερεύοντα ρόλο.

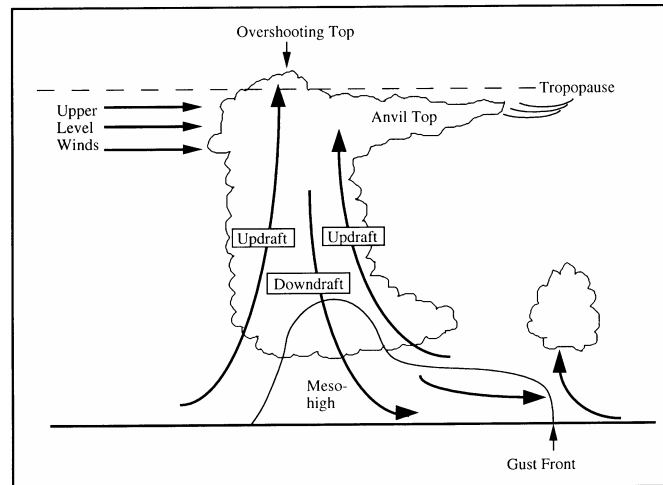
2.4.3. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης

2.4.3.1. Μονοκυτταρικές καταιγίδες (single cell storms)

Προκύπτουν από μεμονωμένα καταιγιδοφόρα νέφη. Τα Cb υφίστανται λόγω έντονων ανοδικών κινήσεων θερμών και υγρών αερίων μαζών. Ένα ώριμο Cb μπορεί να ξεπεράσει τα 9000 m. Συνδυάζεται από έντονα καιρικά φαινόμενα, όπως ισχυρές βροχοπτώσεις, πολύ δυνατούς ανέμους, ηλεκτρική δραστηριότητα (lightnings), παρουσία διατμητικών ανέμων (wind shear) και σε ορισμένες περιπτώσεις χαλάζι.

Τυπική μορφή καταιγιδοφόρου νέφους παρουσιάζεται στο σχήμα 2.13. Εντός του νέφους παρατηρούνται έντονες ανοδικές (updraft) και καθοδικές (downdraft) κινήσεις. Η κορυφή του Cb αποκτά ένα πολύ ιδιαίτερο σχήμα που ονομάζεται άκμωνας (anvil top). Σε ορισμένες περιπτώσεις, λόγω μεγάλης κατακόρυφης ανάπτυξής τους υπερπηδούν τον άκμωνα δημιουργώντας τις υπερυψωμένες κορυφές (overshooting tops) (Σχήμα 2.13).

Λόγω των ισχυρών καθοδικών κινήσεων ψυχρού αέρα από το νέφος, η αύξηση της πυκνότητας του επιφανειακού αέρα δημιουργεί ένα μέση ή τοπικής κλίμακας υψηλό. Επίσης, οι ισχυρές καθοδικές κινήσεις δημιουργούν πολύ ισχυρούς ανέμους μπροστά από το νέφος. Το μπροστινό άκρο της εκροής αέρα ονομάζεται μέτωπο καταιγίδας ή gust front και αποτελεί το διαχωριστικό όριο μεταξύ ψυχρής περιοχής λόγω εκροής και θερμής μπροστά από το νέφος (Conway, 1997).



Σχήμα 2.13. Καταιγιδοφόρο νέφος Cb σε κάθετη τομή. (Conway, 1997).

Μπροστά από ένα Cb επικρατεί νεφοδιάλυση. Λόγω των καθοδικών ρευμάτων του gust front, το ψυχρό ρεύμα (cool outflow jet) βυθίζεται, διασπείρεται και θερμαίνεται κατά την ξηρή αδιαβατική με αποτέλεσμα να προκαλεί μείωση της υγρασίας (Bader et.al, 1996). Η καθίζηση αυτή προκαλεί συνθήκες ευστάθειας και επομένως νεφοδιάλυσης.

Αντίθετα, νέες αναπτύξεις είναι δυνατό να δημιουργηθούν αρκετά μπροστά από το προϋπάρχων Cb. Συγκεκριμένα, δημιουργούνται πάνω από το gust front, που αποτελεί το διαχωριστικό όριο της ψυχρής περιοχής λόγω των καθοδικών ρευμάτων και της θερμότερης και υγρότερης περιοχής μπροστά από το gust front, όπως φαίνεται και από το σχήμα 2.13. Πολλές φορές τα νέα κύτταρα κατανέμονται κατά μήκος μιας χαρακτηριστικής καμπύλης γραμμής τοξοειδούς σχήματος και έχουν την τάση να απομακρύνονται από το προϋπάρχων Cb (Conway, 1997). Οι τοξοειδείς αυτές νεφικές γραμμές ονομάζονται arc cloud lines.

Οι νεφικές αυτές γραμμές αποτελούνται από Cu ή TCu, ακόμα και Cb. Σε ορισμένες περιπτώσεις δεν είναι εμφανείς στο ορατό κανάλι, όταν η περιοχή του άκμωνα του Cb είναι αρκετά διαπλατυμένη ώστε να καλύπτει την περιοχή του gust front (Bader et.al, 1996). Είναι δυνατό να υφίστανται για αρκετές ώρες ακόμα και μετά τη διάλυση του προϋπάρχοντος Cb. Επίσης, οι τοξοειδείς νεφικές γραμμές ενισχύονται όταν συναντηθούν με:

- Ένα προϋπάρχον νέφος Cu, επειδή η περεταίρω ανύψωση απαιτεί λιγότερη ενέργεια.
- Μια άλλη τοξοειδή νεφική γραμμή
- Μια ζώνη σύγκλισης

2.4.3.2. Ομάδες Cb (Cb clusters)

A) Φωτοερμηνεία

Πρόκειται για νεφικά συστήματα μέσης κλίμακας. Αποτελούνται από ομάδες νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης, κυρίως Cb, σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους. Η διάμετρός τους είναι περίπου 200km. Η γέννησή τους λαμβάνει χώρα στην ξηρά λόγω έντονης θέρμανσης. Λαμβάνουν χώρα κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες. Η θερμοκρασία των κορυφών τους κυμαίνεται από -50 ως -30°C.

Στη δορυφορική εικόνα φαίνεται να έχουν αρκετές ομοιότητες με τα MCS (Mesoscale Convective Systems). Εντοπίζονται όμως και σημαντικές διαφορές. Η σημαντικότερη διαφορά είναι ότι τα Cb που τα αποτελούν δεν είναι ενωμένα όπως στα MCS, αλλά είναι σαφής ο διαχωρισμός τους. Μάλιστα, σε ορισμένες περιπτώσεις εμφανίζονται ενσωματωμένα μέσα σε κυψελοειδείς μορφές χαμηλών νεφών. Σημαντικές διαφορές προκύπτουν επίσης από τη μελέτη του κύκλου ζωής τους. Οι ομάδες Cb δεν υφίστανται τη νύχτα ή τις πρώτες πρωινές ώρες όπως τα MCS. Υπό προϋποθέσεις είναι δυνατό να εξελιχθούν σε MCS, μέσα σε ένα χρονικό διάστημα περίπου τεσσάρων ωρών.

B) Σχέση ομάδων Cb με τις αντίστοιχες συνοπτικές καταστάσεις

Οι ομάδες Cb εμφανίζονται συνήθως στο θερμό τομέα μιας έξαρσης των ισοπαχών. Επίσης, η ανάπτυξή τους ευνοείται από τους εξής παράγοντες:

- Σύγκλιση πεδίου επιφανειακών ανέμων
- Αστάθεια
- Παρουσία κατακόρυφου διατμητικού ανέμου (vertical wind shear)
- Απότομη στροφή ανέμων από ΒΔ σε ΝΔ στην επιφάνεια, δηλαδή παρουσία επιφανειακού αυλώνα (surface trough) (Zamg, 2009).

2.4.3.3. Πολυκυτταρικά νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης

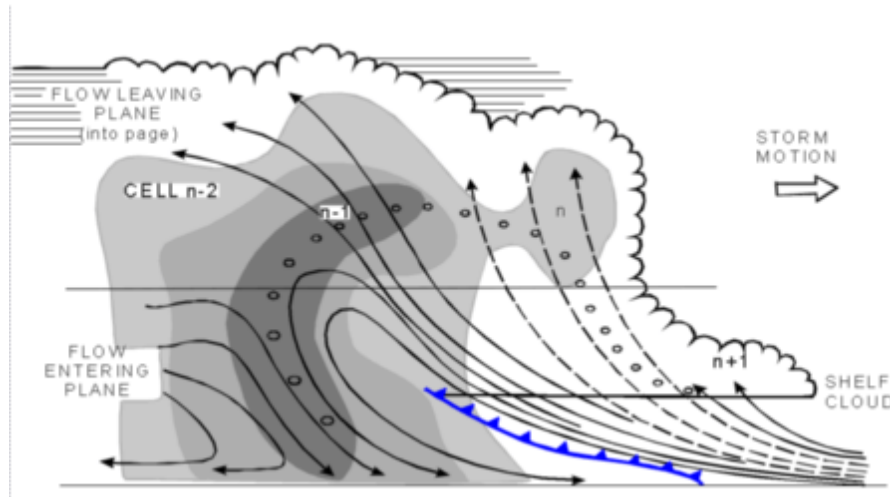
Από ένα κύτταρο είναι δυνατό να προκύψουν περισσότερα. Αυτό συμβαίνει όταν οι ανοδικές κινήσεις του gust front ανυψώσουν την αέρια μάζα τόσο, ώστε αυτή να ανέρθει ως το επίπεδο LFC (Level of Free Convection), ώστε να σχηματιστούν νέα κύτταρα (θυγατρικά κύτταρα). Η μέγιστη ανάπτυξη νέων κυττάρων λαμβάνει χώρα συνήθως κατά τη διεύθυνση του πνέοντος ανέμου, όπου τα ανοδικά ρεύματα είναι πολύ ισχυρά.

Τα θυγατρικά κύτταρα αναπτύσσονται συνήθως δεξιά του μπροστινού άκρου του νεφικού συστήματος, είναι όμως δυνατή η ανάπτυξή τους προς τα αριστερά. Η ταχύτητα των αριστερών θυγατρικών κυττάρων είναι μεγαλύτερη από τη μέση ταχύτητα της μέσης κατώτερης ροής ενώ η ταχύτητα των δεξιών θυγατρικών κυττάρων είναι μικρότερη. Τυπική διάμετρος ενός θυγατρικού κυττάρου είναι 3-5km και η απόστασή του από το κέντρο της καταιγίδας είναι περίπου 30km (Zamg, 2009).

Το σύνολο των μητρικών και των θυγατρικών κυττάρων αποτελούν μια πολυκυτταρική (multicell) καταιγίδα. Τα νέα κύτταρα (θυγατρικά) αναπτύσσονται κατά τη διεύθυνση του πνέοντος ανέμου (μπροστινό άκρο του νεφικού συστήματος) ενώ τα μητρικά κύτταρα κινούνται προς τα πίσω παρουσιάζοντας ταυτόχρονα τάση διάλυσης. Η ανάπτυξη των

θυγατρικών κυττάρων είναι πιο απότομη από την περαιτέρω ανάπτυξη των μητρικών λόγω της διείσδυσης ψυχρού αέρα στο πίσω άκρο.

Η προαναφερθείσα διαδικασία είναι δυνατό να οδηγήσει στην ανάπτυξη υπερκυτταρικών (supercell) καταιγίδων. Αυτός ο τύπος καταιγίδας συνδέεται με τα πλέον ακραία καιρικά φαινόμενα, πολύ ισχυρές χαλαζοπτώσεις και θυελλώδεις ανέμους. Παρατηρείται σε εκτεταμένες ηπειρωτικές περιοχές κατά τους θερινούς μήνες. Η κίνηση των καταιγίδων αυτών είναι προς δεξιά κατεύθυνση, με μικρότερη όμως ταχύτητα από τους ανέμους της μέσης τροπόσφαιρας που πηδαλιουχούν τα υπάρχοντα καταιγιδοφόρα νέφη (Bader et.al, 1996).



Σχήμα 2.14. Κάθετη τομή τυπικής πολυκυτταρικής (multicell) καταιγίδας (Zamg, 2009).

Στο σχήμα 2.14 παρουσιάζονται 4 διαφορετικά στάδια ανάπτυξης κυττάρων. Το καθένα από αυτά διαρκεί περίπου 15 λεπτά. Συγκεκριμένα, το κύτταρο n-2 είναι στο στάδιο της διάλυσης. Το κύτταρο n-1 είναι σε ώριμο στάδιο και βρίσκεται στο κέντρο της καταιγίδας. Το κύτταρο n είναι θυγατρικό και είναι στο στάδιο της ανάπτυξης. Τέλος, παρατηρείται η ανάπτυξη ενός ακόμα νεότερου κυττάρου στο μπροστινό άκρο του νεφικού συστήματος με επίπεδη βάση λόγω των πολύ ισχυρών ανοδικών κινήσεων που επικρατούν.

2.4.3.4. MCS

A) Ορισμός

Ένα MCS ορίζεται ως ένα οργανωμένο σύμπλεγμα συστατικών κατακόρυφης ανάπτυξης που ο κύκλος ζωής του είναι μεγαλύτερος από αυτόν των συστατικών που το αποτελούν.

Τα μέσης κλίμακας καταιγιδοφόρα συστήματα (mesoscale convective systems ή MCS) είναι καλά οργανωμένα νεφικά συστήματα μέσης κλίμακας που αποτελούνται από νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης και εμφανίζονται συχνά στα μέσα γεωγραφικά πλάτη κυρίως την άνοιξη και το καλοκαίρι.

Σύμφωνα με τον Houze (1993), ένα MCS είναι ένα νεφικό σύστημα που συνδέεται με ένα σύμπλεγμα καταιγίδων και προκαλεί βροχοπτώσεις σε μια περιοχή τουλάχιστον 100km προς μια τουλάχιστον διεύθυνση.

Β) Γενικά

Τα MCS συνοδεύονται από έντονα καιρικά φαινόμενα, όπως ισχυρές βροχοπτώσεις, χαλάζι, έντονη ηλεκτρική δραστηριότητα και πολύ ισχυρούς ανέμους. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό τους είναι η διάρκειά τους που κυμαίνεται από 6 ως 12 ώρες (Bader et.al, 1996). Σύμφωνα με τον Fritch (1986), τα MCS ευθύνονται για το 30-70% των συνολικών βροχοπτώσεων της θερμής περιόδου στις ΗΠΑ.

Γ) Είδη MCS

Η εμφάνιση των οργανωμένων MCS ποικίλει, ανάλογα με την κατακόρυφη κατανομή της υγρασίας, του ανέμου αλλά και την αστάθεια της ατμόσφαιρας. Στο σημείο αυτό παρατίθενται ορισμένες χαρακτηριστικές μορφές MCS:

α) Γραμμές λαίλαπας (squall lines)

Είναι ένα σύστημα καταιγίδων σε σχήμα γραμμής. Συμβαίνει σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από έντονη αστάθεια και διατμητικό άνεμο (οριζόντιο και κάθετο). Συγκεκριμένα, ο άνεμος στρέφεται έντονα δεξιόστροφα καθ' ύψος και αυξάνεται. Όλα αυτά είναι σε συνάρτηση με την ύπαρξη ισχυρών αυλώνων στην ανώτερη ατμόσφαιρα και σε αρκετές περιπτώσεις συμβαίνουν μπροστά από ένα ψυχρό μέτωπο. Οι γραμμές λαίλαπας είναι αρκετά στενές και συνήθως η εκτεταμένη περιοχή που έπεται της γραμμής, χαρακτηρίζεται από ασθενείς βροχοπτώσεις.

Η ανάπτυξη των γραμμών λαίλαπας προϋποθέτει αρχικά την ύπαρξη νεφών Cu κατά μήκος μιας επιφανειακής ζώνης σύγκλισης που είναι δυνατό να εντοπιστεί στη δορυφορική εικόνα. Η ζώνη σύγκλισης σχετίζεται με την ύπαρξη ξηρών γραμμών (dry lines) ή μετωπικών ζωνών ή ζωνών σύγκλισης προμετωπικής δραστηριότητας.

Όταν η ατμόσφαιρα είναι ασταθής και χαρακτηρίζεται από την παρουσία ενός αργά κινούμενου βαθύ αυλώνα, υπάρχει περίπτωση ευρείας διασποράς της υγρασίας σε ένα βαθύ στρώμα της γραμμής λαίλαπας. Αιτία είναι συνήθως η ύπαρξη μιας ευρείας αέριας μάζας τροπικής προέλευσης πλούσιας σε υδρατμούς. Τότε η κίνηση της γραμμής είναι βραδεία, τα κύτταρα όμως των καταιγιδοφόρων νεφών που την αποτελούν είναι δυνατό να κινούνται ταχύτερα. Η περίπτωση αυτή των γραμμών λαίλαπας παρουσιάζεται στη βιβλιογραφία ως «βραδείας κίνησης γραμμές λαίλαπας» (Bader et.al, 1996).

β) MCC (Mesoscale Convective Complexes)

Γενικά

Πρόκειται για ένα μοναδικό είδος MCS που συνδέεται με ισχυρές βροχοπτώσεις, πολύ ισχυρούς ανέμους, χαλάζι, ηλεκτρικές εκκενώσεις και πιθανόν ανεμοστρόβιλους. Τα MCC εμφανίζονται συνήθως την άνοιξη και το καλοκαίρι πάνω από εκτεταμένες ηπειρωτικές περιοχές και παρατηρούνται συνήθως αργά το απόγευμα ή το βράδυ. Τα ισχυρότερα φαινόμενα λαμβάνουν χώρα κατά το αρχικό στάδιο δημιουργίας τους, συνήθως αργά το απόγευμα. Η ανάπτυξή τους κορυφώνεται τις βραδινές ώρες και διαλύονται συνήθως τις πρώτες πρωινές ώρες.

Προέρχονται συνήθως από τη συνένωση των διάσπαρτων καταιγιδοφόρων νεφών σε μια υπάρχουσα γραμμή λαίλαπας. Η διαδικασία αυτή λαμβάνει χώρα υπό τις εξής προϋποθέσεις:

- Ισχυρή θερμή μεταφορά στα κατώτερα στρώματα
- Ισχυρή μεταφορά υγρασίας στο υπάρχων σύστημα
- Σύγκλιση του αέρα στα κατώτερα στρώματα και απόκλιση στα ανώτερα
- Αυλώνας στα 500hPa με τα MCC να αναπτύσσονται μπροστά από αυτόν.
- Δεν απαιτείται ισχυρός διατμητικός άνεμος καθ' ύψος για την ανάπτυξη ενός MCC, παρατηρείται όμως σε ένα ώριμο MCC.

Φωτοερμηνεία

Στη δορυφορική εικόνα εμφανίζονται ως ολόλευκα κυκλικού ή ελλειπτικού σχήματος νεφικά συστήματα. Αποτελούνται από νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης, συνοδεύονται όμως και από άλλα μεσαία νέφη, αλλά και υψηλά. Χαρακτηριστική είναι η μορφή της κορυφής των Ci (anvil top) που τα περιβάλλει και παρατηρείται στην πίσω μεριά του MCC.

Χαρακτηριστικό είναι επίσης το ισχυρό καθοδικό ρεύμα εισροής αέρα των κατωτέρων στρωμάτων του πίσω μέρους του συστήματος αλλά και η περιοχή έντονων στρατόμορφων βροχοπτώσεων μπροστά από το ρεύμα αυτό. Οι νέες αναπτύξεις λαμβάνουν χώρα στο μπροστινό άκρο του νεφικού συστήματος σε ένα ιδιαίτερα ασταθές περιβάλλον. Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες κορυφής εντοπίζονται στο μπροστινό άκρο του νεφικού συστήματος. Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις όπου οι χαμηλότερες θερμοκρασίες κορυφής εντοπίζονται κοντά στο κέντρο του MCC (Bader et.al, 1996)

Περιγραφή

Ένα MCC αποτελείται από τρία στρώματα:

- Το πρώτο στρώμα εκτείνεται από την επιφάνεια ως το οριακό στρώμα και περιλαμβάνει υψηλές πιέσεις, ίσως και κλειστό αντικυκλωνικό σύστημα μέσης κλίμακας. Η αιτία είναι η ύπαρξη στρώματος ψυχρού επιφανειακού αέρα (cold pool). Η ψύξη αυτή οφείλεται στην εξάτμιση της στρατόμορφης βροχής που προηγήθηκε.
- Το δεύτερο στρώμα εκτείνεται από τα 800hPa ως τα 600hPa περίπου. Αποτελείται από ένα μέσης κλίμακας βαθύ χαμηλό. Πρόκειται για το θερμότερο τμήμα ενός MCC (warm core).
- Το τρίτο στρώμα βρίσκεται κοντά στην τροπόπαυση. Περιλαμβάνει ένα μεγαλύτερης κλίμακας αντικυκλωνικό σύστημα, που αποτελεί και ένδειξη ισχυρής απόκλισης αέρα στα ύψη αυτά (Fritsch and Forbes, 2001). Ο αντικυκλώνας αυτός είναι αβαθής, έχει μικρό χρόνο ζωής και αποτελεί το μέσο απόκλισης του ανερχόμενου από τα δεύτερο στρώμα θερμού αέρα. Η απόκλιση των υψηλών στρωμάτων σε συνάρτηση με τη σύγκλιση των κατωτέρων, αποτελεί το αίτιο ανύψωσης του αέρα σε ένα MCC, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη και διατήρησή του για αρκετές ώρες (Bader et.al, 1996).

γ) MCV (mesoscale convective vortices)

Είναι ένας μέσης κλίμακας στρόβιλος που τροφοδοτείται από μια μέσης κλίμακας κυκλωνική ροή μέσων υψών μέσα σε ένα υπάρχων MCS ή MCC. Οι διαστάσεις του είναι 100km σε οριζόντιο επίπεδο και 5km σε κατακόρυφο. Καθίσταται ευδιάκριτο κατά το στάδιο διάλυσης των MCS ή MCC καθώς η κορυφή των Ci αρχίζει να διαλύεται. Έχει χρόνο ζωής 12 ώρες από τη διάλυση των MCS ή MCC. Υπάρχει όμως περίπτωση, αν κατά την κίνησή τους βρεθούν σε περιοχές όπου ευνοείται η δημιουργία αναπτύξεων, να αρχίσουν εκ νέου να αναπτύσσονται.

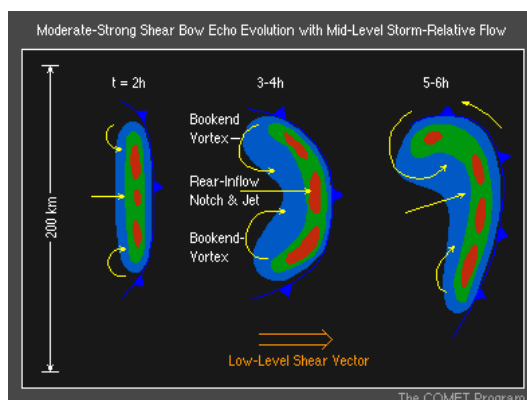
Τέτοιες περιοχές είναι συνήθως τα στρώματα εκροής (outflow boundaries) που σχετίζονται με την ύπαρξη καταιγίδων και είναι δυνατό να υφίστανται ως και 24 ώρες περίπου από τη διάλυση των καταιγίδων αυτών. Τα στρώματα εκροής είναι ευδιάκριτα στην εικόνα του δορυφόρου και αποτελούνται από τοξοειδείς μορφές χαμηλών νεφών. Στις περιοχές αυτές αναπτύσσεται ισχυρός διατμητικός άνεμος σε χαμηλά ύψη.

δ) Τοξοειδείς νεφικές γραμμές (Bow Lines)

Πρόκειται για πολυκυτταρικές καταιγίδες σε σχήμα τόξου. Συνδέονται με πολύ έντονα καιρικά φαινόμενα, όπως θυελλώδεις ανέμους ή tornadoes. Συνήθως προκύπτουν από γραμμές λαίλαπας. Οι διαστάσεις της προϋπάρχουσας γραμμής λαίλαπας είναι από 20 ως 200km.

Η μετατροπή μιας γραμμής λαίλαπας σε πολυκυτταρική καταιγίδα σχήματος τόξου, συμβαίνει όταν υπάρχει παρουσία έντονου οριζόντιου διατμητικού ανέμου στην εισερχόμενη ροή της πίσω μεριάς του νεφικού συστήματος σε ύψος 2-3km (Σχήμα 2.15). Επίσης απαιτείται ισχυρή ροή αέρα στο πίσω μέρος του νεφικού συστήματος των μέσων τροποσφαιρικών στρωμάτων (rear inflow jet).

Η ψύξη που προηγήθηκε στα κατώτερα επιφανειακά στρώματα λόγω της διέλευσης της γραμμής λαίλαπας επέφερε τη δημιουργία επιφανειακού αντικυκλωνικού συστήματος μέσης κλίμακας. Η θέρμανση λόγω των αναπτύξεων δημιουργεί συνθήκες ανάπτυξης χαμηλού μέσης κλίμακας στη μέση τροπόσφαιρα. Ο συνδυασμός αυτός αποτελεί παράγοντα ενίσχυσης της ροής του πίσω μέρους του νεφικού συστήματος (rear inflow jet) που επισπεύδει τη διαδικασία σχηματισμού πολυκυτταρικής καταιγίδας τύπου τόξου.



Σχήμα 2.15. Απεικόνιση σε radar της διαδικασίας σχηματισμού πολυκυτταρικής καταιγίδας σχήματος τόξου από μια υπάρχουσα γραμμή λαίλαπας (Colostate, 2011).

Στη συνέχεια, όταν αρχίζει να σχηματίζεται η μορφή του τόξου, λαμβάνουν χώρα οι στρόβιλοι στις άκρες του νεφικού συστήματος, όπως φαίνεται από το σχήμα 2.15. Οι στρόβιλοι αυτοί είναι της ίδιας περίπου εντάσεως και προκαλούν περεταίρω ενίσχυση της ροής του πίσω μέρους. Όσο μικρότερες είναι οι διαστάσεις του συστήματος, τόσο ισχυρότεροι είναι οι στρόβιλοι αυτοί.

Εφόσον το νεφικό σύστημα τύπου τόξου υφίσταται για αρκετές ώρες, η επίδραση της δύναμης Coriolis έχει ως αποτέλεσμα την ενίσχυση των αριστερόστροφων στροβίλων της πάνω μεριάς του νεφικού συστήματος και την εξασθένηση των δεξιόστροφων στροβίλων της κάτω μεριάς (Houze et.al, 1989). Αποτέλεσμα είναι ο σχηματισμός νεφικού συστήματος τύπου comma, και αποτελεί το τελευταίο στάδιο που αποτυπώνεται στο σχήμα 2.15.

ε) Νεφικά συστήματα τύπου V (V-notches).

Πρόκειται για ένα ακόμα είδος νεφικού συστήματος MCS. Πρόκειται για πολυκυτταρικές καταιγίδες με κύριο χαρακτηριστικό το σχήμα τους, που μοιάζει με V. Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες κορυφής παρατηρούνται στο πίσω μέρος του νεφικού συστήματος, δηλαδή κοντά στην εγκοπή, επομένως πρόκειται για τα πιο ανεπτυγμένα κύτταρα. Το χαρακτηριστικό αυτό σχήμα οφείλεται σε μια ισχυρή αποκλίνουσα ροή στη μέση τροπόσφαιρα.

Δ) Εμφάνιση MCS στα κανάλια του Meteosat

Στη δορυφορική εικόνα εμφανίζονται ως ολόλευκα νεφικά συστήματα και οι κορυφές τους είναι κυκλικές ή ελλειπτικές με χαρακτηριστικό άκμωνα που δείχνει και τη διεύθυνση του ανέμου. Περιβάλλονται από παχιά νέφη Ci των οποίων οι κορυφές ενσωματώνονται και σχηματίζουν ένα χαρακτηριστικό άκμωνα (anvil top). Η διάμετρος των MCS κυκλικού σχήματος κυμαίνεται από 100 ως 400km ενώ σε περίπτωση ελλειπτικού σχήματος η μεγάλη εστία της έλλειψης είναι δυνατό να έχει μήκος ως 1000km (Bader et.al, 1996). Επίσης ευδιάκριτη είναι σε πολλές περιπτώσεις έντονη σύσφιξη της βαθμίδας των ισόθερμων των κορυφών των MCS, γεγονός που συνδέεται με ραγδαίες βροχοπτώσεις. Ένα ακόμα σημαντικό χαρακτηριστικό των MCS είναι το αιχμηρό άκρο της κορυφής τους κατά τη διεύθυνση του ανέμου, λόγω πολύ ισχυρού κάθετου διατμητικού ανέμου.

Παρόλο που οι κορυφές των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης που αποτελούν τα MCS περιβάλλονται από νέφη Ci και είναι ενωμένες, σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατό να διακριθούν, εφόσον τα Cb φτάσουν σε μεγαλύτερο ύψος από τις κορυφές των Ci (overshooting tops). Οι υπερυψωμένες κορυφές είναι δυνατό να εισχωρήσουν στην κατώτερη στρατόσφαιρα. Αυτό γίνεται λόγω των πολύ ισχυρών ανοδικών ρευμάτων και η κατάσταση αυτή συνδέεται με έντονα καιρικά φαινόμενα.

Οι υπερυψωμένες κορυφές είναι ολόλευκες και είναι ευδιάκριτη η σκιά τους πάνω από την κορυφή του νεφικού συστήματος. Η εικόνα αυτή γίνεται ακόμα πιο ευδιάκριτη τις πρώτες πρωινές ώρες αλλά και αργά το απόγευμα λόγω της μικρής γωνίας της διερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Η διαφορά θερμοκρασιών των υπερυψωμένων κορυφών με την αντίστοιχη κορυφή του νεφικού συστήματος είναι δυνατό να φτάσει και τους 18°C (Bader et.al, 1996).

Ε) Συνθήκες δημιουργίας MCS

Πριν το σχηματισμό τους, είναι δυνατό να προσδιοριστεί με σχετική ακρίβεια η περιοχή δημιουργίας τους με βάση το κανάλι των υδρατμών. Καταρχήν, στο κανάλι των υδρατμών εντοπίζονται περιοχές αυξημένης υγρασίας στα μέσα και ανώτερα στρώματα (λευκές περιοχές), αλλά και ξηρότερες περιοχές που σχετίζονται με την παρουσία μεγίστων αεροχειμμάρου (jetstreaks) που αντιστοιχούν σε μαύρες περιοχές. Οι μαύρες περιοχές σχετίζονται συχνά με τη ροή ψυχρού και ξηρού στρατοσφαιρικού αέρα. Ο αέρας αυτός εκτείνεται από την τροπόπαυση ως τα 700hPa. Εφόσον ο αέρας αυτός υπερπηδήσει τα κατώτερα υγρά στρώματα, δημιουργείται ένα περιβάλλον δυναμικά ασταθές που αποτελεί το αίτιο ανύψωσης και επομένως περιοχή ανάπτυξης MCS (Bader et.al,1996).

Σύμφωνα και με τα προαναφερθέντα, οι καταλληλότερες συνθήκες για το σχηματισμό MCS, είναι οι εξής:

- Έξαρση των ισόθερμων των δυναμικών θερμοκρασιών (Θ_w ή Θ_e) στο στρώμα 850-700hPa. Η έξαρση αυτή παίρνει συχνά τη μορφή «θερμής γλώσσας».
- Ισχυρές ανοδικές κινήσεις, των οποίων η ενέργεια είναι ικανή να εξαλείψει την αναστροφή.
- Μεταφορά θερμού και υγρού αέρα στα κατώτερα στρώματα, συνήθως νότιας προέλευσης.
- Παρουσία μεγίστων αεροχειμμάρου (jetstreaks) και αυλώνων στην ανώτερη ατμόσφαιρα.
- Σε περίπτωση backward propagating MCS οι καταλληλότερες περιοχές για αναπτύξεις MCS είναι σε υγρές περιοχές του καναλιού των υδρατμών (Bader et.al,1996).
- Στο σημείο συνάντησης θερμής ζώνης μεταφοράς (Warm Conveyor Belt ή WCB) και ψυχρής (Cold Conveyor Belt ή CCB), λαμβάνουν χώρα πολύ ισχυρές ανοδικές κινήσεις λόγω της ροής θερμού και υγρού αέρα πάνω από ψυχρότερα στρώματα. Η διαδικασία αυτή που είναι ανάλογη με την αντίστοιχη των μετώπων.

ΣΤ) Διεύθυνση διάδοσης MCS

Ο χωρικός προσδιορισμός της ανάπτυξης νέων κυττάρων σχετικών με ένα νεφικό σύστημα MCS αποτελεί πολύ σημαντικό στοιχείο στη χωρική εξέλιξη των MCS. Οι κυριότερες κατηγορίες είναι οι εξής:

α) Η προς τα εμπρός διάδοση του συστήματος (Forward propagation system).

Στην περίπτωση αυτή η διεύθυνση κίνησης των υπαρχόντων κυττάρων σχεδόν συμπίπτει με τη διεύθυνση κατά την οποία δημιουργούνται τα νέα κύτταρα (θυγατρικά κύτταρα). Υπάρχει επίσης ταύτιση με τη διεύθυνση του νεφικού συστήματος. Τα νέα αυτά κύτταρα σχηματίζονται λίγο πιο μπροστά από το νεφικό σύστημα και συγχωνεύονται με αυτό, τροφοδοτώντας το παράλληλα με ενέργεια. Στην περιοχή σχηματισμού θυγατρικών κυττάρων λαμβάνει χώρα απότομη διαφοροποίηση της θερμοκρασίας των κορυφών των νεφών. Η εικόνα αυτή είναι ευδιάκριτη στο υπέρυθρο κανάλι, και ακόμα περισσότερο στο ορατό. Τυπικές συνοπτικές συνθήκες που ευνοούν την κατάσταση αυτή είναι οι εξής:

- Μετωπική δραστηριότητα κοντά στο αναπτυσσόμενο σύστημα.
- Ισχυρή ροή θερμού και υγρού και αέρα στην περιοχή του MCS, συνήθως νότιας προέλευσης.
- Μέτρια ή ισχυρή βαθμίδα ισοπαχών κατά μήκος της περιοχής του MCS. Η κίνηση του MCS είναι περίπου κατά μήκος των ισοπαχών στο στρώμα 850-300hPa.
- Μεσαίας ή ισχυρής έντασης ροή στα ανώτερα στρώματα, συνήθως κοντά στην περιοχή δεξιάς εισόδου ενός jetstreak.
- Μέτριας έντασης διατμητικός άνεμος και δεξιά στροφή ανέμων καθ' ύψος.
- Ένα κέντρο θετικού στροβιλισμού κοντά στην περιοχή του MCS, συνήθως βόρεια από αυτό, με νοτιοανατολική κίνηση (Bader et.al, 1996).

β) Η προς τα πίσω διάδοση του συστήματος (Backward propagation system)

Εδώ, η ανάπτυξη θυγατρικών κυττάρων λαμβάνει χώρα ακριβώς πίσω από το νεφικό σύστημα σε σχέση με τον πνέοντα άνεμο. Στη συνέχεια, τα κύτταρα αυτά συγχωνεύονται με το νεφικό σύστημα και το ενισχύουν. Αντίθετα τα προϋπάρχοντα κύτταρα κινούνται κατά τη διεύθυνση του ανέμου και αυτά που βρίσκονται στο μπροστινό άκρο του MCS αρχίζουν να διαλύονται. Η κατηγορία αυτή συνδέεται με ραγδαίες βροχοπτώσεις. Σημαντικός είναι επίσης και ο ρόλος της τοπογραφίας. Ένα ακόμα σημαντικό χαρακτηριστικό τους είναι ότι οι ψυχρότερες κορυφές τους είναι στα κοντά στην περιοχή των θυγατρικών κυττάρων και τα υπολείμματα στην περιοχή διάλυσης των μητρικών κυττάρων. Τυπικές συνοπτικές συνθήκες της κατηγορίας αυτή είναι οι εξής:

- Η περιοχή ανάπτυξης του MCS εντοπίζεται νότια μιας ζωνικής ροής, όχι μεγάλης ταχύτητας, στα 500hPa, σε περιοχή έντονης απόκλισης ισοπαχών. Επίσης, η βαθμίδα των ισοπαχών είναι ασθενής.
- Ασθενής ροή στην ανώτερη ατμόσφαιρα.
- Δεν εντοπίζεται ισχυρή μεταφορά δυναμικού στροβιλισμού.
- Ισχυρή μεταφορά θερμού και υγρού αέρα στα κατώτερα στρώματα.

Ζ) Εξέλιξη MCS μέσα σε νεφικό σύστημα τύπου κόμμα (comma cloud)

Μελετήθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο η σχέση ενός προπορευόμενου comma cloud με το σχηματισμό νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης πίσω από αυτό. Στο σημείο αυτό μελετάται η ανάπτυξη και η πορεία των MCS μέσα σε ένα comma cloud.

Το αρχικό στάδιο δημιουργίας των MCS λαμβάνει χώρα στο μπροστινό άκρο του comma cloud, αρκετά κοντά στην ουρά όπου υπάρχει συνοπτικό αίτιο ανύψωσης, επειδή στα τμήματα αυτά υπάρχει θετική μεταφορά στροβιλισμού (PVA) λόγω της ύπαρξης αυλών στην ανώτερη ατμόσφαιρα. Τα περισσότερα όμως MCS δημιουργούνται λόγω μεταφοράς θερμού και υγρού αέρα στα κατώτερα ύψη από ανέμους νοτίων διευθύνσεων. Τα MCS αυτά ακολουθούν την μεταφορική κίνηση του comma cloud, ταυτόχρονα όμως κινούνται κατά μήκος της κύριας νεφικής ζώνης και μετατοπίζονται σταδιακά προς την κεφαλή του comma cloud. Οι περιοχές κοντά στην κεφαλή του comma cloud χαρακτηρίζονται από αρνητική μεταφορά στροβιλισμού και επομένως κυριαρχούν οι καθοδικές κινήσεις, με αποτέλεσμα τη σταδιακή εξασθένηση των MCS (Bader et.al, 1996).

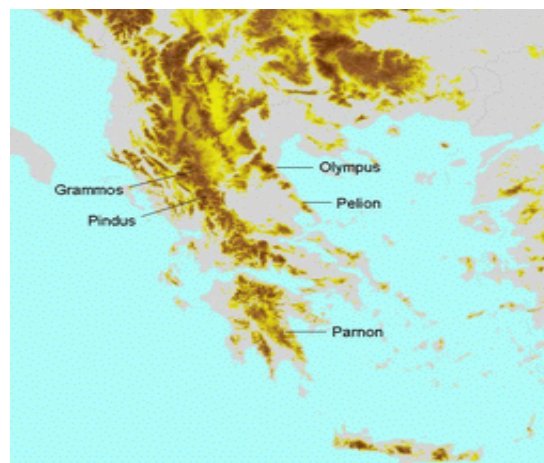
Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η κίνηση των υπαρχόντων MCS με φορά προς την κεφαλή του συστήματος συνοδεύεται από την ανάπτυξη νέων κυττάρων, αντίθετα από τη φορά του ανέμου, που είναι δυνατό να εξελιχθούν σε MCS και να ακολουθήσουν στη συνέχεια παρόμοια πορεία και η διαδικασία να επαναληφθεί. Καταλυτικό ρόλο στην ανάπτυξη νέων κυττάρων παίζουν τα ισχυρά καθοδικά ρεύματα των καταιγιδοφόρων νεφών των υπαρχόντων MCS που οδηγούν σε σύγκλιση στα κατώτερα στρώματα. Σημαντική είναι επίσης η συνεισφορά των νότιων επιφανειακών ανέμων που τροφοδοτούν το σύστημα με θερμό και υγρό αέρα. Η τροφοδοσία αυτή ενισχύεται με την ύπαρξη αεροχειμάρου χαμηλών υψών που συνήθως δραστηριοποιείται τις νυχτερινές ώρες (nocturnal jet). Αυτός είναι και ο λόγος που τα MCS αυτά αναπτύσσονται και δραστηριοποιούνται και τις νυχτερινές ώρες. Η προαναφερθείσα διαδικασία διαρκεί αρκετές ώρες.

2.4.4. Επίδραση τοπικών παραγόντων

2.4.4.1. Νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης ορογραφικής προέλευσης

α) Γενικά

Πρόκειται για νεφώσεις κατακόρυφης ανάπτυξης που αναπτύσσονται τις εαρινές ημέρες σε ορεινότερες εκτάσεις λόγω διαφορεικής θέρμανσης των κοιλάδων και των κλιτύων των βουνών από την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία. Στην Ελλάδα, τα νέφη αυτά εμφανίζονται συνήθως στην εικόνα του δορυφόρου ως μια χαρακτηριστική γραμμή πάνω από την οροσειρά της Πίνδου. Εμφανίζονται όμως και σε άλλα βουνά όπως ο Όλυμπος, το Πήλιο, τα ΒΑ ορεινά αλλά και τα ορεινά της Χαλκιδικής. Το ανάγλυφο της Ελλάδας παριστάνεται στο σχήμα 2.16.



Σχήμα 2.16. Ανάγλυφο της Ελλάδας

β) Θεωρητικό υπόβαθρο

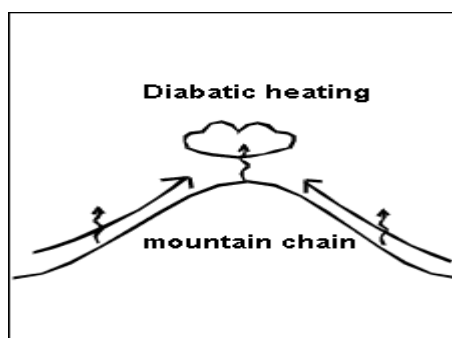
Ο κύριος λόγος του σχηματισμού αναπτύξεων ορογραφικής προέλευσης είναι η δημιουργία ζωνών σύγκλισης κατά τη διάρκεια της ημέρας σχετικών με την ορογραφία. Οι συγκλίσεις αυτές σχετίζονται με το πεδίο των ανέμων που διαμορφώνεται λόγω της θερμοδυναμικής κατάστασης της ατμόσφαιρας αλλά και της τοπογραφίας. Οι μέσης κλίμακας άνεμοι (αναβάτες-καταβάτες) δημιουργούνται λόγω διαφορεικής θέρμανσης των κοιλάδων και των κλιτύων των βουνών από την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία. Για την

ανάπτυξη των διαδικασιών μέσης κλίμακας που προαναφέρθηκαν, απαιτείται ασθενής συνοπτική ροή, ώστε να ευνοούνται οι τοπικές κυκλοφορίες.

Οι άνεμοι μεταβάλλονται λόγω της ορογραφίας (διεύθυνση και ένταση). Τις πρωινές ώρες ο αέρας των κοιλάδων είναι πιο ζεστός, λόγω απορρόφησης μέρους της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας από τις πλαγιές των βουνών και ανέρχεται μέσω των κλιτύων. Επομένως αναπτύσσεται μια συνιστώσα του ανέμου με φορά προς την κορυφογραμμή (Σχήμα 2.16). Αρχικά η ένταση των ροών αυτών είναι ασθενής, ενισχύεται όμως κατά τη διάρκεια της ημέρας λόγω αύξηση του ύψους του οριακού στρώματος. Το οριακό στρώμα βρίσκεται στο μέγιστο ύψος το απόγευμα οπότε και οι εντάσεις των ανέμων αυτών μεγιστοποιούνται (Zamg, 2009).

Η ένταση αυτή εξαρτάται από τη γωνία των κλιτύων, την τριβή αλλά και από την καμπυλότητα των κλιτύων. Επίσης υπάρχει εξάρτηση και από την κλιματολογία της περιοχής. Δηλαδή στα βουνά των υγρών κλιμάτων οι αναβάτες άνεμοι είναι μικρότερης ισχύος επειδή η διαφορική θέρμανση κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι ασθενέστερη και αντιστρόφως. Για την περίπτωση της Ελλάδας, όπου η ξηρότερη εποχή είναι το καλοκαίρι, οι άνεμοι αυτοί μεγιστοποιούνται την περίοδο αυτή του έτους και το φαινόμενο εμφάνισης γραμμών νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης πάνω από τα βουνά παρουσιάζεται συχνά και είναι χαρακτηριστικό. Σε αρκετές περιπτώσεις, η καμπυλότητα των οροσειρών και γενικά η ανομοιογένεια του ανάγλυφου μιας περιοχής δημιουργούν επιπρόσθετες δυσκολίες και απαιτούν δεδομένα ακόμα μικρότερης χωρικής κλίμακας για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Το μηχανικό αίτιο ανύψωσης λόγω ορογραφίας, οδηγεί αρχικά στο σχηματισμό νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης, κυρίως Cu ή TCu. Περαιτέρω ανάπτυξη των νεφών αυτών (ψηλότερα από την κορυφογραμμή) απαιτεί συγκεκριμένες συνθήκες που ευνοούν την αστάθεια, όπως την παρουσία αυλώνων, ψυχρών μεταφορών στη μέση και ανώτερη τροπόσφαιρα και θερμών στα χαμηλότερα στρώματα της τροπόσφαιρας. Θεωρείται δεδομένο ότι μια ψυχρή μέση και ανώτερη ατμόσφαιρα διευκολύνει τον κορεσμό και επομένως οδηγεί στην καθ' ύψος επέκταση των νεφών αυτών. Υπό αυτές τις συνθήκες καθίσταται δυνατός ο σχηματισμός νεφών Cb και υπό συνθήκες και μεγαλύτερων συστημάτων (MCS).



Σχήμα 2.16. Απεικόνιση συσχέτισης αναβατικών ανέμων-συγκλίσεων σε μια οροσειρά (Zamg, 2009).

Ο ημερήσιος κύκλος των ορογραφικών αναπτύξεων είναι ευδιάκριτος. Τις πρωινές ώρες συνήθως τα νέφη αυτά δεν έχουν εμφανιστεί ακόμα, υπάρχει όμως η πιθανότητα εμφάνισης μεμονωμένων νεφών Cu πάνω από την οροσειρά. Η εμφάνισή τους γίνεται

αισθητή κυρίως από τις προμεσημβρινές ώρες. Το μεσημέρι-απόγευμα, τα προϋπάρχοντα κύτταρα είναι δυνατό να οδηγήσουν στη δημιουργία καταιγιδοφόρων νεφών ή και μεγαλύτερων συστημάτων (MCS). Η διαδικασία διάλυση-ανάπτυξη-συγχώνευση νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης είναι συνεχής. Κατά τη διάλυση των καταιγιδοφόρων νεφών, είναι χαρακτηριστική η μορφή των κορυφών τους που παρασύρονται από τους ανέμους της ανώτερης τροπόσφαιρας. Αυτός είναι και ο λόγος που η διάλυση είναι αρχικά ευδιάκριτη στο ορατό και αργότερα στο υπέρυθρο.

2.4.4.2. Θαλάσσια αύρα

α) Εισαγωγή

Πρόκειται για μια τοπική κυκλοφορία που λαμβάνει χώρα σε παράκτιες περιοχές ή σε περιοχές κοντά σε μεγάλες λίμνες. Αιτία δημιουργίας της είναι η ανομοιομορφή θέρμανση ξηράς-θάλασσας σε ημερήσια βάση. Παρατηρείται κυρίως την άνοιξη και το καλοκαίρι.

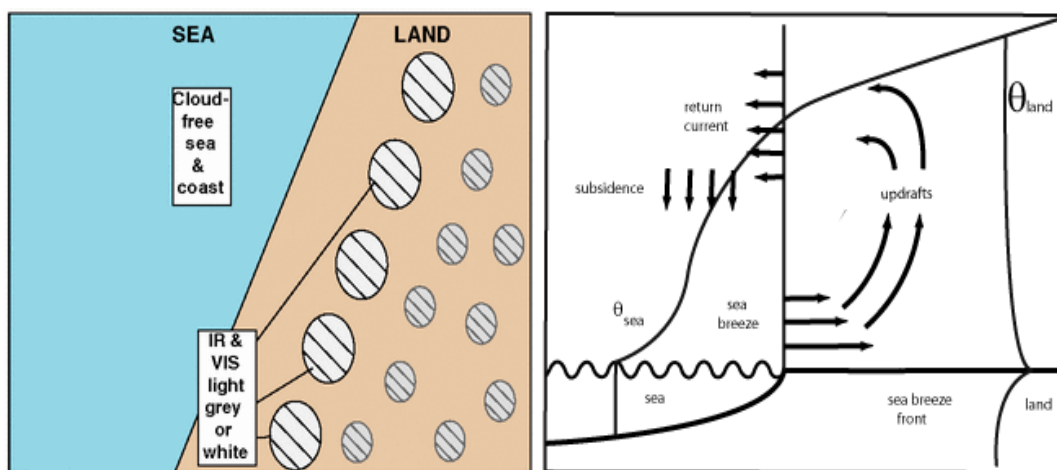
β) Μηχανισμός θαλάσσιας αύρας

Οι αιτίες της θερμοκρασιακής διαφοράς ξηράς-θάλασσας είναι οι εξής:

- Η μεγάλη θερμοχωρητικότητα του νερού, τετραπλάσια σε σχέση με αυτήν του εδάφους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απαίτηση τετραπλάσιας θερμότητας για μεταβολή της θερμοκρασίας του κατά 1°C σε σχέση με την ξηρά. Επομένως, στη μονάδα του χρόνου η θέρμανση του εδάφους είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη της θάλασσας.
- Η ηλιακή ακτινοβολία διεισδύει στο νερό σε βάθος 10m και περισσότερο, με αποτέλεσμα την θέρμανση πολύ μεγάλου όγκου νερού. Το αντίθετο ισχύει για το έδαφος όπου το αντίστοιχο βάθος είναι περίπου 1m. Αποτέλεσμα είναι η μικρότερη διάχυση της ακτινοβολίας οδηγώντας σε περαιτέρω θέρμανση του επιφανειακού εδάφους.
- Τέλος, ένα σημαντικό μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας δεσμεύεται με το μηχανισμό της εξάτμισης σε μορφή «λανθάνουσας» θερμότητας από τους παραγόμενους υδρατμούς. (Μακρογιάννης και Σαχσαμάνογλου, 2004) Με βάση τα προηγούμενα, από τις προμεσημβρινές ώρες, λόγω ισχυρότερης θέρμανσης της ξηράς σε σχέση με τη θάλασσα, παρατηρείται διαστολή του αέρα πάνω από την ξηρά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η πίεση πάνω από τη θάλασσα να είναι μεγαλύτερη από αυτήν της ξηράς. Λόγω βαροβαθμίδας, προκύπτει επιφανειακή ροή αέρα από τη θάλασσα προς την ξηρά. Η ροή αυτή ονομάζεται θαλάσσια αύρα. Λόγω της ροής αυτής, αλλά και της αρχής συνέχειας των μαζών, η σύγκλιση του αέρα πάνω από την ξηρά και η απόκλιση πάνω από τη θάλασσα οδηγούν σε ανοδικές και καθοδικές κινήσεις αντίστοιχα. Αποτέλεσμα είναι ο σχηματισμός κλειστής κυκλοφορίας, με το άνεμο σε μεγαλύτερα ύψη, πάνω από τα 800m περίπου, να έχει κατεύθυνση από την ξηρά προς τη θάλασσα (Σχήμα 2.17).

γ) Φωτοερμηνεία

- Στη δορυφορική εικόνα η θαλάσσια αύρα χαρακτηρίζεται από μια ανέφελη περιοχή πάνω από την παραθαλάσσια περιοχή και μια περιοχή νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης πάνω από την παράκτια περιοχή.
- Τα νέφη αυτά είναι συχνά εμφανίζονται με τη μορφή γραμμής κατά μήκος της ακτογραμμής. Η γραμμή αυτή ονομάζεται μέτωπο θαλάσσιας αύρας και αποτελεί το διαχωριστικό όριο μεταξύ της ψυχρής μάζας αέρα πάνω από τη θάλασσα και της θερμής μάζας πάνω από την ξηρά.
- Ο εντοπισμός του χαρακτηριστικού αυτού ορίου καθίσταται εφικτός στη δορυφορική εικόνα στο ορατό αλλά και στο υπέρυθρο. Πρόκειται για λευκά ή ανοιχτών αποχρώσεων του γκρι νέφη.
- Αντίθετα στα κανάλια των υδρατμών ο εντοπισμός των νεφών αυτών δεν είναι εφικτός, εκτός από τις περιπτώσεις έντονων μεταφορών.
- Σε ορισμένες περιπτώσεις το μέτωπο της θαλάσσιας αύρας εμφανίζεται ως μια γραμμή αυξανόμενης νεφοκάλυψης από Cu, TCU ή Cb στο μπροστινό άκρο της θαλάσσιας αύρας (Σχήμα 2.17).



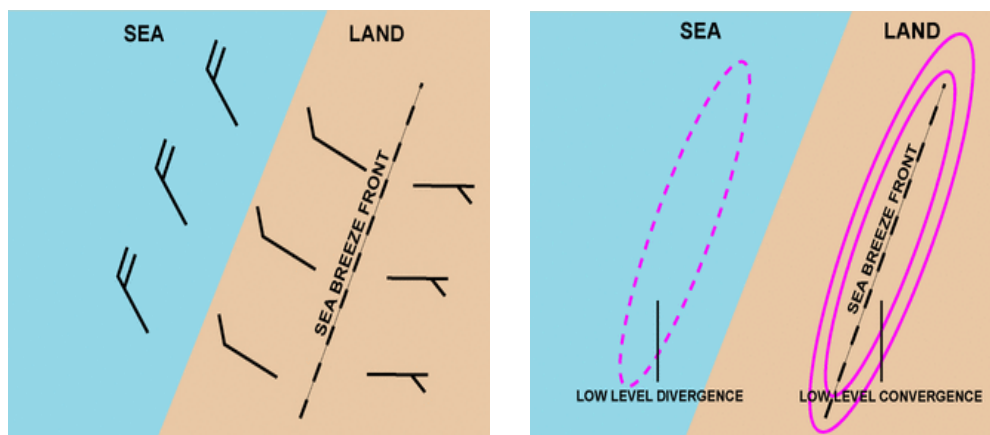
Σχήμα 2.17. Εικόνα των νεφών του μετώπου της θαλάσσιας αύρας στη δορυφορική εικόνα (αριστερά) και ανάπτυξη του μηχανισμού της θαλάσσιας αύρας (δεξιά) (Zamg, 2009).

δ) Λοιποί παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη μετώπου θαλάσσιας αύρας

Οι συνοπτικές αλλά και μέσης κλίμακας ροές που ευνοούν στην ανάπτυξη της κυκλοφορίας της θαλάσσιας αύρας και επομένως στην ανάπτυξη νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης λόγω των ανοδικών κινήσεων στα παράκτια είναι οι εξής:

- Εφόσον η ροή συνοπτικής κλίμακας είναι ασθενής, κυριαρχεί η κυκλοφορία της θαλάσσιας αύρας.
- Όταν η ροή συνοπτικής κλίμακας είναι ισχυρή, τότε η διαδικασία ανάπτυξης θαλάσσιας αύρας σταματά εντελώς ή επιβραδύνεται και εμφανίζεται αργά το απόγευμα.

- Όταν πνέουν μέτριοι-ισχυροί άνεμοι με κατεύθυνση προς την ξηρά, η κυκλοφορία της θαλάσσιας αύρας δεν αναπτύσσεται λόγω μεταφοράς ψυχρού αέρα από τη θάλασσα στην ενδοχώρα με αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας και επομένως τον περιορισμό της διαστολής του αέρα πάνω από την ξηρά. Σύμφωνα με την Κοντογιάννη (2008), το όριο αυτό της ταχύτητας είναι 11m/s.
- Το φαινόμενο της δημιουργίας μετώπου θαλάσσιας αύρας ενισχύεται όταν αναπτυχθούν μπροστά από το μέτωπο ασθενείς άνεμοι με φορά προς τη θάλασσα. Με τον τρόπο αυτό ενισχύεται η σύγκλιση στα παράκτια τμήματα (Σχήμα 2.18).
- Ο μηχανισμός δημιουργίας μετώπων θαλάσσιας αύρας ευνοείται από μια συνοπτικής κλίμακας ασθενούς ροής στη κατώτερη ατμόσφαιρα (<850hPa) με κατεύθυνση από την ξηρά προς τη θάλασσα. Με τον τρόπο αυτό ευνοείται η κυκλοφορία της θαλάσσιας αύρας.
- Επίσης, η κυκλοφορία της θαλάσσιας αύρας ευνοείται και από την απουσία κατακόρυφου διατμητικού ανέμου, αλλά και από την απουσία νεφώσεων που συνδέονται με μέτωπα.
- Η θερμοκρασιακή αναστροφή πάνω από το οριακό στρώμα ευνοεί την ανάπτυξη της κυκλοφορίας της θαλάσσιας αύρας.



Σχήμα 2.18. Πεδίο ανέμων που ευνοούν τη δημιουργία μετώπου θαλάσσιας αύρας (αριστερά) και πεδίο επαγόμενων επιφανειακών συγκλίσεων (δεξιά) (Zamg, 2009).

- Οι άνεμοι που διέρχονται από το μέτωπο της θαλάσσιας αύρας με φορά προς την ξηρά, όταν φτάνουν στην ξηρά στρέφονται. Καθώς η διαδικασία της θαλάσσιας αύρας συνεχίζεται, η συνιστώσα αυτή του ανέμου στα παράκτια τείνει να αποκτήσει προσανατολισμό με φορά προς τη θάλασσα, κάθετη προς το μέτωπο της θαλάσσιας αύρας.
- Όταν η αισθητή θερμότητα λόγω θέρμανσης της Γης από τον Ήλιο κατά τη διάρκεια μιας ημέρας κυμανθεί από 100 ως 400 W/m² τότε είναι πολύ πιθανή η ανάπτυξη της κυκλοφορίας της θαλάσσιας αύρας. Μια τυπική τιμή που μπορεί να ληφθεί υπόψη είναι 200 W/m² (Zamg, 2009).

- Η παρούσα αστάθεια και οι υγροθερμοκρασιακοί παράγοντες διαμόρφωσης της ατμόσφαιρας πάνω από τα παράκτια τμήματα.
- Συνήθως παρατηρείται μια μικρή στροφή της θαλάσσιας αύρας με την πάροδο της ημέρας. Αυτό είναι αποτέλεσμα της δύναμης Coriolis που εκτρέπει τους ανέμους προς τα δεξιά στο βόρειο ημισφαίριο και αντίστροφα. Επομένως η στροφή των ανέμων θα είναι μεγαλύτερη με την ωρίμανση του μηχανισμού της θαλάσσιας αύρας λόγω μεγιστοποίησης της ταχύτητας.
- Άλλος ένας παράγοντας που διαμορφώνει τις διευθύνσεις αλλά και τις εντάσεις των ανέμων στα παράκτια είναι η πιθανή ανάπτυξη θερμικών χαμηλών πάνω από την ξηρά τα απογεύματα.
- Η διαφορά στην τριβή που αναπτύσσεται ανάμεσα στην ξηρά και τη θάλασσα είναι επίσης καθοριστικός παράγοντας.
- Τέλος, η σχήμα της ακτογραμμής είναι δυνατό να επηρεάσει θετικά ή αρνητικά στην ανάπτυξη θαλάσσιας αύρας. Για παράδειγμα, όταν λαμβάνουν χώρα δυο διαφορετικές κυκλοφορίες αύρας στις εκατέρωθεν ακτογραμμές μιας χερσονήσου, οι αναπτύξεις πάνω από τη χερσόνησο ενισχύονται. Αντίθετα αναπτύξεις δεν εμφανίζονται όταν λαμβάνουν χώρα δυο θαλάσσιες αύρες στις ακτογραμμές εκατέρωθεν ενός κόλπου.

2.4.4.3. Απόγειος αύρα

Η αντιστροφή του μηχανισμού της θαλάσσιας αύρας που αναλύθηκε στην προηγούμενη υποενότητα λαμβάνει χώρα τις εαρινές νύχτες. Συγκεκριμένα, τη νύχτα η θάλασσα ψύχεται με βραδύτερο ρυθμό από την ξηρά, με αποτέλεσμα την κάμψη των ισοβαρών πάνω από τη θάλασσα και επομένως τη δημιουργία βαροβαθμίδας με φορά από την ξηρά προς τη θάλασσα. Η ροή ανέμων προς τη θάλασσα έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία συγκλίσεων πάνω από παραθαλάσσιες περιοχές και αποκλίσεων πάνω από παράκτιες. Οι συγκλίσεις αυτές είναι δυνατό να οδηγήσουν στο σχηματισμό νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης πάνω από παραθαλάσσιες περιοχές. Τα νέφη αυτά εμφανίζονται με τη μορφή γραμμής σε παραθαλάσσια τμήματα πολύ κοντά στην ακτογραμμή.

Το φαινόμενο της απόγειας αύρας είναι μικρότερης έντασης από την ημερήσια αύρα, επειδή η διαφορική ψύξη ξηράς-θάλασσας είναι συνήθως μικρότερης ισχύος από την αντίστοιχη διαφορική θέρμανση που παρατηρείται την ημέρα. Επομένως, δεν συνεπάγεται ισχυρές αναπτύξεις. Υπό προϋποθέσεις, είναι όμως δυνατό τα νέφη αυτά να αναπτυχθούν κατακόρυφα. Οι προϋποθέσεις αυτές είναι οι εξής:

- Τα πρώτα νέφη που δημιουργούνται στις παραθαλάσσιες περιοχές εμποδίζουν την περαιτέρω ψύξη της θάλασσας, επειδή ανακλούν μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπει η θάλασσα. Αυτό δε συμβαίνει με την ξηρά, και ο ανέφελος ουρανός πάνω από αυτήν επιτρέπει την περαιτέρω εκπομπή ακτινοβολίας από τη Γη, με αποτέλεσμα την περαιτέρω ψύξη της. Η μεγαλύτερη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ Γης-Θάλασσας που διαμορφώνεται, ισχυροποιεί το μηχανισμό της απόγειας αύρας.

- Ένας ακόμα πολύ σημαντικός παράγοντας είναι η τοπογραφία. Η ανομοιογένεια του ανάγλυφου των παράκτιων τμημάτων είναι δυνατόν να οδηγήσει σε καταβάτες ανέμους με αποτέλεσμα την περαιτέρω ψύξη των παράκτιων τμημάτων. Τέλος, πρέπει να ληφθεί υπόψη και το σχήμα της ακτογραμμής.

2.4.4.4. Ακτογραφία

α) Εισαγωγή

Οι σχετικές με την ακτογραφία συγκλίσεις συνήθως φαίνονται στην εικόνα του δορυφόρου με τη μορφή μιας στενής και επιμηκυμένης ομάδας νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης παράλληλης με την ακτογραμμή. Οι χαρακτηριστικές αυτές γραμμές των νεφών εντοπίζονται στα παράκτια τμήματα ή στα παραθαλάσσια, ανάλογα με το πεδίο των ανέμων. Τα νέφη αυτά που αναπτύσσονται πάνω από παράκτιες περιοχές και δεν εκτείνονται πολύ στην ενδοχώρα (συνήθως μέχρι 1 km). Η κίνησή τους είναι αργή κατά μήκος της ακτογραμμής. Τέλος, τα νέφη αυτά είναι δύσκολο να εντοπιστούν στη δορυφορική εικόνα όταν είναι ενσωματωμένα (embedded) σε μεγαλύτερης κλίμακας νεφικά συστήματα. Στην περίπτωση αυτή απαιτούνται και άλλα εργαλεία, πχ εικόνες radar.

Ο μηχανισμός που είναι υπεύθυνος είναι η ασυνέχεια στην τραχύτητα του εδάφους λόγω τοπογραφίας. Επομένως απαιτείται μελέτη του οριακού στρώματος ώστε να διαπιστωθεί η επίδραση της τριβής. Αξίζει να αναφερθεί ότι υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που επιδρούν στη δημιουργία του μηχανισμού αυτού, όπως η διαφορική θέρμανση ξηράς-θάλασσας, το σχήμα της ακτογραμμής, ακόμα και η φυτοκάλυψη. Η διαφορά με την ανάπτυξη της κυκλοφορίας της θαλάσσιας αύρας είναι ότι στην περίπτωση αυτή τα αίτια δεν είναι μόνο θερμικά, όπως στη θαλάσσια αύρα.

β) Θεωρητικό υπόβαθρο

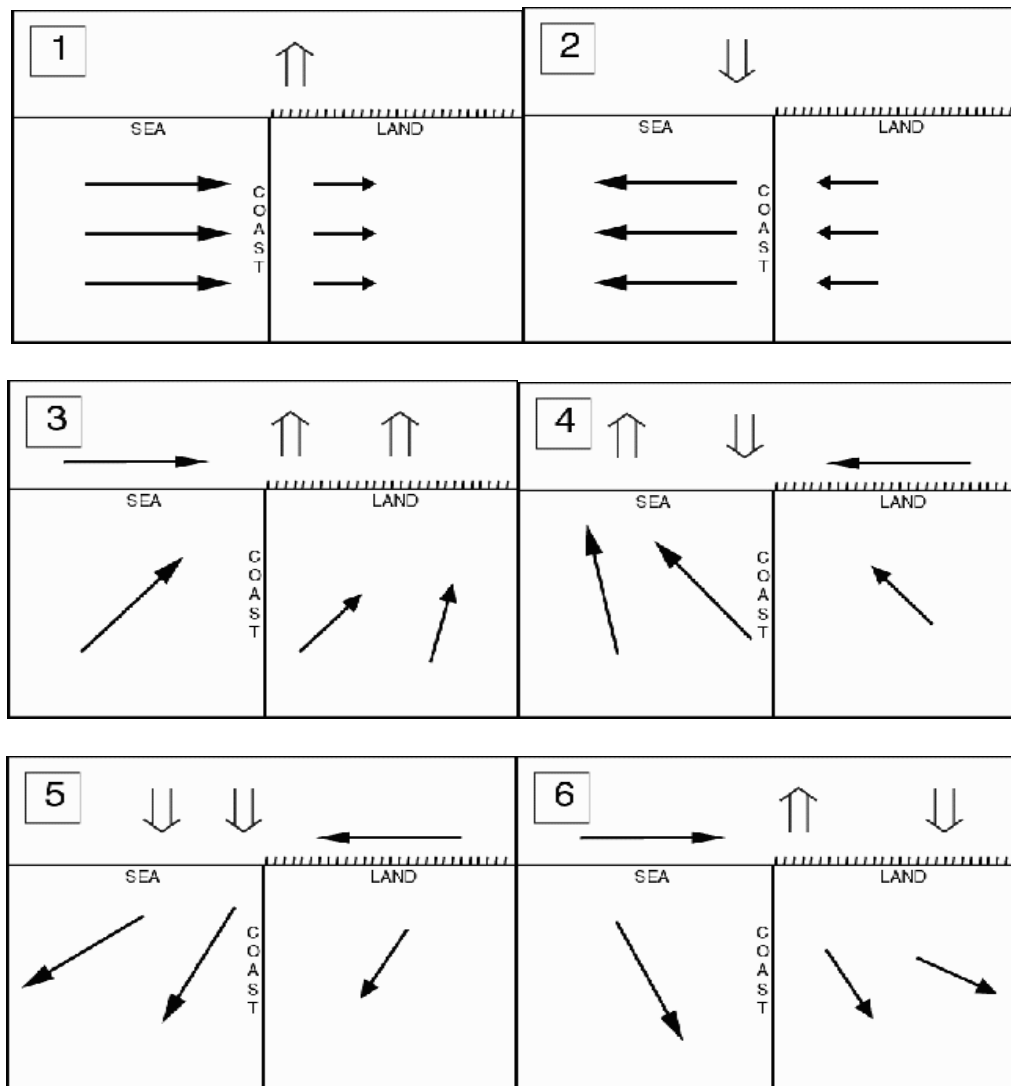
Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα, οι μεταβολές της διεύθυνσης αλλά και της έντασης των ανέμων συμβάλλουν στην ανάπτυξη περιοχών σύγκλισης-απόκλισης, τοπικής κλίμακας που συνδέονται με κατακόρυφες κινήσεις στις περιοχές αυτές. Έτσι, προκύπτουν οι παρακάτω περιπτώσεις του σχήματος 2.19:

Στα διαγράμματα 1 και 2 του σχήματος 2.19, παριστάνεται η σχέση της μεταβολής της έντασης του ανέμου που πνέει υπό γωνία 90° από την ξηρά προς τη θάλασσα (και αντιστρόφως) με τη δημιουργία συγκλίσεων ή αποκλίσεων στα παράκτια τμήματα. Στην πρώτη περίπτωση, ο άνεμος όταν φτάνει στην ξηρά μειώνεται, λόγω της τραχύτητας του εδάφους. Επομένως υπάρχει σύγκλιση στα παράκτια τμήματα. Αντίθετα, όταν ο άνεμος πνέει από την ξηρά προς τη θάλασσα αυξάνεται, με αποτέλεσμα να υπάρχει απόκλιση του αέρα στα παραθαλάσσια τμήματα. Οι τοπικές αυτές συγκλίσεις ή αποκλίσεις συνοδεύονται και από τις αντίστοιχες κατακόρυφες κινήσεις. Δηλαδή σύγκλιση του αέρα των κατωτέρων στρωμάτων συντελεί στη δημιουργία ανοδικών κινήσεων και αντίστροφα.

Στα διαγράμματα 3-6, λαμβάνεται υπόψη και η γωνία της ροής του ανέμου ως προς την ακτογραμμή. Συγκεκριμένα, στο διάγραμμα 3 ο άνεμος πνέει από τα ΝΔ. Η συνιστώσα του μειώνεται στην ξηρά, λόγω τραχύτητας του εδάφους. Λόγω της δύναμης Coriolis, η μείωση της έντασης του ανέμου έχει ως αποτέλεσμα την εκτροπή του προς τα αριστερά και

αντιστρόφως. Έτσι παρατηρείται σύγκλιση στα παραθαλάσσια τμήματα και επομένως περαιτέρω ενίσχυση των ανοδικών κινήσεων.

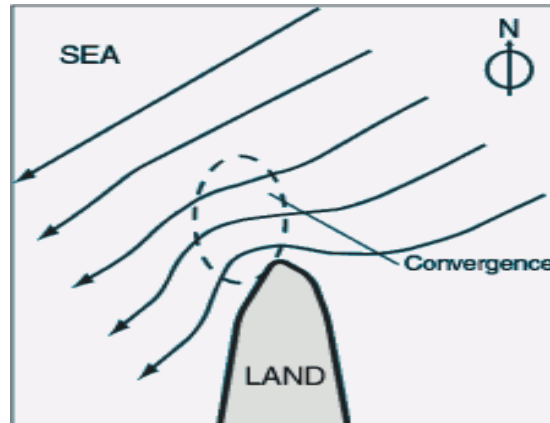
Όταν όμως η ροή του ανέμου που πνέει προς την ξηρά είναι ΒΔ (διάγραμμα 6), η εκτροπή του ανέμου προς τα αριστερά, λόγω δύναμης Coriolis, οδηγεί σε απόκλιση του αέρα των παραθαλάσσιων τμημάτων. Αυτός είναι και ο λόγος ανάπτυξης μιας καθοδικής συνιστώσας του αέρα πάνω από την περιοχή αυτή. Με την ίδια αιτιολογία είναι δυνατό να εξηγήσει κανείς τη συνιστώσα των ανοδικών κινήσεων των παραθαλάσσιων τμημάτων του διαγράμματος 4 και την αντίστοιχη καθοδική συνιστώσα του διαγράμματος 5.



Σχήμα 2.19 Απεικόνιση σχέσης της γωνίας του ανέμου με την ακτογραμμή και τη δημιουργία συγκλίσεων-αποκλίσεων πάνω από παράκτιες-παραθαλάσσιες περιοχές (Zamg 2009).

Γενικότερα, οι πιο έντονες συγκλίσεις που παρατηρούνται στα παράκτια τμήματα λόγω τριβής, λαμβάνουν χώρα όταν ο άνεμος πνέει παράλληλα ή σχεδόν παράλληλα με την ακτογραμμή. Το συμπέρασμα όμως αυτό ισχύει είτε σε περιπτώσεις ισχυρών σχετικά επιφανειακών ανέμων είτε σε μεγαλύτερης κλίμακας κινήσεις, ώστε να καθίσταται σημαντική παράμετρος η δύναμη Coriolis.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι χαρακτηριστικές περιπτώσεις ανομοιογενούς ανάγλυφου, πχ στενές χερσόνησοι, νησιά, κόλποι κτλ, είναι δυνατό να επηρεάσουν το πεδίο των ανέμων σε χαμηλά ύψη και να προκαλέσουν περιοχές συγκλίσεων-αποκλίσεων και επομένως νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης στις περιοχές αυτές (Σχήμα 2.20).



Σχήμα 2.20. Σύγκλιση του αέρα πλησίον χερσονήσου (Zamg, 2009).

2.4.4.5. Επίδραση νεφοκάλυψης (St ή Sc) των πρώτων πρωινών ωρών

Η νεφοκάλυψη των πρώτων πρωινών ωρών είναι δυνατό να συμβάλλει στη δημιουργία νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης σε γειτονικές ανέφελες περιοχές αρκετές ώρες αργότερα. Συγκεκριμένα, μεταξύ νεφελώδους και ανέφελους περιοχής λαμβάνει χώρα διαφορική θέρμανση. Ο μηχανισμός αυτός μοιάζει με τον αντίστοιχο της θαλάσσιας αύρας (Conway, 1997).

Ακόμα και μετά τη διάλυση των νεφών αυτών, ο αέρας της περιοχής αυτής είναι ψυχρότερος από αυτόν της ανέφελους περιοχής. Μεταξύ των δυο αυτών τμημάτων, αναπτύσσεται ένα διαχωριστικό όριο στο οποίο καθίσταται πιθανός ο σχηματισμός νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης. Το φαινόμενο αυτό ενισχύεται αν η οριακή γραμμή επιδράσει με μια άλλη γραμμή σύγκλισης, πχ θαλάσσια αύρα. Επίσης ο μηχανισμός αυτός απαιτεί ασθενείς συνοπτικές συνθήκες.

3. Δεδομένα – Μεθοδολογία

3.1. Πηγές δεδομένων

3.1.1. Δορυφορικά δεδομένα

Οι δορυφορικές εικόνες που χρησιμοποιούνται στη μελέτη αυτή προέρχονται από το μετεωρολογικό δορυφόρο Meteosat (Meteorological Satellite) 9, ο οποίος λειτουργεί υπό την αιγίδα του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Μετεωρολογικών Δορυφόρων (EUMETSAT). Πηγή των δεδομένων είναι το αρχείο του δορυφορικού σταθμού λήψης του Μετεωροσκοπείου του ΑΠΘ. Πρόκειται για γεωστάσιμο δορυφόρο δεύτερης γενιάς (Meteosat Second Generation, MSG). Κύριο χαρακτηριστικό των γεωστάσιμων δορυφόρων είναι ότι έχουν την ίδια περίοδο περιστροφής με τη Γη, 24 ώρες, και κινούνται σε σταθερή απόσταση από τη Γη. Με τον τρόπο αυτό ο δορυφόρος βρίσκεται στάσιμος πάνω από μια συγκεκριμένη περιοχή της Γης. Ο συγκεκριμένος δορυφόρος βρίσκεται σε απόσταση 35800 km από την επιφάνεια της Γης.

Το βασικό όργανο ενός μετεωρολογικού δορυφόρου είναι το ραδιόμετρο. Σε αυτό φτάνει η ενέργεια που εκπέμπεται από τη Γη και την ατμόσφαιρα προς το διάστημα. Χωρική διακριτική ικανότητα ενός δορυφόρου είναι η ικανότητα του ανιχνευτή να διακρίνει δυο αντικείμενα που βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους και ποσοτικά ισούται με τη μικρότερη απόσταση που μπορούν να έχουν, ώστε οι διαστάσεις τους να διακρίνονται χωριστά και καθαρά. Επίσης, ορίζεται ως το ελάχιστο μέγεθος ενός αντικειμένου ώστε αυτό να μπορεί να ανιχνευθεί (Φείδας και Καρτάλης, 2003). Η χωρική διακριτική ικανότητα του δορυφόρου MSG2 ή (METEOSAT 9) είναι 3 km και η χρονική διακριτική ικανότητα (σχετίζεται με τη συχνότητα λήψης εικόνων για την ίδια περιοχή), 15 min. Στο ορατό κανάλι υψηλής ανάλυσης, HRV (High Resolution Visible), η χωρική διακριτική ικανότητα είναι 1 km.

Ο αισθητήρας του δορυφόρου καταγράφει ακτινοβολία προερχόμενη από την ατμόσφαιρα αλλά και την επιφάνεια της Γης. Με χρήση ειδικών φίλτρων, σε ορισμένες περιοχές του φάσματος αναλύεται η ενέργεια που φτάνει στο ραδιόμετρο, σε ενέργεια οφειλόμενη σε αντίστοιχες περιοχές του φάσματος. Η ενέργεια κάθε περιοχής μετατρέπεται σε ηλεκτρικό ρεύμα, η ένταση του οποίου είναι ανάλογη με την ενέργεια που δέχθηκε το ραδιόμετρο. Με διάφορες τεχνικές, η ενέργεια αυτή ψηφιοποιείται και εκπέμπεται για λήψη από τους σταθμούς λήψης. Αναλυτικά, οι περιοχές του φάσματος που χρησιμοποιούνται στη δορυφορική μετεωρολογία παρατίθενται στον πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1. *Εύρος μηκών κύματος, ενεργό μήκος κύματος και αντίστοιχη φασματική περιοχή των καναλιών του δορυφορικού αισθητήρα του Meteosat 9.*

Κανάλι	Εύρος μκ (μm)	Ενεργό μκ (μm)	Φασματική περιοχή
1	0.56-0.71	0.6	Ορατό (κόκκινο)
2	0.71-0.95	0.8	Εγγύς υπέρυθρο
3	1.44-1.79	1.6	Μέσο υπέρυθρο
4	3.40-4.20	3.9	Θερμικό υπέρυθρο
5	5.35-7.15	6.2	Υδρατμών
6	6.85-7.85	7.3	Υδρατμών
7	8.30-9.10	8.7	Θερμικό υπέρυθρο
8	9.46-9.94	9.7	Θερμικό υπέρυθρο (O3)
9	9.80-11.80	10.8	Θερμικό υπέρυθρο
10	11.0-13.0	12	Θερμικό υπέρυθρο
11	13.04-13.76	13.4	Θερμικό υπέρυθρο (CO2)
12	0.50-0.90	0.7	Υψηλής ανάλυσης ορατό (High Resolution Visible ή HRV)

3.1.2. Συνοπτικοί χάρτες

Τα δεδομένα των συνοπτικών χαρτών που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονται από την επανάληψη του NCEP και είναι διαθέσιμα από το NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>).

Πρόκειται για το πρωτογενές αρχείο που περιέχει τα δεδομένα της ζητούμενης χρονικής περιόδου.

Όσον αφορά τους χάρτες επιφανείας, προτιμάται η χρήση δεδομένων ανάλυσης και όχι προγνωστικών. Η προσέγγιση αυτή πλεονεκτεί ως προς το μεγάλο δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών στην Ευρώπη και ως προς τον ευκολότερο εντοπισμό των μετώπων. Η πηγή των δεδομένων είναι το Metoffice (http://www.wetter3.de/Archiv/archiv_ukmet.html).

3.1.3. Μέσης κλίμακας χάρτες

Τα μέσης κλίμακας δεδομένα περιλαμβάνουν προγνωστικά πεδία του περιοχικού, μη υδροστατικού μοντέλου SKIRON που ολοκληρώνεται στο ΑΠΘ. Η χωρική διακριτική ικανότητα του μοντέλου είναι 5 km. Συγκεκριμένα, οι χάρτες που μελετώνται είναι οι εξής:

- Πεδίο επιφανειακών ανέμων
- Χάρτης κατακόρυφων κινήσεων στο επίπεδο των 850hPa

3.2. Επεξεργασία δεδομένων

3.2.1. Επεξεργασία δορυφορικών δεδομένων

Τα πρωτογενή αρχεία των δορυφορικών δεδομένων είναι σε μορφή HRIT και LRIT και αντιστοιχούν σε κάθε pixel μιας δορυφορικής εικόνας για όλα τα κανάλια, ανά 15 λεπτά, για κάθε ημέρα ξεχωριστά. Η επεξεργασία και οπτικοποίηση των αρχείων αυτών πραγματοποιήθηκε από το λογισμικό XRIT2PIC (Xrit manual, 2008). Η πολυχρωματική απεικόνιση απαιτεί τη μετατροπή των αρχείων από HRIT ή LRIT μορφή σε HF5. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε από το λογισμικό EUMETCAST (version 2.4). Στη συνέχεια, η οπτικοποίηση των RGB δεδομένων έγινε από το λογισμικό MSGVIEW (version 3.4).

3.2.2. Επεξεργασία συνοπτικών χαρτών

Το πρωτογενές αρχείο των δεδομένων των συνοπτικών χαρτών οπτικοποιήθηκε με χρήση του λογισμικού GRADS. Τα όρια της περιοχής που επιλέχθηκαν είναι 10°W-35°E και 30°N-55°N με χρονικό βήμα έξι ωρών. Οι χάρτες που μελετήθηκαν στην εργασία είναι οι εξής:

- Χάρτης ανώτερης ατμόσφαιρας στο επίπεδο των 500hPa
- Χάρτης ανώτερης ατμόσφαιρας στο επίπεδο των 850hPa

3.2.3. Επεξεργασία χαρτών μέσης κλίμακας

Η εκτέλεση του μοντέλου SKIRON αρχικοποιείται με αναλύσεις της 12:00UTC της τρέχουσας ημέρας. Τα πρώτα δεδομένα που οπτικοποιούνται επιχειρησιακά αντιστοιχούν στις 18:00UTC(+6h), τα δεύτερα στις 24:00UTC(+12h) κτλ. Γνωρίζουμε ότι η μέγιστη προγνωσιμότητα του μοντέλου λαμβάνει χώρα στο διάστημα 6-15 ωρών. Δεδομένων των αδυναμιών του μοντέλου κατά το πρώτο εξάωρο εξαγωγής προγνωστικών δεδομένων, προτιμάται η χρήση δεδομένων του διαστήματος 6-24 ωρών. Συγκεκριμένα, γίνεται χρήση των εξής παραμέτρων:

- *Επιφανειακός άνεμος.* Σκοπός είναι ο εντοπισμός ζωνών σύγκλισης στην επιφάνεια αλλά και η συνεισφορά ανέμων τοπικής κλίμακας (ορογραφία-θαλάσσια αύρα) στο σχηματισμό νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης.
- *Κατακόρυφες κινήσεις στα 850hPa.* Πρόκειται για το αποτέλεσμα των συνοπτικών, αλλά και μέσης κλίμακας καταστάσεων. Οι ανοδικές κινήσεις αποτελούν το αναγκαίο στοιχείο για τη δημιουργία νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης.

3.3. Μεθοδολογία

Αναλυτικά, ακολουθούνται τα εξής βήματα:

- Στο πρώτο βήμα, πραγματοποιείται μια γενική κατηγοριοποίηση των 68 περιπτώσεων, που εξετάστηκαν με βάση τα αίτια γέννησης νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης θερμικής περιόδου της Ελλάδας. Η μελέτη πολυκυτταρικών συστημάτων που αποτελούνται από νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης, λαμβάνει χώρα σε ξεχωριστό κεφάλαιο. Στη συνέχεια, τα επόμενα βήματα, εφαρμόζονται για κάθε κατηγορία ξεχωριστά.
- Στο δεύτερο βήμα γίνεται εκτενής φωτοερμηνεία των δορυφορικών εικόνων. Αρχικά μελετώνται τα κανάλια του ορατού, του υπερύθρου και των υδρατμών, με σκοπό τον εντοπισμό των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης, τον προσδιορισμό τους αλλά και παροχή εκτιμήσεων σχετικά με παραμέτρους της μέσης-άνωτερης ατμόσφαιρας (υγρασία, αεροχείμαρρος). Στην κατεύθυνση αυτή, συμπληρωματικό εργαλείο αποτελεί η μελέτη των συνδυασμών RGB των προαναφερθέντων καναλιών του Meteosat. Η προσέγγιση αυτή παρέχει επίσης αποτελέσματα σχετικά με μικροφυσικές ιδιότητες των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης. Επίσης, αναφέρεται επιγραμματικά η παρουσία και των υπολοίπων νεφών που εντοπίζονται στις δορυφορικές εικόνες. Στη συνέχεια πραγματοποιείται λεπτομερής αναφορά των κοινών χαρακτηριστικών των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης με βάση τα κανάλια των δορυφορικών εικόνων που μελετήθηκαν προηγουμένως. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι η χρονική εξέλιξη της ανάπτυξης των κυττάρων, ο προσδιορισμός παραγόντων που ευνοούν τη γέννηση και διάλυσή τους καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, ο εντοπισμός περιοχών όπου ευνοείται ή όχι η δημιουργία τους, η μελέτη χαρακτηριστικών της κίνησής τους σε οριζόντιο επίπεδο (διασπορά-ταχύτητα-συγχωνεύσεις), η πιθανή εξέλιξή τους σε καταιγιδοφόρα νέφη κα. Χρήσιμο εργαλείο προς την κατεύθυνση αυτή αποτελεί η μελέτη της αλληλουχίας δορυφορικών εικόνων με τη μορφή animation.
- Στο τρίτο βήμα μελετώνται τα συνοπτικά χαρακτηριστικά των ημερών του κάθε κεφαλαίου, και με βάση τα κοινά στοιχεία τους λαμβάνει χώρα επιμέρους

κατηγοριοποίηση. Για κάθε ομάδα που προκύπτει, πραγματοποιείται λεπτομερής αναφορά των κοινών στοιχείων των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης και γίνεται προσπάθεια συσχέτισής τους με τα συνοπτικά χαρακτηριστικά. Επίσης, μελετώνται και μέσης κλίμακας χαρακτηριστικά, όπως η κατανομή των επιφανειακών ροών αλλά και των κατακόρυφων κινήσεων στο επίπεδο των 850hPa. Λαμβάνοντας κανείς υπόψη την ανομοιογένεια του ανάγλυφου της Ελλάδας, αλλά και τη σημασία των τοπικών παραγόντων στη διαμόρφωση του καιρού της χώρας τους θερινούς μήνες, αντιλαμβάνεται ότι πρόκειται για ένα από τα σημαντικότερα σημεία της παρούσας εργασίας.

4. Αποτελέσματα

Στο σημείο αυτό πραγματοποιείται η κύρια μελέτη της εργασίας. Μελετώνται συνολικά 68 ημέρες της περιόδου 9/5/2008-12/9/2008. Η εκτενής φωτοερμηνεία που ακολουθεί, αποσκοπεί στον εντοπισμό και καθορισμό του είδους των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης με απώτερο σκοπό την εύρεση των κοινών χαρακτηριστικών τους. Επίσης, δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στον κύκλο ζωής των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης. Πρόκειται για τη μελέτη της χωρικής αλλά και χρονικής κατανομής των νεφών αυτών καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους (γέννηση, διασπορά, διάλυση). Ένα ακόμα σημαντικό συστατικό της φωτοερμηνείας αποτελεί η εκτίμηση στοιχείων μικροφυσικής των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης με χρήση πολυχρωματικών καναλιών του Meteosat. Η χρήση συνοπτικών στοιχείων θεωρείται επιβεβλημένη, λόγω της διερεύνησης της επίδρασης ορισμένων ατμοσφαιρικών παραμέτρων κυρίως στην καθ' ύψος ανάπτυξη των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης. Λαμβάνοντας υπόψη και την ανομοιογένεια του ανάγλυφου της Ελλάδας και επομένως τους τοπικούς παράγοντες (ορογραφία-θαλάσσια αύρα), γίνεται μια προσπάθεια εξαγωγής συμπερασμάτων σχετικά με το ρόλο της Πίνδου αλλά και άλλων ορεινών όγκων της χώρας στη διαμόρφωση του καιρού της Ελλάδας τους θερινούς μήνες. Τέλος, μελετάται και η επίδραση της θαλάσσιας αύρας στη γέννηση νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης σε παράκτιες περιοχές.

4.1. Κατακόρυφες αναπτύξεις θερμικής προέλευσης

Αρχικά μελετώνται οι περιπτώσεις εμφάνισης νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης θερμικής προέλευσης. Προκύπτουν 17 περιπτώσεις. Η θερμική αστάθεια που σε ορισμένες περιπτώσεις είναι έντονη, καθίσταται δυνατή από μόνη της να οδηγήσει σε ανοδικές κινήσεις ικανές για την ανύψωση του αέρα και τη γέννηση νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης ακόμα και πάνω από πεδινές περιοχές. Η αρχική όμως ανύψωση του αέρα λαμβάνει χώρα πάντα σε περιοχές μεγαλύτερου υψομέτρου, λόγω της μικρότερης ενέργειας που απαιτείται. Ο μηχανισμός της ορογραφίας παίζει δευτερεύοντα ρόλο στο κεφάλαιο αυτό, κυρίως λόγω των ενισχυμένων επιφανειακών ανέμων στον κεντρικό ηπειρωτικό κορμό. Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο που μελετάται στο κεφάλαιο αυτό είναι η θαλάσσια αύρα και γέννηση νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης σε παράκτιες περιοχές. Κύριο ρόλο παίζει η κατακόρυφη κατανομή της θερμοκρασίας και της υγρασίας, αλλά και οι συνοπτικοί παράγοντες που ευνοούν την αστάθεια. Στις περισσότερες περιπτώσεις που εξετάζονται πρόκειται για διάσπαρτα νέφη Cu, TCu και σε αρκετές περιπτώσεις Cb.

4.1.1. Αναλυτική περιγραφή των περιπτώσεων

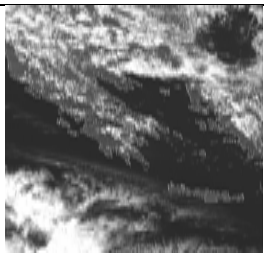
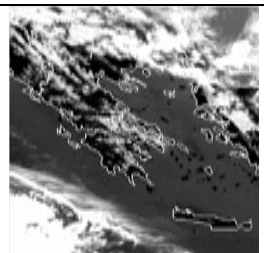
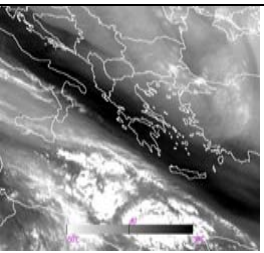
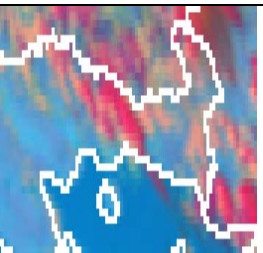
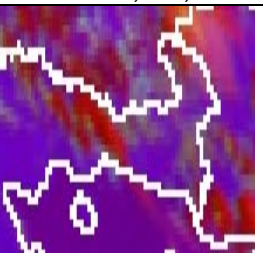
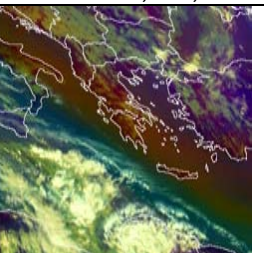
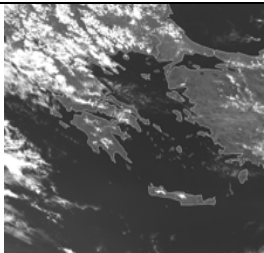
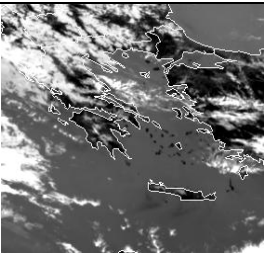
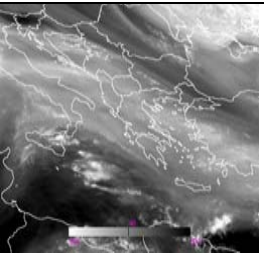
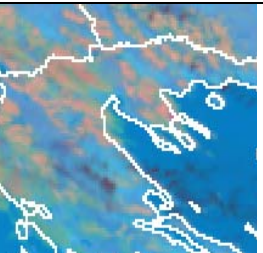
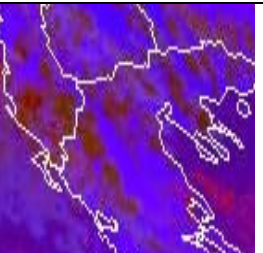
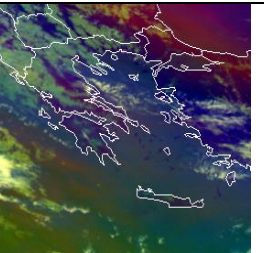
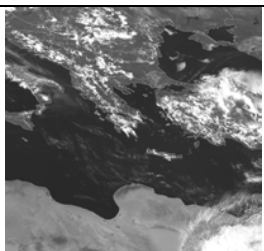
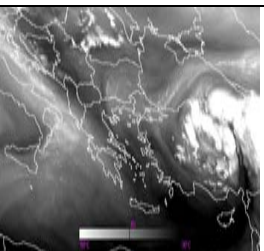
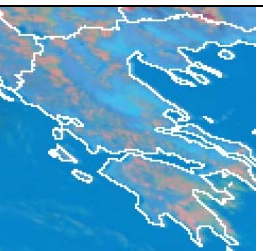
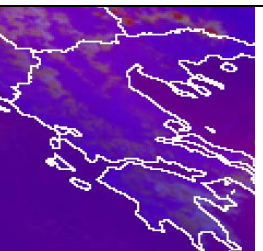
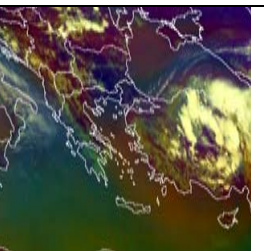
Στο σχήμα 4.1. παρουσιάζεται η φωτοερμηνεία των δορυφορικών εικόνων του MSG για τις περιπτώσεις που εξετάζονται. Πρόκειται για εικόνες στα κανάλια του ορατού υψηλής ανάλυσης (HRV), του θερμικού υπερύθρου (IR10.8) και του καναλιού απορρόφησης των υδρατμών (WV6.2). Στην περίπτωση που λείπει ένα κανάλι τότε αυτό αντικαθίσταται από το αντίστοιχο κανάλι του ορατού (VIS0.6, VIS0.8), του υπερύθρου (IR13.4, IR9.7 ή IR8.7) ή των υδρατμών (WV7.3). Στις υπόλοιπες τρεις στήλες παρέχονται δορυφορικές εικόνες των πολυχρωματικών καναλιών (RGB). Πρόκειται για τους συνδυασμούς 2-4-9 (Day microphysical), 5-6,4-9,3-1 (Convective storms) και 5-6,8-9,5i (Airmass). Σκοπός της

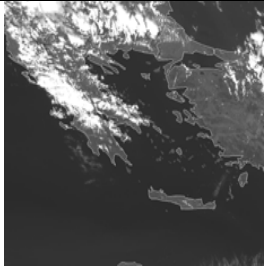
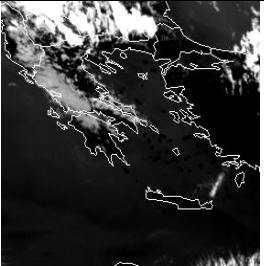
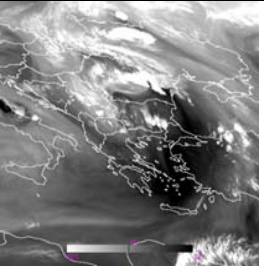
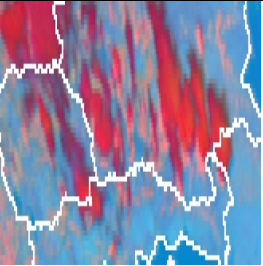
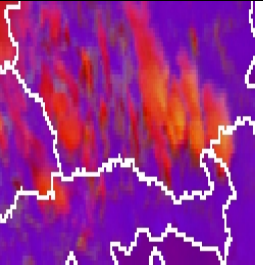
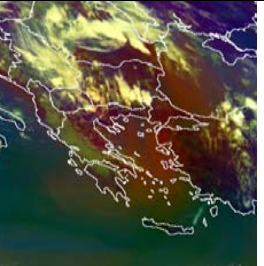
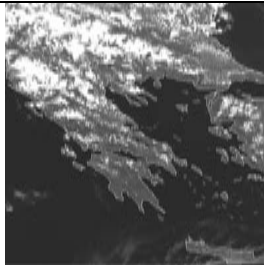
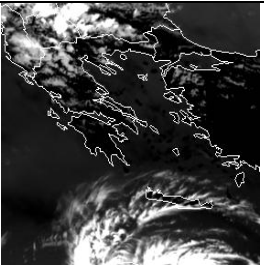
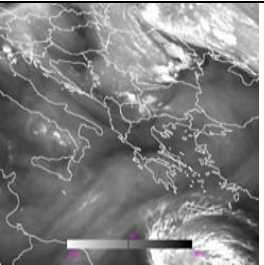
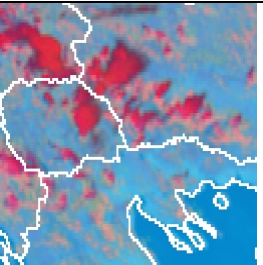
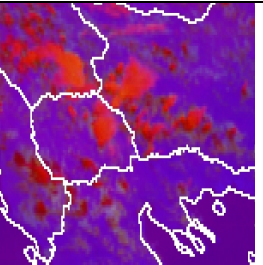
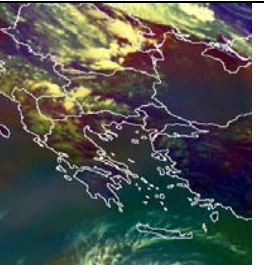
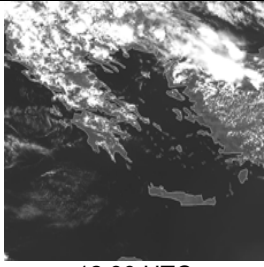
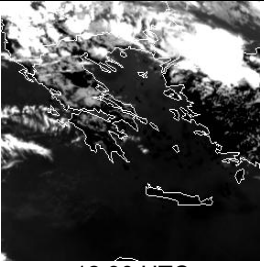
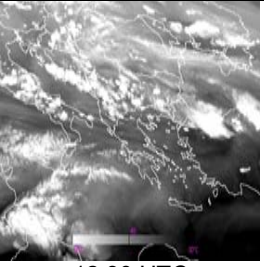
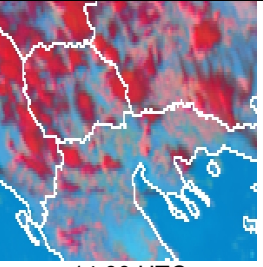
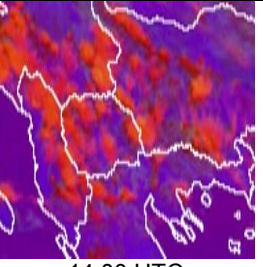
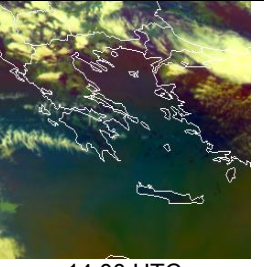
προσέγγισης αυτής είναι αφενός ο εντοπισμός των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης (ορατό), αφετέρου ο προσδιορισμός τους (Cu, TCu ή Cb) μέσω της εκτίμησης της θερμοκρασίας των κορυφών τους (υπερύθρο). Στην τέταρτη στήλη παρατίθεται η εικόνα στο κανάλι των υδρατμών. Σκοπός είναι αρχικά η διερεύνηση της συμβολής των υδρατμών της μέσης και ανώτερης ατμόσφαιρας στην ανάπτυξη νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης. Όπως προαναφέρθηκε, οι περιοχές εμφάνισης των πρώτων κυττάρων που είναι δυνατό να οδηγήσουν στην ανάπτυξη νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης, ακόμα και διάσπαρτων καταιγιδοφόρων νεφών, ευνοείται στα όρια μεταξύ ξηρών και υγρών περιοχών. Επίσης γίνεται μια προσπάθεια εκτίμησης της επίδρασης του αεροχειμάρρου (ξηρές περιοχές) αλλά και των στροβίλων της μέσης και ανώτερης ατμόσφαιρας. Τέλος, η μελέτη των πολυχρωματικών καναλιών δίνει σημαντικές πληροφορίες για το είδος των νεφών, το ύψος των κορυφών τους αλλά και τη σύστασή τους.

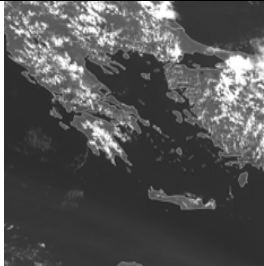
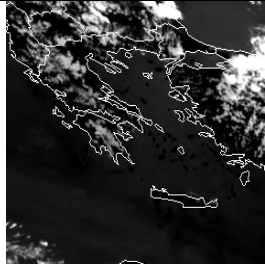
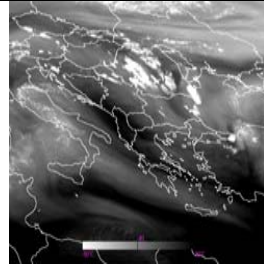
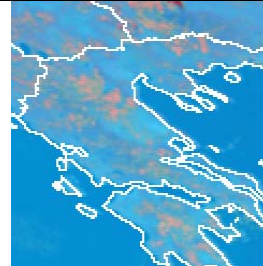
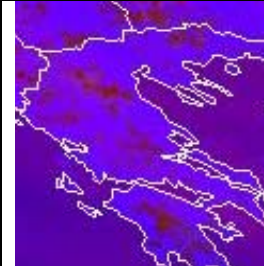
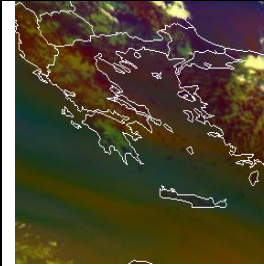
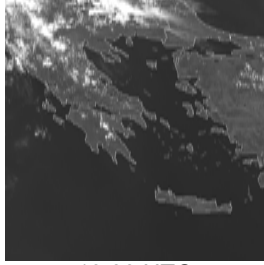
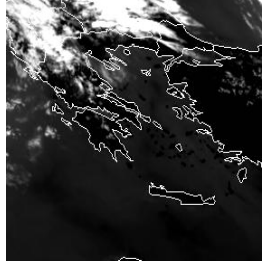
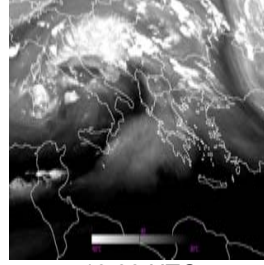
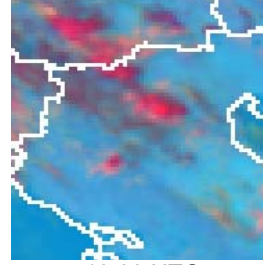
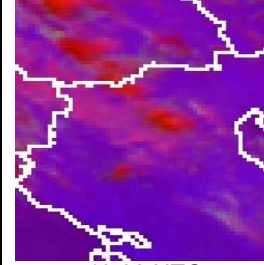
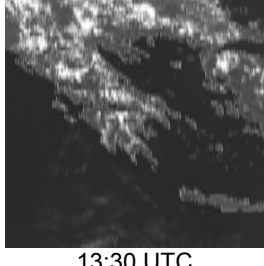
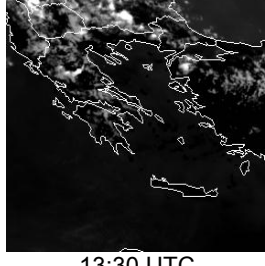
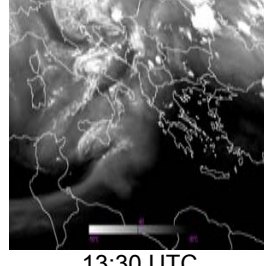
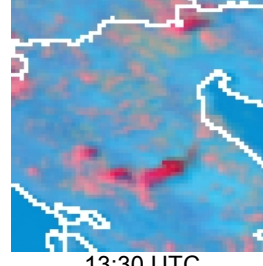
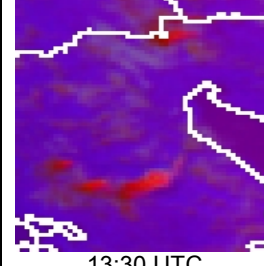
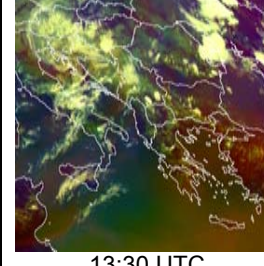
Επειδή ο κύκλος ζωής των νεφών διαρκεί αρκετές ώρες, στην αριστερή στήλη αναγράφεται η ώρα δημιουργίας των πρώτων κυττάρων αλλά και η ώρα διάλυσης των τελευταίων. Η δορυφορική εικόνα που παρατίθεται, αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή της ημέρας που έλαβε χώρα η μέγιστη νεφοκάλυψη στην περιοχή μελέτης. Η αντίστοιχη ώρα λήψης αναγράφεται κάτω από κάθε εικόνα. Λόγω της προσέγγισης αυτής, κάποια νέφη δεν εμφανίζονται καθόλου στην παρατιθέμενη δορυφορική εικόνα ή είναι δυνατό να εμφανίζονται σε οποιοδήποτε στάδιο του κύκλου ζωής τους. Η κατάσταση αυτή αντιμετωπίζεται επαρκώς με την παράθεση διαδοχικών δορυφορικών εικόνων (animation). Τέλος, γίνεται εντοπισμός και αναγνώριση και άλλων νεφών στις δορυφορικές εικόνες είτε αυτά ανήκουν στην κατηγορία νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης είτε όχι.

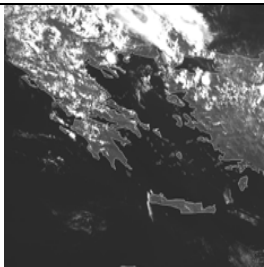
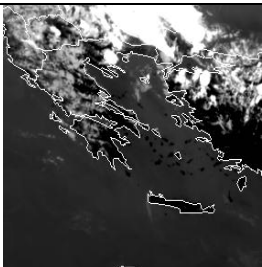
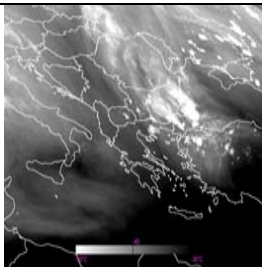
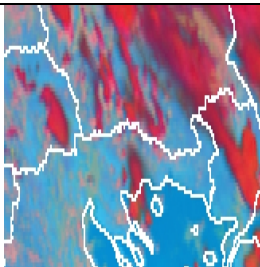
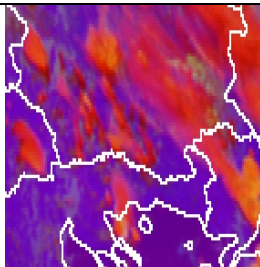
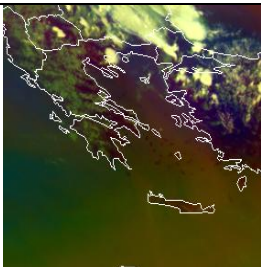
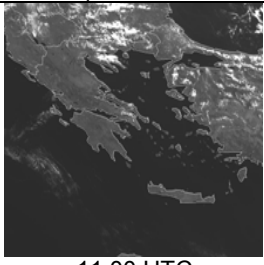
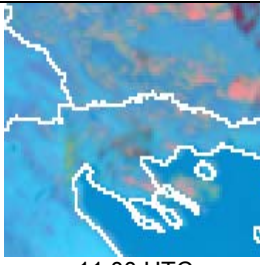
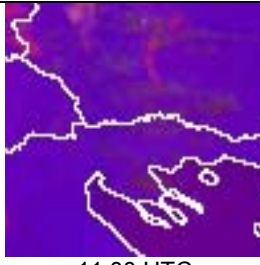
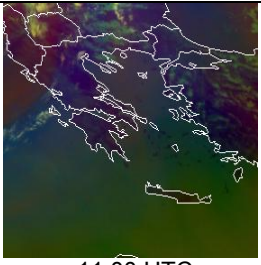
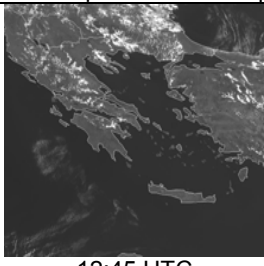
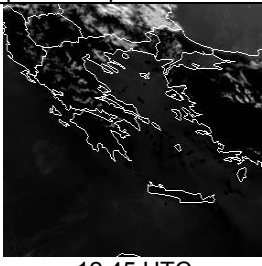
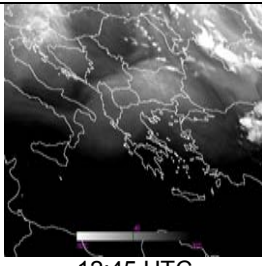
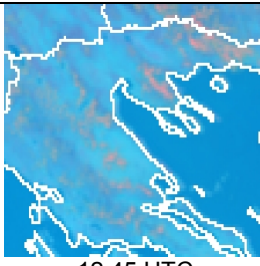
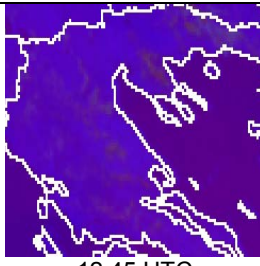
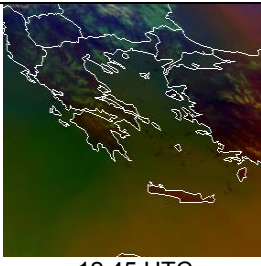
Αξίζει να αναφερθεί ότι σε λίγες περιπτώσεις παρατηρείται μια μικρή διαφοροποίηση των ωρών της εικόνας RGB, κυρίως του συνδυασμού 2-4-9, με τις αντίστοιχες του ορατού και του υπερύθρου, λόγω ορισμένων δυσκολιών που αντιμετωπίστηκαν στη μετατροπή των πρωτογενών αρχείων (hrit) σε HF5 μέσω του λογισμικού EUMETCAST. Τέλος, επιχειρείται πιο λεπτομερής μελέτη ορισμένων νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης, κυρίως TCu ή Cb, των συνδυασμών RGB, 2-4-9 και 5-6, 4-9, 3-1 κάνοντας επιλεκτικές μεγεθύνσεις (zoom). Όσον αφορά στο συνδυασμό 5-6, 8-9, 5i, η δορυφορική εικόνα που εμφανίζεται καλύπτει μεγαλύτερες εκτάσεις, με σκοπό τον εντοπισμό παραγόντων μεγαλύτερης κλίμακας. Πρόκειται για μέτωπα, αεροχειμάρρους, ψυχρές- θερμές αέριες μάζες αλλά και περιοχές σημαντικής θετικής μεταφοράς στροβιλισμού.

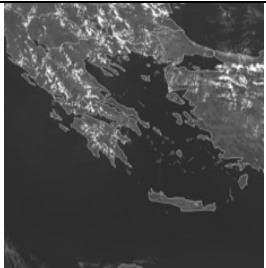
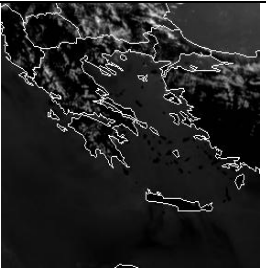
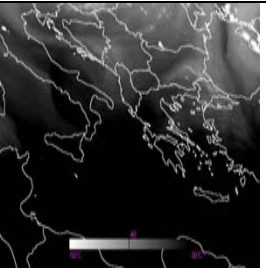
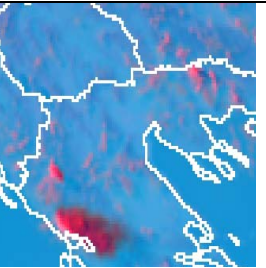
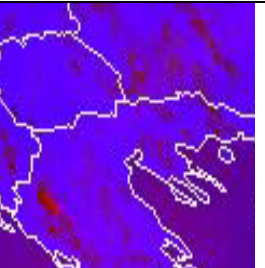
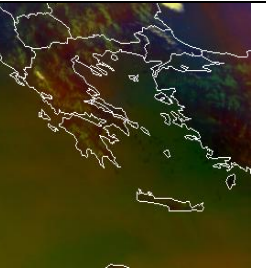
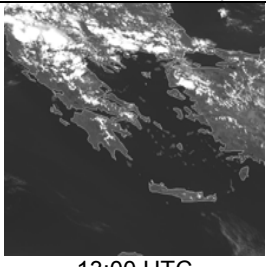
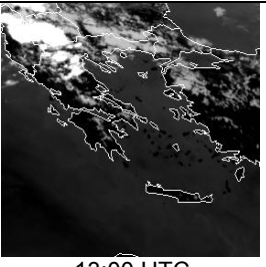
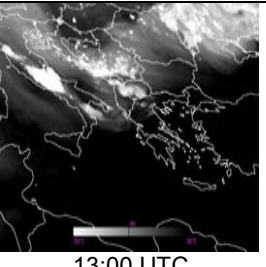
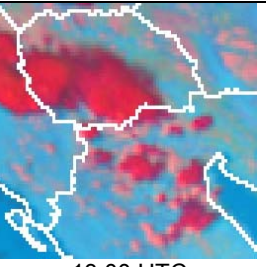
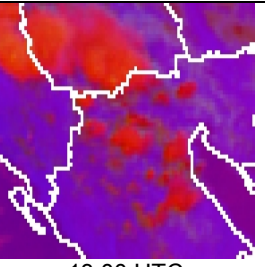
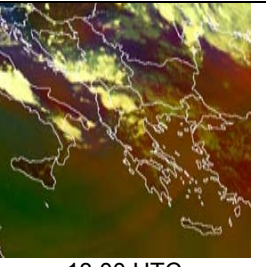
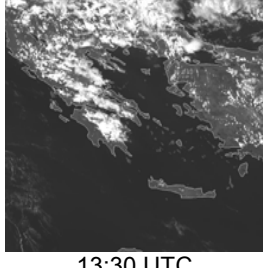
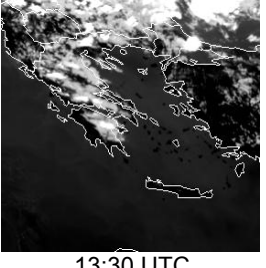
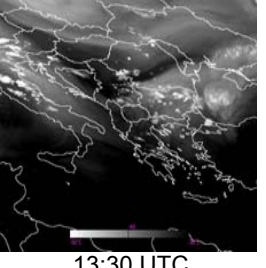
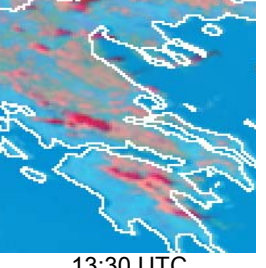
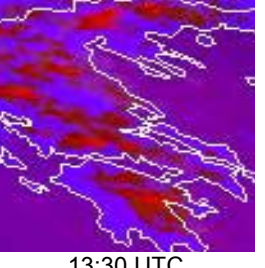
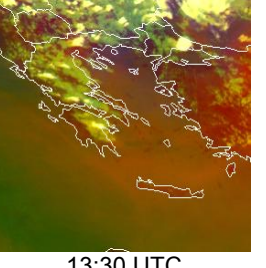
Σχήμα 4.1. Δορυφορικές εικόνες στο κανάλι HRV και είδη νεφών που υπάρχουν τις ημέρες εμφάνισης αναπτύξεων θερμικής προέλευσης.

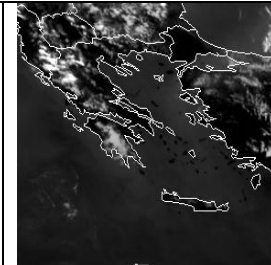
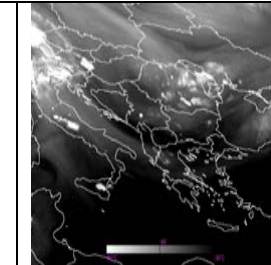
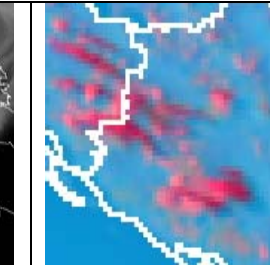
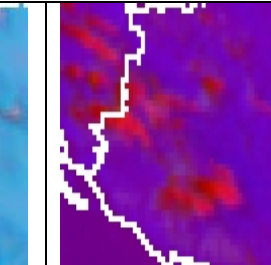
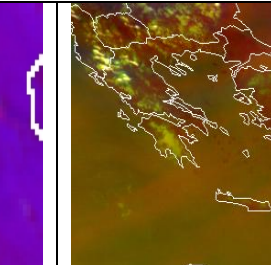
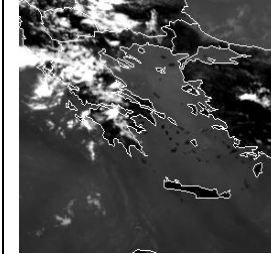
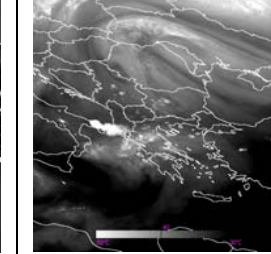
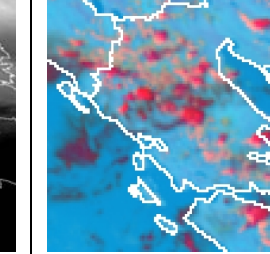
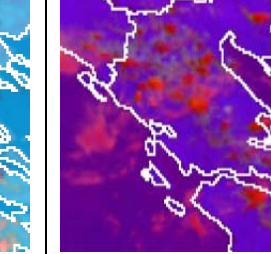
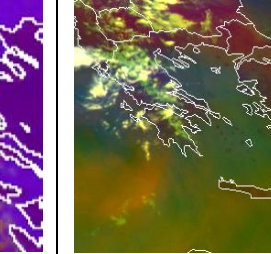
Ημέρες	Ορατό HRV	Υπέρυθρο IR 10.8	Υδρατμών WV 6.2	Day microphysical RGB 2-4-9	Convective storms RGB 5-6,4-9,3-1	Airmass RGB 5-6,8-9,5i
9/5/2008 Από 07:30 UTC ως 21:00 UTC	 11:45 UTC	 11:45 UTC	 11:45 UTC	 11:45 UTC	 11:45 UTC	 11:45 UTC
Cu στα ηπειρωτικά. Επίσης TCu+Cb+Ci+Cs στα ΒΑ.						
12/5/2008 Από 07:00 UTC ως 19:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC
Sc+Ac+Cu+TCu στα ηπειρωτικά. Αραιά Ci στο κεντρικό και βόρειο Αιγαίο. Sc στο Ιόνιο.						
15/5/2008 Από 06:30UTC ως 18:00UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC
Cu+TCu στα ηπειρωτικά, κυρίως ορεινά.						

22/5/2008 Από 07:00 UTC ως 19:00 UTC	 12:45 UTC	 12:45 UTC	 12:45 UTC	 12:45 UTC	 12:45 UTC	 12:45 UTC
Cu+Sc στα ηπειρωτικά. Επίσης Cu+TCu στα βόρεια και Cb στα βόρεια. Κυματοειδή νέφη στην ανατολική Πίνδο.						
23/5/2008 Από 08:00 UTC ως 20:00 UTC	 11:00 UTC	 11:00 UTC	 11:00 UTC	 11:00 UTC	 11:00 UTC	 11:00 UTC
Cu+Sc στα ηπειρωτικά, κυρίως ΒΔ. Επίσης αραϊά Ci στην Κρήτη.						
8/6/2008 Από 07:00 UTC ως 24:00 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 14:00 UTC	 14:00 UTC	 14:00 UTC
Διάσπαρτα Cu+Sc στα ηπειρωτικά. Επιπλέον TCu+Cb στα βόρεια, Ci+Cs στα ΒΑ και αραϊά Ci στο Ιόνιο.						

10/6/2008 Από 07:00 UTC ως 20:00 UTC	 12:15 UTC	 12:15 UTC	 12:15 UTC	 12:15 UTC	 12:15 UTC	 12:15 UTC
Διάσπαρτα Cu+Sc+TCu στα ηπειρωτικά.						
12/6/2008 Από 08:30 UTC ως 19:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC
Cu+Ac στα ηπειρωτικά και επιπλέον TCu+Cb στα ΒΔ. Αραιά Ci στη Θεσσαλία.						
14/6/2008 Από 07:30 UTC ως 24:00 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC
Διάσπαρτα Cu+TCu στα ηπειρωτικά. Cb στον Όλυμπο.						

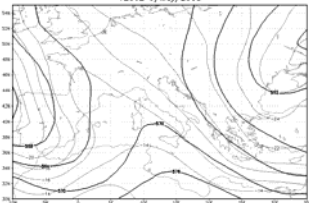
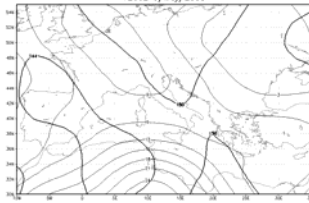
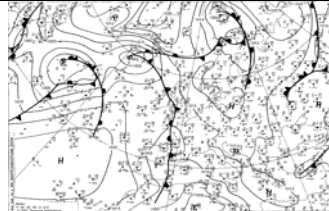
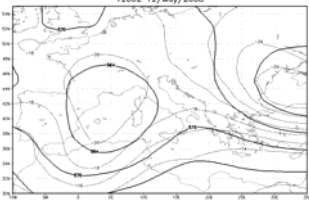
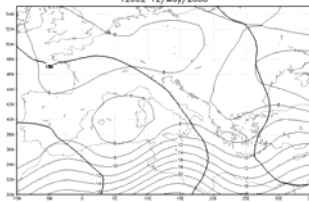
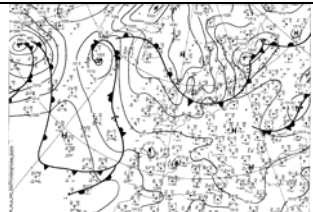
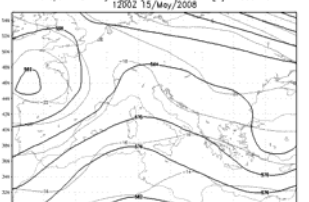
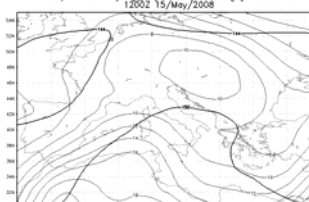
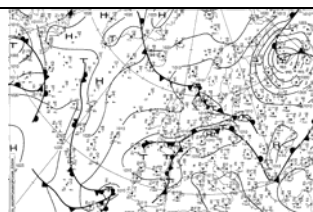
15/6/2008 Από 06:00 UTC ως 19:30 UTC	 10:00 UTC	 10:00 UTC	 10:00 UTC	 10:00 UTC	 10:00 UTC	 10:00 UTC
Διάσπαρτα Cu+Sc+TCu στα ηπειρωτικά. Cb στη Χαλκιδική.						
16/6/2008 Από 07:30 UTC ως 16:00 UTC	 11:00 UTC	 11:00 UTC	 11:00 UTC	 11:00 UTC	 11:00 UTC	 11:00 UTC
Διάσπαρτα Cu στα ΒΑ ηπειρωτικά. Αραιά Ci στο Ιόνιο.						
20/6/2008 Από 08:00 UTC ως 17:30 UTC	 12:45 UTC	 12:45 UTC	 12:45 UTC	 12:45 UTC	 12:45 UTC	 12:45 UTC
Διάσπαρτα Cu στα ηπειρωτικά. Κυψελοειδή νέφη κλειστού τύπου στα ΒΑ ηπειρωτικά.						

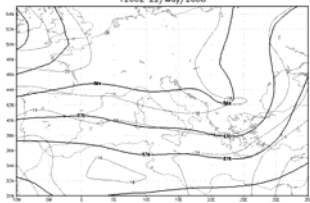
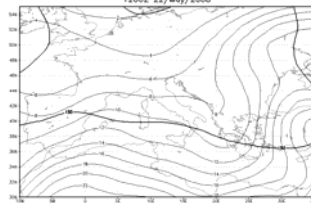
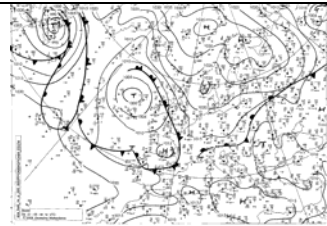
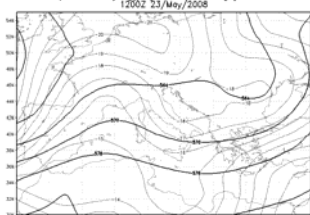
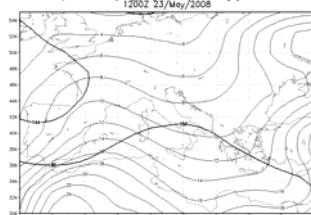
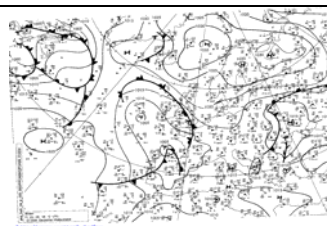
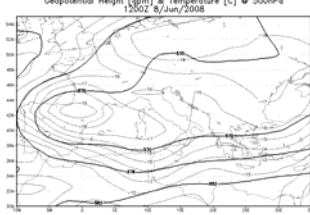
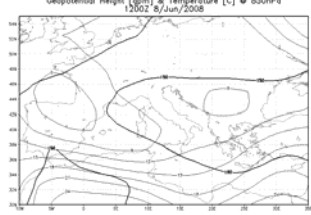
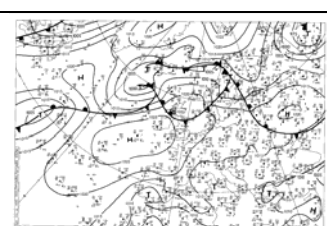
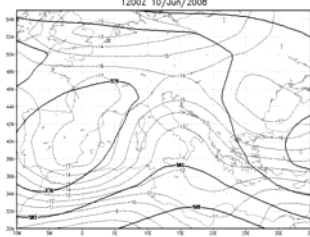
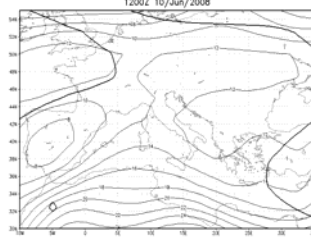
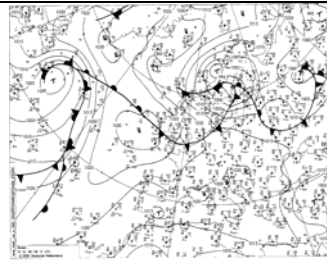
21/6/2008 Από 07:30 UTC ως 18:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:45 UTC	 13:45 UTC	 13:45 UTC
Διάσπαρτα Cu στα ηπειρωτικά. TCu στα δυτικά ορεινά.						
27/7/2008 Από 08:00 UTC ως 24:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC
Διάσπαρτα Cu+TCu στα ηπειρωτικά. Sc στα ΒΑ. Cb στα ΒΔ και στον Όλυμπο.						
28/7/2008 Από 07:30 UTC ως 18:00 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC
Διάσπαρτα Cu+TCu στα ηπειρωτικά. Διάσπαρτα Cb στα ορεινά. As στα ηπειρωτικά.						

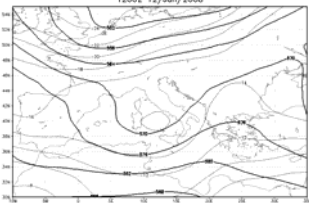
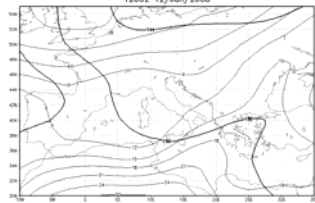
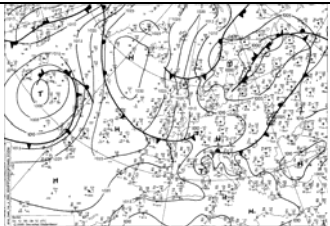
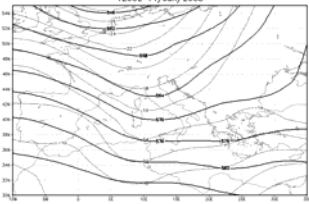
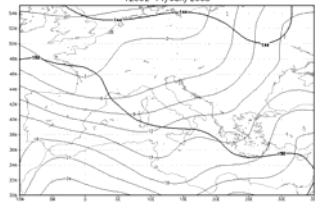
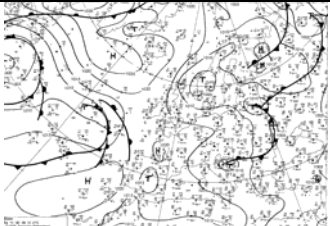
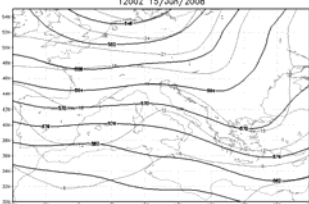
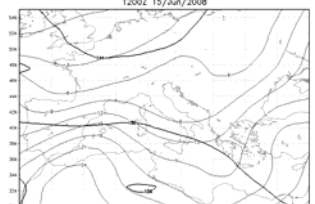
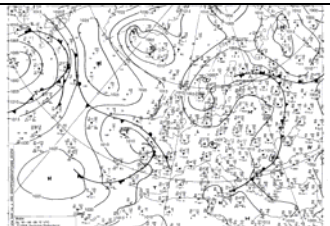
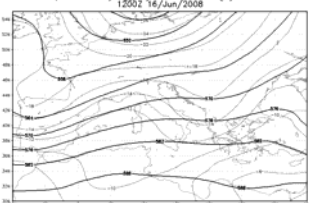
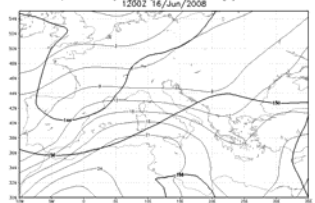
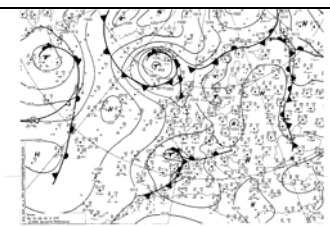
29/7/2008 Από 07:30 UTC ως 18:00 UTC	 14:15 UTC	 14:15 UTC	 14:15 UTC	 14:15 UTC	 14:15 UTC	 14:15 UTC
Cu+TCu στα ηπειρωτικά. Cb στα ΒΔ. Ας στην Πελοπόννησο. Αραιά Ci στο νότιο Ιόνιο.						
3/9/2008 Από 08:00 UTC ως 19:30 UTC	 VIS 0.6 / 12:45 UTC	 12:45 UTC	 12:45 UTC	 12:45 UTC	 12:45 UTC	 12:45 UTC
Διάσπαρτα Cu+TCu+Cb στα ηπειρωτικά. Επίσης Ας στα ηπειρωτικά και το Ιόνιο και Ci (αραιά και παχιά) στο Ιόνιο.						

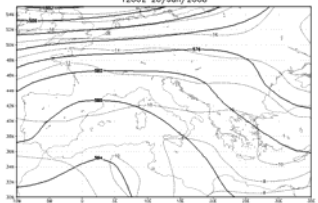
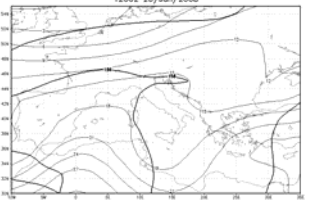
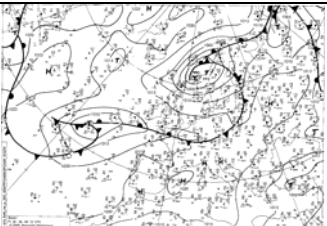
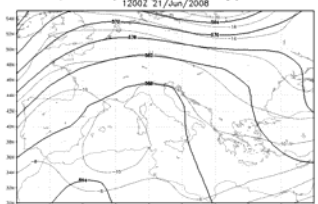
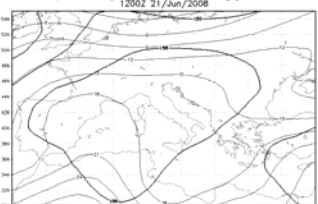
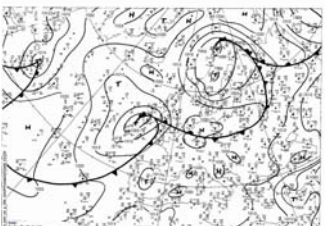
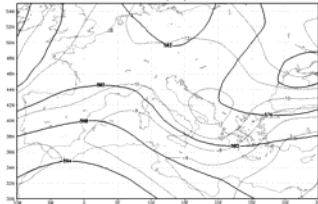
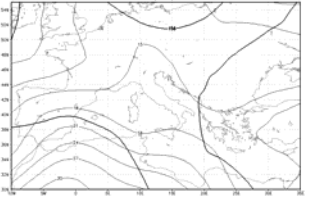
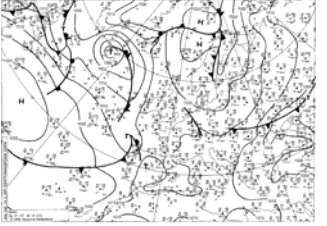
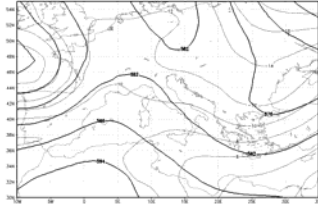
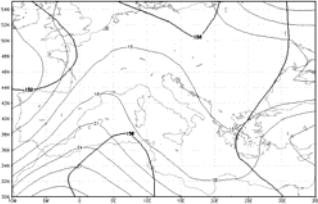
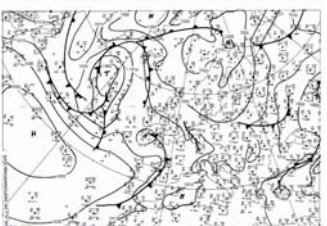
Στη συνέχεια γίνεται η μελέτη των χαρτών συνοπτικής κλίμακας για τις περιπτώσεις που εξετάζονται. Οι χάρτες που παρατίθενται στο σχήμα 4.2 αντιστοιχούν στις 12:00 UTC, επειδή στην κατηγορία των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης θερμικής προέλευσης η μέγιστη ανάπτυξη παρατηρείται τις μεσημβρινές-απογευματινές ώρες. Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί ότι κριτήριο των περιπτώσεων που διαπιστώνεται ύπαρξη θερμικών μεταφορών είναι η διαφορά θερμοκρασίας κατά τις τελευταίες 12 ώρες της ημέρας που εξετάζεται. Μια θερμική μεταφορά θεωρείται σημαντική και καταγράφεται, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μιας περιοχής κατά το τελευταίο 12ωρο είναι μεγαλύτερη από 2°C (Κοτρώνης κ.α. , 1996). Επίσης, αξιόλογες σημαντικές μεταφορές προκύπτουν και όταν υπάρχει σημαντική στροφή των ανέμων καθ' ύψος.

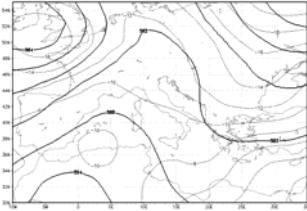
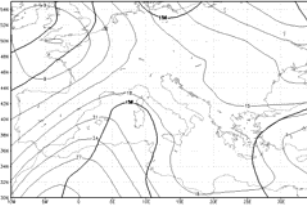
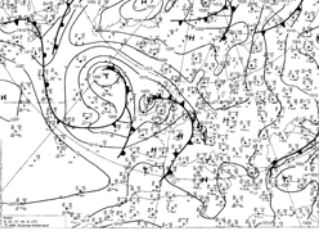
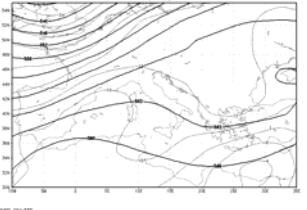
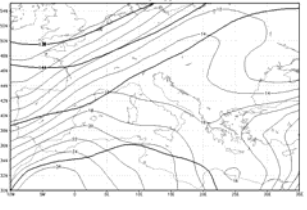
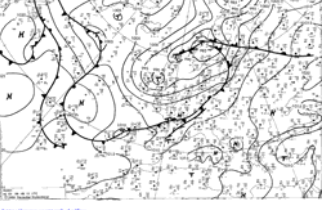
Σχήμα 4.2. Συνοπτικά χαρακτηριστικά των ημερών εμφάνισης αναπτύξεων θερμικής προέλευσης.

Ημέρα	500hPa	850hPa	Επιφάνεια
9/5/2008	 Έξαρση στην Ιταλία. ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΑ λόγω χαμηλού στην ανατολική Ευρώπη. Θέρμανση από τα δυτικά 2°C/12 ώρες.	 Β-ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΑ (6°C). Θέρμανση 2°C/12 ώρες.	 Νότια επέκταση αντικυκλώνα βόρειας Ευρώπης. Υψηλές πιέσεις στην Ελλάδα. Άνεμοι δυτικών διευθύνσεων μέχρι μέτριοι.
12/5/2008	 Έξαρση στο Ιόνιο. ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΑ λόγω χαμηλού στη Μαύρη Θάλασσα. Θέρμανση από τα δυτικά 2°C/12 ώρες.	 Α-ΒΑ άνεμοι. Η ισόθερμη 6°C διέρχεται από τα βόρεια Θέρμανση 2,5°C/12 ώρες.	 Ομαλό πεδίο πιέσεων. Άνεμοι βορείων διευθύνσεων. Ασθενείς ετησίες στο Αιγαίο.
15/5/2008	 Έξαρση στην Ιταλία. ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Θέρμανση από τα ΝΔ 2°C/12 ώρες.	 Β-ΒΑ άνεμοι. Ψυχρή «γλώσσα» από τα ΒΑ. Όχι αξιόλογες μεταβολές.	 Ομαλό πεδίο πιέσεων. Άνεμοι βορείων-βορειοδυτικών διευθύνσεων. Ασθενείς ετησίες στο Αιγαίο.

22/5/2008	 Αυλώνας βόρεια της Ελλάδας που συνοδεύεται από ψυχρό αέρα (-18°C). Άνεμοι δυτικών διευθύνσεων στη χώρα. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Δυτική ροή άνεμοι στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΔ (8°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Χαμηλές πιέσεις στην Τουρκία και αντικυκλώνας νότια της Ελλάδας. Δυτικοί άνεμοι στη χώρα.
23/5/2008	 Αυλώνας βόρεια της Ελλάδας που συνοδεύεται από ψυχρό αέρα (-19°C). Δ-ΝΔ ροή στη χώρα. Ομαλό πεδίο ισόθερμων. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Άνεμοι δυτικών διευθύνσεων στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΔ (10°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Αντικυκλώνας νότια της χώρας. Υψηλές πιέσεις στην Ελλάδα. Επικρατούν άνεμοι δυτικών διευθύνσεων στη χώρα.
8/6/2008	 Ζωνική ροή στην Ελλάδα. Διέλευση ψυχρής μάζας (-17°C) στη βόρεια Ελλάδα. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Δ-ΝΔ ροή στην Ελλάδα. Ψυχρή λίμνη στα Βαλκάνια (9°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Ομαλό πεδίο πιέσεων. Άνεμοι δυτικών διευθύνσεων στην Ελλάδα.
10/6/2008	 Έξαρση στη νότια Ιταλία. Β-ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΑ. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Ασθενής Β-ΒΑ ροή. Ομαλό πεδίο ισόθερμων. Η ισόθερμη 12°C διέρχεται από τα κεντρικά και βόρεια. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Αντικυκλώνας στα Βαλκάνια. Χαμηλές πιέσεις στην Τουρκία. Επηρεάζει άνεμοι.

12/6/2008	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 500hPa 1200Z 12/Jun/2008  Αυλώνας στην κεντρική Μεσόγειο που συνοδεύεται από ψυχρή λίμνη (-16°C). Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΔ. Έξαρση στην ανατολική Ελλάδα. Δ-ΝΔ ροή στη χώρα. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 850hPa 1200Z 12/Jun/2008  Δυτική ροή στην Ελλάδα. Η ισόθερμη 15°C διέρχεται από τα βόρεια. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Μετωπική δραστηριότητα στα Βαλκάνια. Ομαλό πεδίο πιέσεων στην Ελλάδα. Άνεμοι δυτικών διευθύνσεων μέχρι μέτριοι.
14/6/2008	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 500hPa 1200Z 14/Jun/2008  Ζωνική ροή στην Ευρώπη. Αυλώνας στην Ιταλία. Δυτική ροή στην Ελλάδα. Ομαλό πεδίο ισόθερμων. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 850hPa 1200Z 14/Jun/2008  Δυτικοί άνεμοι στη χώρα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΔ (12°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Μετωπική δραστηριότητα στα Βαλκάνια. Στην Ελλάδα ομαλό το πεδίο των πιέσεων. Άνεμοι δυτικών διευθύνσεων μέχρι μέτριοι.
15/6/2008	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 500hPa 1200Z 15/Jun/2008  Ζωνική ροή. Αυλώνας ανατολικά της Ελλάδας που συνοδεύεται από χαμηλές θερμοκρασίες (-16°C). Άνεμοι Δ-ΒΔ στη χώρα.	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 850hPa 1200Z 15/Jun/2008  Δ-ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΔ (10°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Αντικυκλώνας νότια της Ιταλίας. Ουρά ψυχρού μετώπου στη βόρεια Ελλάδα. Δυτικοί άνεμοι, μέτριοι-ισχυροί.
16/6/2008	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 500hPa 1200Z 16/Jun/2008  Ζωνική ροή στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΔ. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 850hPa 1200Z 16/Jun/2008  Δυτικοί άνεμοι στη χώρα. Η ισόθερμη 12°C διέρχεται από τα βόρεια. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Αντικυκλώνας νότια της Ελλάδας. Άνεμοι Δ-ΒΔ.

20/6/2008	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 500hPa 1200Z 20/Jun/2008  Ισχυροποίηση αντικυκλώνα Β.Αφρικής. ΒΔ ρεύμα στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΝΑ. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 850hPa 1200Z 20/Jun/2008  Α-ΒΑ ροή στην Ελλάδα. Η ισόθερμη 15°C διέρχεται από τα βόρεια. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Ομαλό πεδίο πιέσεων. Ετησίες άνεμοι.
21/6/2008	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 500hPa 1200Z 21/Jun/2008  Ισχυροποίηση αντικυκλώνα Β.Αφρικής. Έξαρση στην Ιταλία. ΒΔ ρεύμα στην Ελλάδα. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 850hPa 1200Z 21/Jun/2008  Α-ΒΑ ροή στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΑ (15°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Ομαλό πεδίο πιέσεων. Ετησίες άνεμοι.
27/7/2008	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 500hPa 1200Z 27/Jul/2008  Αντικυκλώνας στη βόρεια Αφρική. Χαμηλό στη Μαύρη θάλασσα. Αυλώνας στα δυτικά Βαλκάνια που συνδέεται με ψυχρή λίμνη (-12°C). Ψυχρή εισβολή από τα ΒΔ (4°C/12 ώρες). Άνεμοι δυτικών διευθύνσεων στην Ελλάδα.	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 850hPa 1200Z 27/Jul/2008  Άνεμοι μεταβλητών διευθύνσεων στην Ελλάδα. Η ισόθερμη 15°C διέρχεται από τη βόρεια Ελλάδα. Ψυχρή μεταφορά από τα βόρεια (2°C/12 ώρες).	 Ομαλό πεδίο πιέσεων. Άνεμοι Δ-ΒΔ στη χώρα.
28/7/2008	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 500hPa 1200Z 28/Jul/2008  Ισχυροποίηση αντικυκλώνα βόρειας Αφρικής. Σταδιακή απομάκρυνση χαμηλού ανατολικής Ευρώπης. Έξαρση στην Ιταλία. Αυλώνας στη βόρεια Ελλάδα που συνοδεύεται από χαμηλές θερμοκρασίες (-12°C). ΒΔ ροή στην Ελλάδα.	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 850hPa 1200Z 28/Jul/2008  Ασθενής ΒΑ ροή στην Ελλάδα. Η ισόθερμη 15°C διέρχεται από την κεντρική και βόρεια Ελλάδα. Ψυχρή μεταφορά από τα βόρεια (2°C/12 ώρες).	 Ομαλό πεδίο πιέσεων. ΒΔ άνεμοι στην Ελλάδα. Ασθενείς ετησίες στο Αιγαίο.

29/7/2008	 Ισχυροποίηση αντικυκλώνα βόρειας Αφρικής. Σταδιακή απομάκρυνση χαμηλού ανατολικής Ευρώπης. Έξαρση δυτικά της Ιταλίας. Αυλώνας στην κεντρική Ελλάδα. ΒΔ ροή στην Ελλάδα.	 A-BA ροή στην Ελλάδα. Η ισόθερμη 15°C διέρχεται από τη βόρεια Ελλάδα. Θερμή μεταφορά από τα ΝΔ (2°C/12 ώρες).	 Ετησίες άνεμοι.
3/9/2008	 Ασθενής αυλώνας στην κεντρική και βόρεια Ελλάδα που συνδέεται από χαμηλές θερμοκρασίες (-12°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Ασθενής ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Η ισόθερμη των 16°C διέρχεται από τη βόρεια Ελλάδα. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Αντικυκλώνας στην Ιταλία και τη ΒΔ Ελλάδα. Χαμηλές πιέσεις νοτιοανατολικά της χώρας. Ετησίες άνεμοι.

4.1.2. Περιγραφή των επικρατούντων καιρικών καταστάσεων

α. Χαρακτηριστικά στις δορυφορικές εικόνες

Από τη μελέτη των δορυφορικών εικόνων προκύπτουν αρκετές ομοιότητες των περιπτώσεων που εξετάζονται, αλλά παράλληλα παρατηρούνται και διαφορές. Καταρχήν, η εμφάνιση διάσπαρτων νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης, κυρίως Cu αλλά και Tcu, όπως και μεσαίων νεφών Ac εμφανίζεται σχεδόν σε όλες τις μέρες που εξετάζονται, κυρίως πάνω από ηπειρωτικές περιοχές της χώρας. Σε κάποιες περιπτώσεις παρατηρούνται και νέφη Sc, Ci και Cs (Σχήμα 4.1).

Επίσης, πολλές φορές παρατηρούνται αναπτύξεις πάνω από ορεινές περιοχές της Ελλάδας, όχι όμως αποκλειστικά, και επομένως δεν ταξινομούνται με βάση την κατηγορία των αναπτύξεων ορογραφικής προέλευσης. Οι αναπτύξεις που παρατηρούνται σε περιοχές χαμηλότερου υψομέτρου, δεν είναι αποτέλεσμα μόνο μεταφοράς αναπτύξεων από ορεινότερες περιοχές πρόκειται και για αναπτύξεις που η γέννησή τους λαμβάνει χώρα σε πεδινές περιοχές.

Η εικόνα στο κανάλι των υδρατμών δείχνει την παρουσία αεροχειμάρρου στις 9/5 (δυτικά-νότια), 12/5 (BA), 16/6 (δυτικά-κεντρικά) και 29/7 (βόρεια) λόγω των στενών εκτεταμένων ξηρών περιοχών της μέσης και ανώτερης τροπόσφαιρας. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει και από το πολυχρωματικό κανάλι «airmass» με τις περιοχές αυτές να εμφανίζονται με κόκκινες αποχρώσεις. Αιτία η μεγάλη συνεισφορά του κόκκινου (διαφορά καναλιών 5-6). Δεν φαίνεται να υπάρχει άμεση συσχέτιση του αεροχειμάρρου και των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης θερμικής προέλευσης.

Από τη φωτοερμηνεία δεν παρατηρείται συσχέτιση ανάπτυξης των πρώτων νεφικών κυττάρων στα όρια ξηρών-υγρών περιοχών της μέσης-ανώτερης ατμόσφαιρας. Εξάιρεση φαίνεται να αποτελούν οι περιπτώσεις των 8/6, 10/6, 27/7 και 29/7. Αντίθετα, η παρουσία των ανεπτυγμένων νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης, TCu και κυρίως Cb, φαίνεται να λαμβάνει χώρα εντός των περιοχών της μέσης-ανώτερης ατμόσφαιρας που χαρακτηρίζονται από υψηλή υγρασία.

Από τη μελέτη των εικόνων RGB και συγκεκριμένα το πολυχρωματικό κανάλι 2-4-9 (day microphysical) και σε συνδυασμό με το θεωρητικό κεφάλαιο 2.1.4, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα: Καταρχήν επιβεβαιώνεται η ύπαρξη Cb στις 9/5 (BA), 22/5 (BA), 8/6 (βόρεια), 12/6 (ΒΔ), 14/6 (Όλυμπος), 15/6 (Χαλκιδική), 27/7 (Όλυμπος, ΒΔ), 28/7 (δυτικά ορεινά), 29/7 (ΒΔ) και 3/9 (ηπειρωτικά). Ειδικά στις 15/6 φαίνονται ιδιαίτερα ανεπτυγμένα αφού εμφανίζονται με έντονο κεραμιδί χρώμα που αντιστοιχεί σε παγοκρυστάλλια μικρού μεγέθους, τυπικό χαρακτηριστικό των καταιγιδοφόρων νεφών. Κρίνεται όμως ανέφικτη η εκτίμηση της ροής των ανέμων της ανώτερης ατμόσφαιρας από τη σχήμα της κορυφής των νεφών αυτών. Τα TCu εμφανίζονται κοκκινωπά, απουσία όμως κεραμιδί αποχρώσεων ενώ το χαμηλά νέφη, Cu και Sc εμφανίζονται με ανοιχτές ροζ αποχρώσεις του γκρι.

Τα συμπεράσματα της μελέτης του συνδυασμού των διαφορών 5-6, 4-9, 3-1 (convective storms day) ταυτίζονται με αυτά του συνδυασμού «day microphysical», υπάρχει όμως μεγαλύτερη ευκρίνεια. Οι κίτρινες αποχρώσεις αντιστοιχούν σε καθ' ύψος ανεπτυγμένα νέφη με μεγάλο αριθμό παγοκρυσταλλίων μικρού μεγέθους. Για μεμονωμένα Cb του κεφαλαίου αυτού είναι πολύ δύσκολος ο εντοπισμός των περιοχών εντός του νέφους όπου υπάρχει μεγιστοποίηση των κίτρινων αποχρώσεων.

Όπως προαναφέρθηκε, ο συνδυασμός (airmass) δίνει πληροφορίες σχετικά με τη θέση του αεροχειμάρρου. Καταρχήν επιβεβαιώνεται η ύπαρξη αεροχειμάρρου σε προαναφερθείσες περιπτώσεις. Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο είναι η εκτίμηση της θερμοκρασίας των αερίων μαζών. Από τις τελευταίες ημέρες του Ιουνίου ως τις τελευταίες του Αυγούστου επικρατούν πάνω από την Ελλάδα πράσινες αποχρώσεις, δηλαδή θερμές αέριες μάζες στη μέση και ανώτερη τροπόσφαιρα. Το αντίθετο ισχύει για το Μάιο, το Σεπτέμβριο και τις περισσότερες ημέρες του Ιουνίου. Επίσης, μεγάλη είναι η συχνότητα εμφάνισης καταιγιδοφόρων νεφών εντός των μπλε (χαμηλή θερμοκρασία της μέσης-ανώτερης ατμόσφαιρας) περιοχών, με πιο χαρακτηριστικές περιπτώσεις τις 15/6 και 3/9 (Σχήμα 4.1).

Όσον αφορά στον κύκλο ζωής των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης των περιπτώσεων που εξετάζονται, προκύπτουν τα εξής χαρακτηριστικά: Καταρχήν, τα νέφη αυτά δημιουργούνται συνήθως τις πρωινές ώρες, γύρω στις 7:30-8:00 UTC. Τα πρώτα κύτταρα αναπτύσσονται αρχικά σε ορεινές περιοχές, λόγω μικρότερης ενέργειας που απαιτείται για ανύψωση, και στη συνέχεια και σε περιοχές με χαμηλότερο υψόμετρο.

Τα πρώτα κύτταρα δεν αναπτύσσονται κατά μήκος της κορυφογραμμής της Πίνδου, όπως συμβαίνει με το μηχανισμό της ορογραφίας αλλά κυρίως στις ανατολικές πλαγιές της Πίνδου, πλην της ομάδας Α του παρόντος κεφαλαίου, όπου η μορφή των κυττάρων είναι ακανόνιστη. Το γεγονός αυτό φαίνεται να σχετίζεται με τη διεύθυνση και της ένταση των επιφανειακών ανέμων, αλλά και την κατανομή υγρασίας και της θερμοκρασίας των κατώτερων ατμοσφαιρικών στρωμάτων.

Η διάρκεια ζωής των κυττάρων είναι 2-4 ώρες. Τα κύτταρα είτε διαλύονται είτε συγχωνεύονται με άλλα είτε αναπτύσσονται ως τη μεγιστοποίησή τους. Είναι δυνατό σε ένα πολύ ασταθές περιβάλλον να εξελιχθούν σε Cb. Δεν διαγράφουν συνήθως μεγάλες τροχιές μέχρι τη διάλυσή τους λόγω του μικρού χρόνου ζωής τους. Η μέγιστη ανάπτυξή τους λαμβάνει χώρα τις μεσημεριανές ώρες ενώ η διάλυσή τους αργά το απόγευμα, στις 19:00-20:00 UTC περίπου. Σε κάποιες περιπτώσεις όμως είναι δυνατό οι αναπτύξεις να υφίστανται μέχρι το βράδυ και μάλιστα τις ώρες αυτές να πραγματοποιηθεί η μέγιστη ανάπτυξή τους.

β. Συνοπτικά χαρακτηριστικά

Μια πιο λεπτομερής ανάλυση των δορυφορικών εικόνων, οδηγεί στη διαπίστωση σημαντικών διαφορών που αφορούν στο αίτιο δημιουργίας των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης, τη διασπορά τους αλλά και το είδος τους. Επομένως απαιτείται περαιτέρω κατηγοριοποίηση με βάση τη συνοπτική εικόνα των περιπτώσεων που εξετάστηκαν. Διακρίνονται οι παρακάτω κατηγορίες:

Α) Κύριο χαρακτηριστικό η ζωνική ροή στην Ελλάδα στα 500hPa

Η συνοπτική αυτή κατάσταση εμφανίζεται στις 22/5, 23/5, 8/6, 12/6, 14/6, 15/6, 16/6, και 3/9. Τα κυριότερα συνοπτικά χαρακτηριστικά είναι τα εξής:

- Η εικόνα στο επίπεδο των 500hPa χαρακτηρίζεται από την εξασθένηση του αντικυκλώνα της βόρειας Αφρικής. Επικρατεί Δ ή Δ-ΝΔ ροή στην Ελλάδα. Επίσης, παρατηρείται διέλευση ρηχών αυλώνων από την Ιταλία ή τη βόρεια Ελλάδα που συνδέονται και με διελεύσεις ψυχρών αερίων μαζών (από -12°C ως -17°C), οι οποίες όμως δεν οδηγούν σε ισχυρές θερμικές μεταφορές στο επίπεδο αυτό. Ο ψυχρός αυτός αέρας οδηγεί σε αύξηση της διαφοράς θερμοκρασίας του στρώματος 500-850hPa. Η διαφορά αυτή εκτιμάται στους $26-27^{\circ}\text{C}$, γεγονός ενδεικτικό για την ύπαρξη αστάθειας. Οι συνθήκες αυτές ευνοούν την ανάπτυξη καταιγιδόφωνων νεφών στις 22/5, 8/6 και 12/6 στα βόρεια, στις 14/6 στον Όλυμπο, στις 15/6 στα ορεινά της Χαλκιδικής και στις 3/9 στην Πίνδο.
- Οι άνεμοι στην Ελλάδα είναι δυτικών διευθύνσεων στο επίπεδο των 850hPa. Επίσης, είναι χαρακτηριστική η εικόνα των κατακόρυφων κινήσεων στα 850hPa (Σχήμα 4.3). Παρατηρείται μια χαρακτηριστική γραμμή ανοδικών κινήσεων στα δυτικά προσήνεμα της Πίνδου και καθοδικών στην υπήνεμη πλευρά. Επίσης ανοδικές κινήσεις παρατηρούνται στα ανατολικά προσήνεμα (ανατολική Θεσσαλία και Εύβοια), κυρίως ορεινά. Τέλος δεν παρατηρούνται αξιόλογες θερμικές μεταφορές στο επίπεδο αυτό.
- Η συνοπτική εικόνα στην επιφάνεια διαμορφώνεται από την ύπαρξη κλειστών βαρομετρικών χαμηλών κυρίως στην ανατολική Ευρώπη που συνοδεύονται από μετωπική δραστηριότητα. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων οι ουρές των μετώπων αυτών επηρεάζουν τα Βαλκάνια και μόνο στις 15/6 τη βόρεια Ελλάδα. Επίσης παρατηρείται ύπαρξη κλειστών αντικυκλωνικών συστημάτων είτε νότια (22/5 και 23/5) είτε ΝΔ (15/6) είτε δυτικά της Ελλάδας (16/6). Παρόλο που οι πιέσεις στην Ελλάδα είναι γενικά υψηλότερες από την Τουρκία, ο συνδυασμός παρουσιάζεται εξασθενημένος, με αποτέλεσμα την απουσία ετησιών ανέμων. Γενικά, πνέουν δυτικοί άνεμοι στην επιφάνεια.

Η σπουδαιότητα της τοπογραφίας στη μελέτη αυτή απαιτεί επιπλέον στοιχεία. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται τα μέσης κλίμακας δεδομένα ανάλυσης του αριθμητικού μοντέλου καιρού SKIRON με σκοπό να διερευνηθεί η επίδραση του ανάγλυφου στη δημιουργία αλλά και διασπορά των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης. Στην αριστερή στήλη του σχήματος 4.3 παρατίθεται το πεδίο των επιφανειακών ανέμων αφενός για τον εντοπισμό επιφανειακών συγκλίσεων και αφετέρου για τον προσδιορισμό της επίδρασης του ανέμου στα χαρακτηριστικά των νεφών. Στη δεξιά στήλη παρατηρείται το πεδίο των ανοδικών κινήσεων στο επίπεδο των 850hPa. Τα αντίστοιχα σχήματα παρατίθενται για όλες τις υπόλοιπες ομάδες της παρούσας ενότητας (4.1), καθώς και για τις ομάδες των παρακάτω δυο ενότητων (4.2 και 4.3) .

Λαμβάνοντας υπόψη τη συνοπτική αλλά και μέσης κλίμακας κατάσταση, προκύπτουν σημαντικά συμπεράσματα:

Καταρχήν, σύμφωνα με τη συνοπτική κατάσταση στο επίπεδο των 500hPa, η διέλευση ρηχών αυλών που συνοδεύονται από χαμηλές θερμοκρασίες ή η διέλευση ψυχρών αερίων μαζών στα ύψη αυτά, έχουν ως αποτέλεσμα τον εγκλωβισμό ψυχρών μαζών (Σχήμα 4.2), που σε συνδυασμό με τη θέρμανση των κατώτερων αερίων μαζών από το έδαφος αυτή την εποχή προκαλούν θερμοδυναμική αστάθεια η οποία ευνοεί τη δημιουργία αλλά και τη συντήρηση μεσαίων νεφών, αλλά και την ανάπτυξη καταγίδοφόρων νεφών. Όταν όμως αυτή η κατάσταση συνδυάζεται από διέλευση ψυχρών μαζών (8-10°C) στα κατώτερα στρώματα, πχ στις 22/5, 23/5 και 8/6, η αστάθεια στις περιοχές αυτές περιορίζεται και παρατηρείται ανάπτυξη νεφών Sc.

Επίσης, οι μικρής έντασης κυματώσεις στη μέση τροπόσφαιρα οδηγούν στη δημιουργία υψηλών νεφών Ci (23/5, 8/6, 12/6 και 16/6). Τα νέφη αυτά είναι αραιά όπως διαπιστώνεται εύκολα από το κανάλι HRV.

Από τη μελέτη του σχήματος 4.3 παρατηρείται ότι οι σημαντικότερες ανοδικές κινήσεις λαμβάνουν χώρα στα δυτικά. Αιτία είναι η μέτριας-ισχυρής έντασης δυτική ροή στην επιφάνεια σε συνδυασμό με τον ορεινό φραγμό της οροσειράς της Πίνδου. Η κατάσταση αυτή αποτελεί αποτρεπτικό παράγοντα γέννησης αναπτύξεων ορογραφικής προέλευσης. Αποτελεί όμως το μηχανικό αίτιο ανύψωσης του αέρα στα δυτικά προσήνεμα. Η κατάσταση αυτή αποτυπώνεται πολύ χαρακτηριστικά στο πεδίο των ανοδικών κινήσεων.

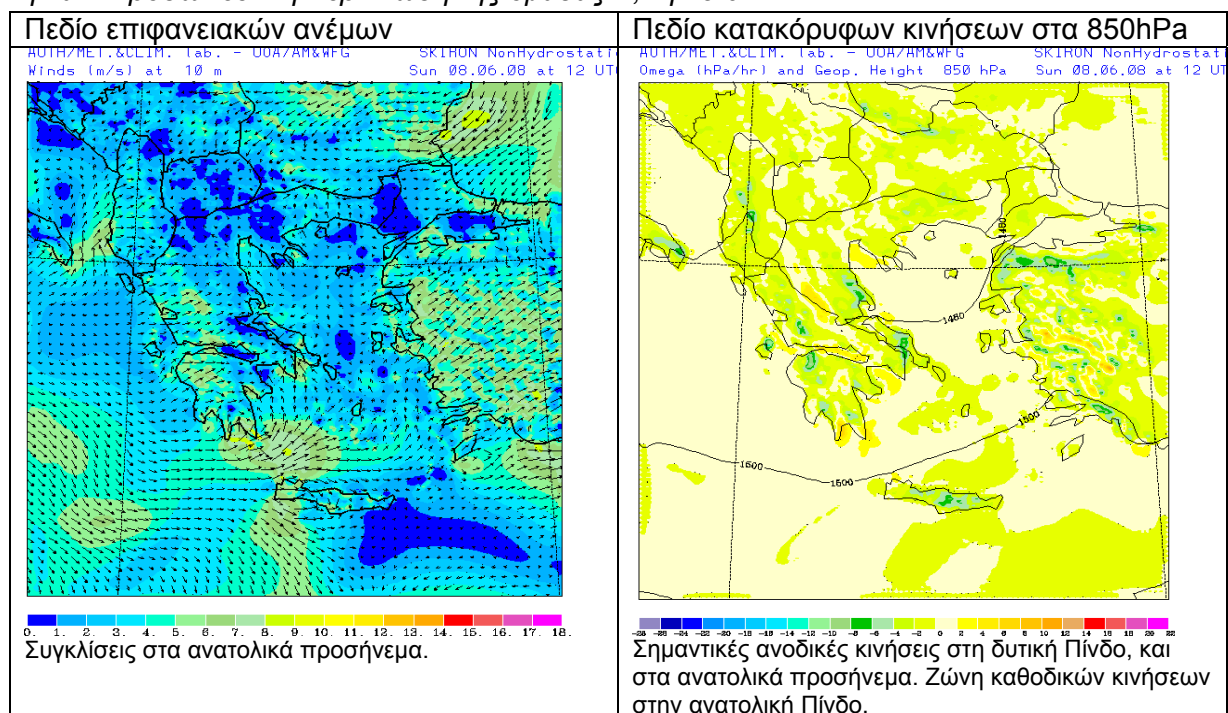
Τα πρώτα κύτταρα αρχίζουν να αναπτύσσονται ακανόνιστα και δεν αναπτύσσονται επιλεκτικά στις ανατολικές πλαγιές της Πίνδου, όπως στις άλλες ομάδες του κεφαλαίου. Αιτία αποτελεί η ζώνη ισχυρών καθοδικών κινήσεων στις ανατολικές πλαγιές της Πίνδου που αποτελεί αποτρεπτικό παράγοντα. Στη δυτική Πίνδο, αν και οι ανοδικές κινήσεις είναι έντονες, η γέννηση των κυττάρων νωρίς το πρωί δεν ευνοείται, λόγω του μέτριου-ισχυρού δυτικού ρεύματος. Η δυτική ροή δεν ευνοεί το σχηματισμό κυττάρων το πρωί, αφενός λόγω του ότι αποτρέπει την έντονη θέρμανση, αφετέρου λόγω τροφοδοσίας των περιοχών αυτών με υγρασία η οποία εμποδίζει τη θέρμανση των επιφανειακών στρωμάτων.

Λόγω της δυτικής ροής των ανέμων των χαμηλών στρωμάτων (επιφάνεια-850hPa) τα νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης κινούνται γρήγορα ανατολικά. Η χωρική τους κατανομή στην εικόνα του δορυφόρου εξαρτάται από το μέτρο του ανέμου στο στρώμα επιφάνεια-850hPa και από το χρόνο ζωής των αναπτύξεων (άρα και από το είδος τους).

Η ζώνη καθοδικών κινήσεων στην υπήνεμη μεριά της Πίνδου περιορίζει αισθητά την γέννηση αναπτύξεων στις περιοχές αυτές και αποκλείει τη μεγάλη καθ' ύψος ανάπτυξη των υπαρχόντων κυττάρων, κατά τη διάρκεια και της υπόλοιπης ημέρας. Μεμονωμένα νέφη, κυρίως Cu, φαίνεται όμως να λαμβάνουν χώρα σε ορισμένες περιπτώσεις στα ανατολικά ηπειρωτικά. Είναι όμως περιορισμένης έκτασης αλλά και ισχύος. Επίσης, λόγω της ζώνης καθοδικών κινήσεων (Σχήμα 4.3), στην υπήνεμη πλευρά της Πίνδου παρατηρούνται κυματοειδή νέφη lenticularis. Η μορφή τους είναι πολύ χαρακτηριστική στις 22/5 λόγω ενισχυμένου δυτικού ρεύματος και λιγότερο ευδιάκριτη στις 23/5. Ωστόσο, είναι πιο ευδιάκριτα σε μεγαλύτερο μέγεθος εικόνας.

Πλην των δυτικών πλαγιών της Πίνδου, αξιόλογες ανοδικές κινήσεις εντοπίζονται και στην Πελοπόννησο (κυρίως νότια τμήματα), αλλά και σε περιοχές των ανατολικών προσήνεμων τμημάτων. Στα ανατολικά προσήνεμα, οι ασθενούς έντασης δυτικοί άνεμοι σε συνδυασμό με τη θαλάσσια αύρα (λόγω απουσίας ετησιών ανέμων) αλλά και σημαντικούς ορεινούς φραγμούς, με υψηλότερο το Πήλιο, δημιουργούν συγκλίσεις. Η κατάσταση αυτή αποτυπώνεται και στο πεδίο ανοδικών κινήσεων του σχήματος 4.3.

Σχήμα 4.3. Πεδίο ανέμου στην επιφάνεια και κατακόρυφων κινήσεων στο επίπεδο των 850hPa με βάση τα προγνωστικά δεδομένα του αριθμητικού μοντέλου καιρού SKIRON για την αντιπροσωπευτική περίπτωση της ομάδας A, την 8/6.



Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η ανάπτυξη νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης που σχετίζονται με τη θαλάσσια αύρα στα ανατολικά παράκτια τμήματα είναι πολύ πιθανή λόγω εξασθένησης της δυτικής επιφανειακής ροής στις περιοχές αυτές, αλλά και λόγω απουσίας ετησιών ανέμων. Τα νέφη αυτά εμφανίζονται τις ημέρες 22/5, 8/6, 14/6 και 15/6 (Σχήμα 4.1) και είναι περισσότερο ευδιάκριτα σε περιοχές της ανατολικής Αττικής και της ΒΑ Πελοποννήσου. Περαιτέρω ευκρίνεια των νεφών αυτών επιτυγχάνεται με τη χρήση animation.

B) Συνδυασμός εξάρσεων στην Ιταλία και την κεντρική Ευρώπη-αυλώνων στα Βαλκάνια και την Ελλάδα

Ο συνδυασμός αυτός των συνοπτικών καταστάσεων εμφανίζεται στις περιπτώσεις 27/7, 28/7 και 29/7. Συγκεκριμένα, τα κυριότερα συνοπτικά στοιχεία που παρατηρούνται είναι τα εξής:

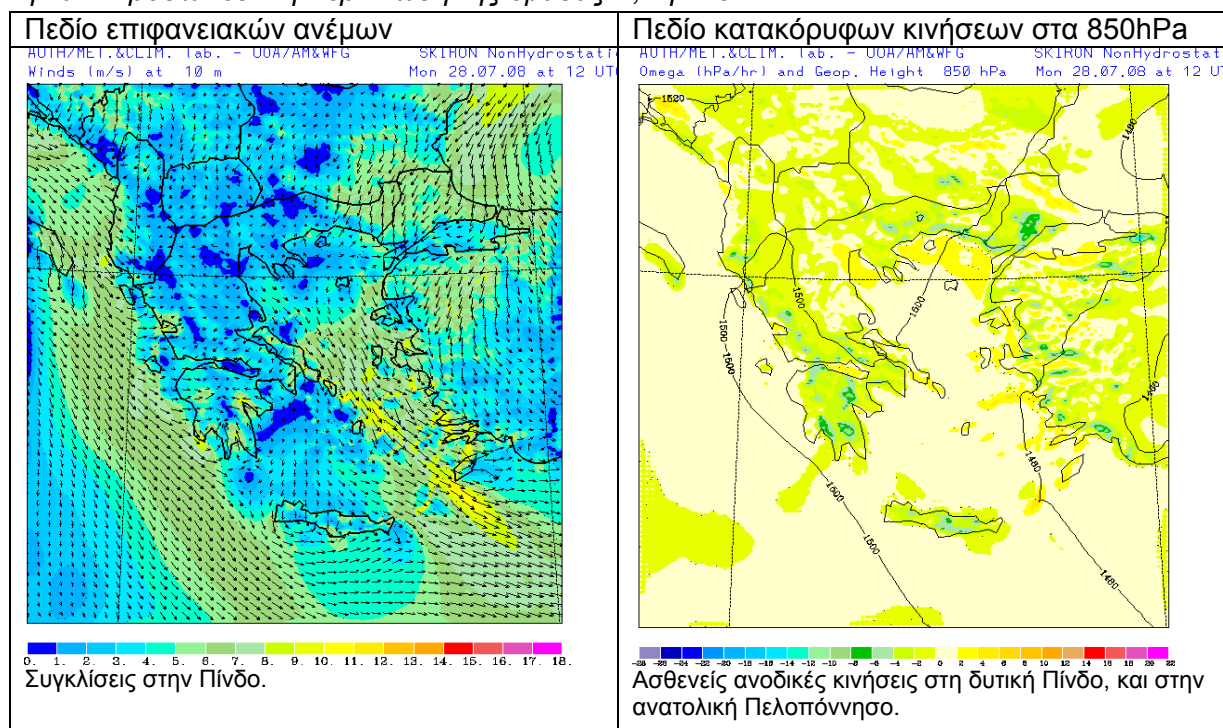
- Στο επίπεδο των 500hPa παρατηρείται ισχυροποίηση του αντικυκλώνα της βόρειας Αφρικής δημιουργώντας εξάρσεις στην Ιταλία και στην ευρύτερη περιοχή της κεντρικής Ευρώπης. Στην Ελλάδα το πεδίο είναι κυκλωνικό ενώ παρατηρείται διέλευση αυλώνων από τα ΒΔ που συνοδεύονται από χαμηλές θερμοκρασίες (-12°C). Δεν παρατηρούνται αξιόλογες θερμικές μεταφορές στις 28/7 και 29/7. Αντίθετα, στις 27/7 παρατηρείται έντονη ψύξη από τα ΒΔ. Η ροή στην Ελλάδα είναι Δ-ΒΔ.
- Στο επίπεδο των 850hPa πνέουν Α-ΒΑ άνεμοι στην Ελλάδα. Η διέλευση των αυλώνων προκαλεί ψύξη και στα ύψη αυτά ενώ απομάκρυνσή τους προκαλεί θέρμανση. Επίσης, παρατηρούνται αξιόλογες ανοδικές κινήσεις κυρίως δυτικά προσήνεμα.
- Στην επιφάνεια παρατηρείται γενικά ομαλοποίηση του πεδίου ισοβαρών στην Ελλάδα. Δεν παρατηρείται μετωπική δραστηριότητα στην Ελλάδα. Επίσης, ετησίες άνεμοι υφίστανται, ασθενούς όμως έντασης. Γενικά πνέουν δυτικοί άνεμοι ασθενούς-μέτριας έντασης στα δυτικά προσήνεμα και άνεμοι μεταβλητών διευθύνσεων, με την ανατολική συνιστώσα όμως να υπερτερεί, στα κεντρικά ηπειρωτικά.

Λόγω της κατάστασης που προηγήθηκε και της επικράτησης ψυχρών μαζών στα κατώτερα στρώματα, παρατηρούνται νέφη Sc στη ΒΑ Ελλάδα (27/7). Επίσης, η παρουσία αυλώνων συμβάλλει στη δημιουργία και συντήρηση νεφών Ac (28/7, 29/7). Τέλος παρατηρούνται αραιά νέφη Ci στις 29/7. Δεδομένης της ύπαρξης των κυκλωνικών καταστάσεων στο επίπεδο των 500hPa (Σχήμα 4.2), παρατηρείται ανάπτυξη Cb σε όλες τις περιπτώσεις της ομάδας αυτής.

Τις πρωινές ώρες, οι πρώτες αναπτύξεις λαμβάνουν χώρα στις ανατολικές πλαγιές της Πίνδου. Η ασθενής-μέτρια δυτική ροή που επικρατεί στη δυτική Ελλάδα στην επιφάνεια και την κατώτερη τροπόσφαιρα τροφοδοτεί τα δυτικά προσήνεμα με υγρασία δυσκολεύοντας τη θέρμανσή τους. Αν και η υγρασία των κατώτερων στρωμάτων ενισχύει τη θερμική αστάθεια, καθώς ο υγρός αέρας είναι ελαφρύτερος και συνεπώς ανέρχεται ευκολότερα, οι θερμοκρασίες τις πρωινές ώρες είναι ακόμα χαμηλές και επομένως καθίσταται δύσκολος ο σχηματισμός κυτάρων. Το αντίθετο ισχύει για την ανατολική πλευρά της Πίνδου, όπου οι ασθενείς-μέτριοι άνεμοι είναι πιο ξηροί αλλά και θερμοί. Επίσης, λόγω της εξασθενημένης σε σχέση με την ομάδα Α, δυτικής ροής, στις ανατολικές πλαγιές της Πίνδου δεν υφίστανται καθοδικές κινήσεις, που αποτελούν αποτρεπτικό παράγοντα σχηματισμού νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης (Σχήμα 4.4).

Η ασθενής-μέτρια δυτική επιφανειακή ροή των δυτικών τμημάτων σε συνάρτηση με την ύπαρξη ετησιών ανέμων (όχι όμως ισχυρών) ευνοεί την παρουσία συγκλίσεων στην Πίνδο (Σχήμα 4.4). Η εικόνα της ημέρας αυτής φαίνεται να ταιριάζει αρκετά με αντίστοιχες εικόνες της ομάδας των ορογραφικών αναπτύξεων. Δεν ταξινομείται όμως με αυτές, εφόσον εντοπίζονται διάσπαρτα νέφη Cu σε πεδινές περιοχές της ΒΑ Ελλάδας της Θεσσαλίας και της Πελοποννήσου.

Σχήμα 4.4. Πεδίο ανέμου στην επιφάνεια και κατακόρυφων κινήσεων στο επίπεδο των 850hPa με βάση τα προγνωστικά δεδομένα του αριθμητικού μοντέλου καιρού SKIRON για την αντιπροσωπευτική περίπτωση της ομάδας B, την 28/7.



Επίσης, είναι η πιθανή η εμφάνιση νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης στα δυτικά παράκτια σχετικών με το μηχανισμό της θαλάσσιας αύρας, στις 28/7 και 29/7 λόγω της εξασθενημένης σε σχέση με την ομάδα A δυτικής επιφανειακής ροής στις περιοχές αυτές. Τέτοια νέφη εμφανίζονται στις 28/7 στην περιοχή κοντά στο Άκτιο (Σχήμα 4.1)

Γ) Συνδυασμός χαμηλών δυτικής-ανατολικής Ευρώπης και έξαρσης στην Ιταλία

Πρόκειται για συνδυασμό συνοπτικών καταστάσεων που εμφανίζεται στις περιπτώσεις 9/5, 12/5, 15/5 και 10/6. Τα κυριότερα συνοπτικά στοιχεία που παρατηρούνται είναι τα εξής:

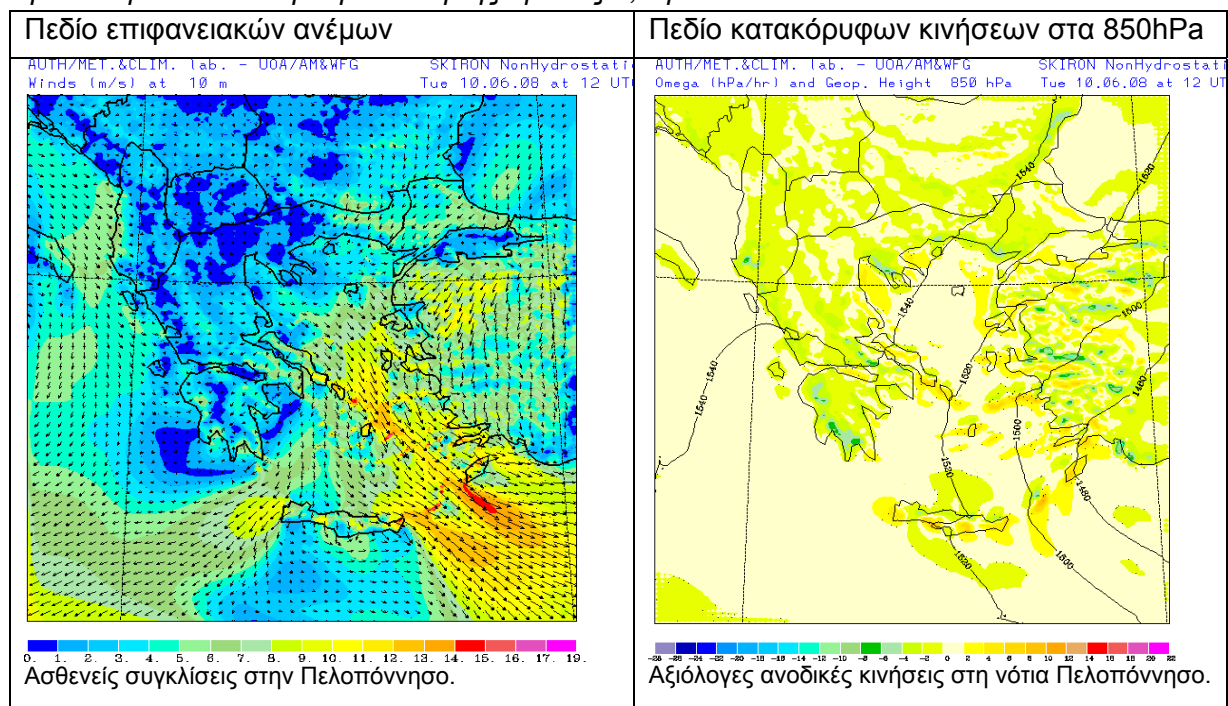
- Το επίπεδο των 500hPa χαρακτηρίζεται από έξαρση στην Ιταλία σε συνδυασμό με χαμηλό στα ανατολικά Βαλκάνια ή τη βόρεια Τουρκία ή τη Μαύρη Θάλασσα. Επίσης, χαμηλά γεωδυναμικά ύψη επικρατούν στην Ισπανία ή την Κορσική που αποτελούν κλειστά συστήματα. Λόγω της παρουσίας των χαμηλών στα ανατολικά, το πεδίο στη ΒΑ ή ανατολική Ελλάδα είναι κυκλωνικό και υπάρχει διέλευση ρηχών αυλώνων σε συνδυασμό με χαμηλές θερμοκρασίες (-16°C ως -22°C). Αντίθετα, στη δυτική Ελλάδα το πεδίο είναι αντικυκλωνικό. Η απομάκρυνση των αυλώνων συνεπάγεται θερμές μεταφορές από τα δυτικά. Στην Ελλάδα επικρατεί ΒΔ ροή στα 500hPa.
- Στο επίπεδο των 850hPa επικρατούν γενικά ασθενείς άνεμοι βορείων διευθύνσεων. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων λαμβάνουν χώρα θερμές μεταφορές από τα δυτικότερα τμήματα ευνοώντας την αστάθεια. Επίσης, το πεδίο κατακόρυφων κινήσεων είναι ομαλό με τις σημαντικότερες ανοδικές κινήσεις να εντοπίζονται στην Πελοπόννησο και στα ΒΑ.

- Στην επιφάνεια οι πιέσεις στην Ελλάδα είναι υψηλές. Υπάρχει απουσία μετώπων από την Ελλάδα αλλά και από τα Βαλκάνια. Με εξαίρεση την 9/5, υφίστανται ετησίες άνεμοι.

Οι δορυφορικές εικόνες των περιπτώσεων της ομάδας αυτής μοιάζουν αρκετά με αναπτύξεις ορογραφικής προέλευσης. Η εμφάνιση νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης πάνω από πεδινές περιοχές υφίσταται, είναι όμως περιορισμένη. Αιτία είναι η ασθενής βόρεια ροή στα 850hPa σε συνδυασμό με την παρουσία ετησιών ανέμων (πλην της 9/5). Ο ρόλος των ετησιών ανέμων είναι καθοριστικός επειδή περιορίζει αισθητά τη θαλάσσια αύρα και τις συγκλίσεις στα ανατολικά προσήνεμα. Αυτό προκύπτει και από το σχήμα 4.5.

Οι πρώτες αναπτύξεις λαμβάνουν χώρα στις ανατολικές πλαγιές της Πίνδου. Αιτία αποτελούν οι ασθενείς-μέτριοι ανατολικοί άνεμοι στην περιοχή. Οι άνεμοι αυτοί αφενός οδηγούν σε ανοδικές κινήσεις στην ανατολική Πίνδο, αφετέρου λόγω της μικρής περιεκτικότητάς τους σε υγρασία, δεν αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα γέννησης κυττάρων στην περιοχή (Σχήμα 4.5). Περεταίρω όμως ενίσχυση των ανέμων αυτών αποτελεί αποτρεπτικό παράγοντα γέννησης νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης στην περιοχή.

Σχήμα 4.5. Πεδίο ανέμου στην επιφάνεια και κατακόρυφων κινήσεων στο επίπεδο των 850hPa με βάση τα προγνωστικά δεδομένα του αριθμητικού μοντέλου καιρού SKIRON για την αντιπροσωπευτική περίπτωση της ομάδας Γ, την 10/6.



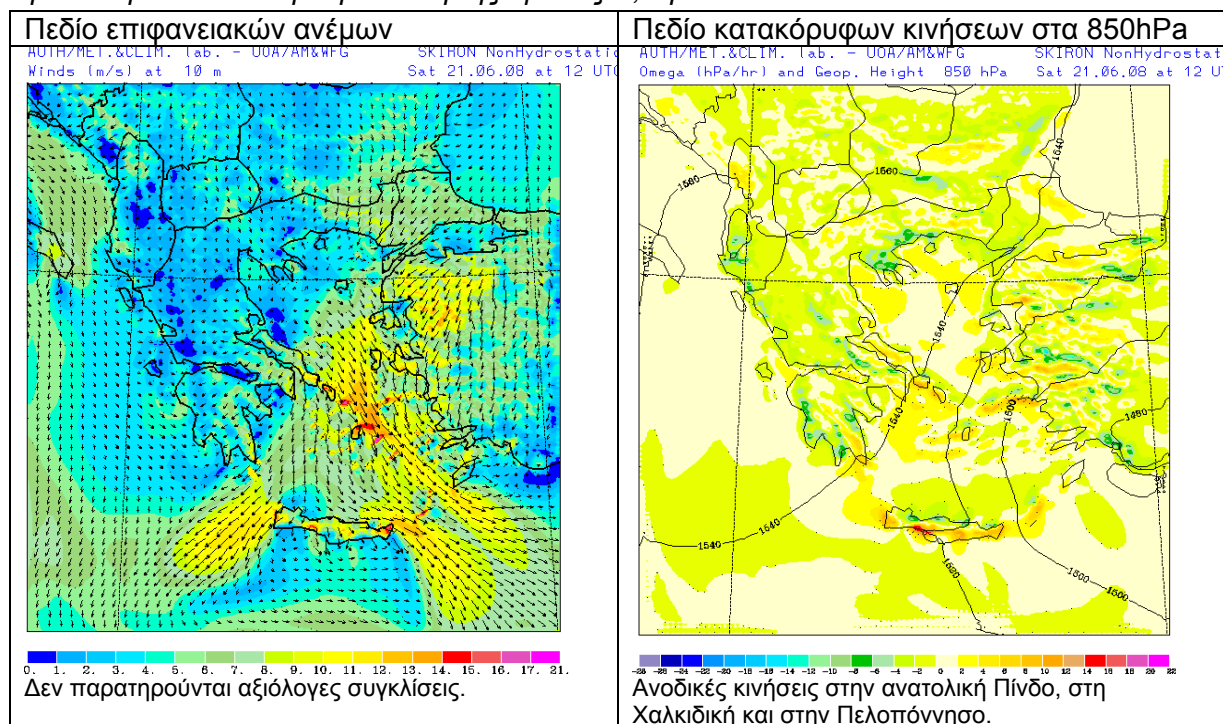
Καταιγιδοφόρα νέφη παρατηρούνται μόνο στις 9/5 στα ΒΑ. Την ημέρα αυτή τα γεωδυναμικά ύψη πάνω από την περιοχή αυτή είναι ιδιαίτερα χαμηλά για την εποχή, 5580gpm στα 500hPa όπως επίσης και οι θερμοκρασίες (-22°C). Επίσης υπάρχει η διέλευση ενός ρηχού αυλώνα. Τα δυναμικά αίτια που προαναφέρθηκαν σε συνδυασμό με την ανάπτυξη συγκλίσεων στην επιφάνεια, οδήγησαν στη δημιουργία Cb.

Δ) Κύριο χαρακτηριστικό οι ισχυροί ετησίες άνεμοι.

Η συνοπτική αυτή κατάσταση εμφανίζεται στις περιπτώσεις 20/6 και 21/6. Τα κύρια χαρακτηριστικά της είναι τα εξής:

- Στο επίπεδο των 500hPa παρατηρείται ισχυροποίηση υψηλού των γεωδυναμικών υψών της βόρειας Αφρικής. Η κατάσταση αυτή σχετίζεται με την παρουσία εξάρσεων στην περιοχή της Ιταλίας, που στην περίπτωση της 21/6 είναι ισχυρές. Η ροή στην Ελλάδα είναι ΒΔ. Επίσης, στο επίπεδο αυτό βρίσκονται πάνω από την Ελλάδα θερμές αέριες μάζες (-10°C ως -8°C). Η συνοπτική αυτή κατάσταση δεν ευνοεί από μόνη της τη δημιουργία καταιγιδοφόρων νεφών, σε συνδυασμό όμως και με την επικράτηση υψηλών θερμοκρασιών στα 850hPa, αποτελεί ένδειξη ύπαρξης θερμικής αστάθειας.
- Στο επίπεδο των 850hPa η ροή στην Ελλάδα είναι Β-ΒΑ, μέτριας εντάσεως, και δεν παρατηρούνται αξιόλογες θερμικές μεταφορές στο στρώμα 500-850hPa. Τέλος, σημαντικές ανοδικές κινήσεις παρατηρούνται στα ανατολικά προσήνεμα τις Πίνδου.
- Η συνοπτική κατάσταση στην επιφάνεια χαρακτηρίζεται από την νότια επέκταση κλειστών αντικυκλωνικών συστημάτων της βόρειας και ανατολικής Ευρώπης. Το γεγονός αυτό σε συνάρτηση με τις χαμηλές πιέσεις στην Τουρκία, έχει ως αποτέλεσμα την ισχυροποίηση του συνδυασμού των ετησιών ανέμων που καθίσταται πλέον ο σημαντικότερος παράγοντας διαμόρφωσης της καιρικής κατάστασης στην Ελλάδα.

Σχήμα 4.6. Πεδίο ανέμου στην επιφάνεια και κατακόρυφων κινήσεων στο επίπεδο των 850hPa με βάση τα προγνωστικά δεδομένα του αριθμητικού μοντέλου καιρού SKIRON για την αντιπροσωπευτική περίπτωση της ομάδας Δ, την 21/6.



Λόγω της έντονης παρουσίας των ετησιών ανέμων, οι άνεμοι στα κεντρικά ηπειρωτικά της χώρας είναι ανατολικοί-βορειοανατολικοί και ισχυροποιούνται στα ανατολικά προσήνεμα με

αποτέλεσμα τον περιορισμό των συγκλίσεων στις περιοχές αυτές, καθιστώντας τη θερμική αστάθεια σημαντικότερο παράγοντα ανύψωσης του αέρα. Η κατάσταση αυτή αποτυπώνεται πολύ χαρακτηριστικά στο πεδίο των ανοδικών κινήσεων (Σχήμα 4.6), όπου ζώνη αξιόλογων ανοδικών κινήσεων παρατηρείται στα ανατολικά προσήνεμα της Πίνδου. Επίσης, τα νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης εμφανίζονται ακανόνιστα σε διάφορες περιοχές της κεντρικής και βόρειας χώρας. Στη Θράκη λόγω των ενισχυμένων ΒΑ ανέμων εμφανίζονται κυψελοειδή νέφη κλειστού τύπου (21/6).

Τα animation των 20/6 και 21/6 δείχνουν ότι οι αναπτύξεις ξεκινούν πρώτα από τα ανατολικά προσήνεμα της Πίνδου, και αργότερα αναπτύσσονται άλλα κύτταρα δυτικότερα. Αιτία είναι η παρουσία ασθενούς-μέτριας ανατολικής επιφανειακής ροής, κυρίως στα κεντρικά ηπειρωτικά που αποτελεί το μηχανικό αίτιο ανύψωσης του αέρα στα ανατολικά προσήνεμα. Επίσης οι άνεμοι αυτοί δεν τροφοδοτούν με υγρασία την ανατολική Πίνδο νωρίς το πρωί, γεγονός που αποτελεί αποτρεπτικό παράγοντα γέννησης των πρώτων κυττάρων.

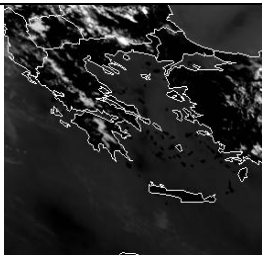
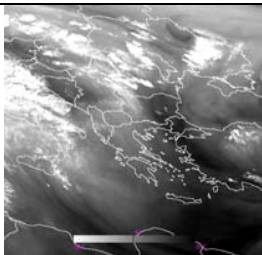
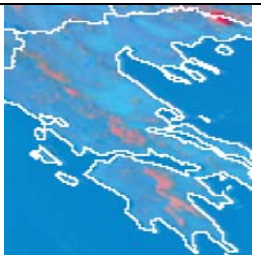
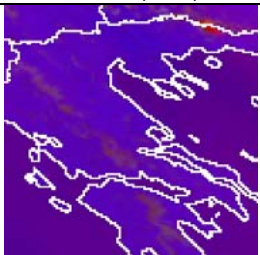
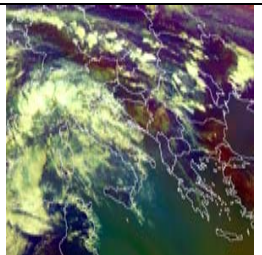
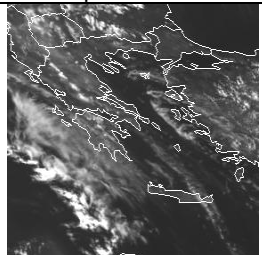
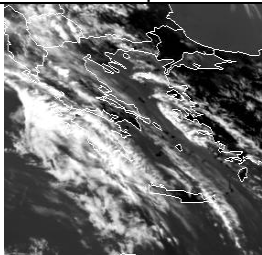
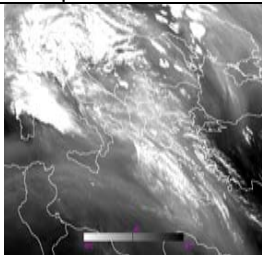
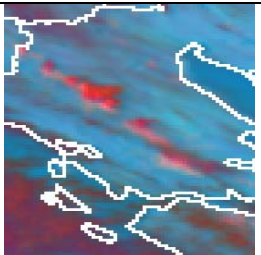
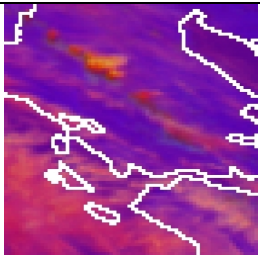
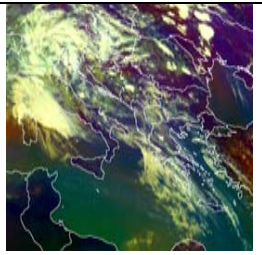
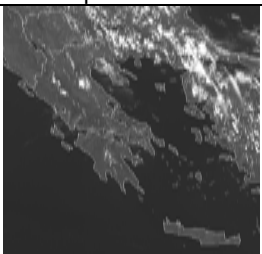
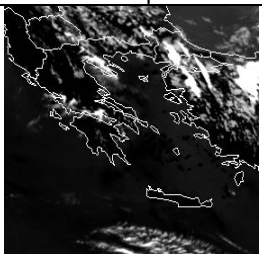
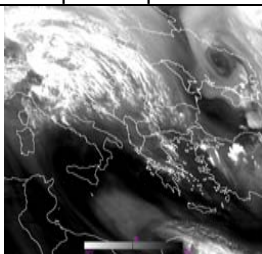
4.2. Ορογραφικές κατακόρυφες αναπτύξεις

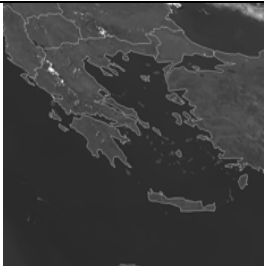
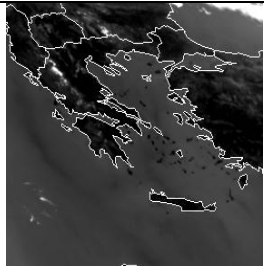
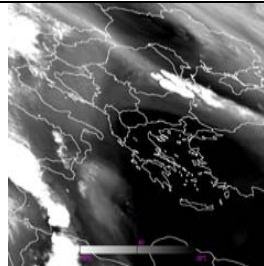
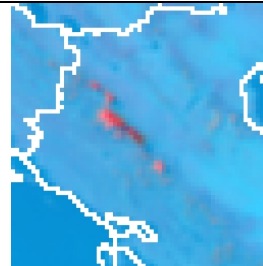
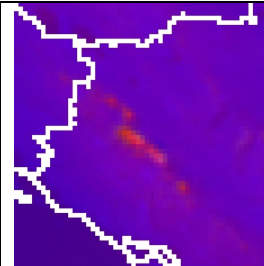
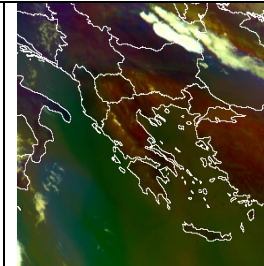
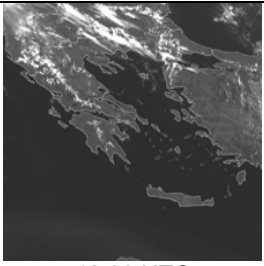
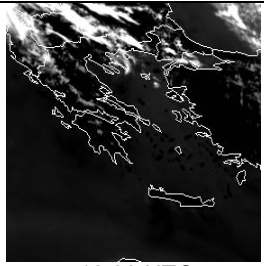
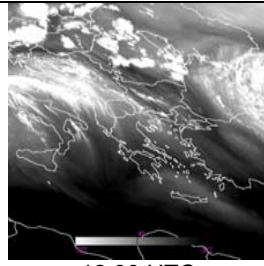
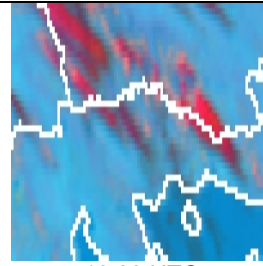
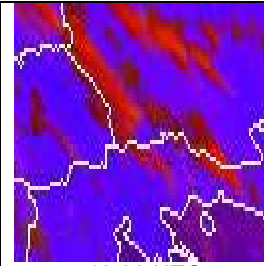
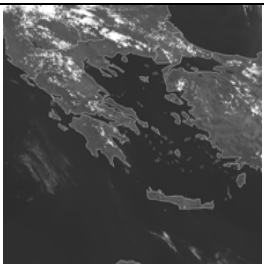
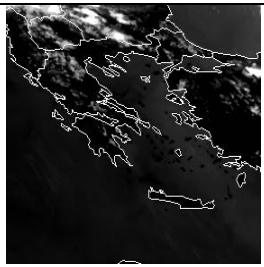
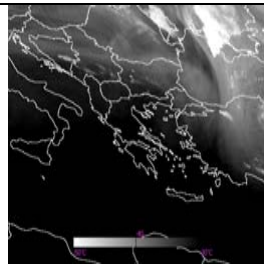
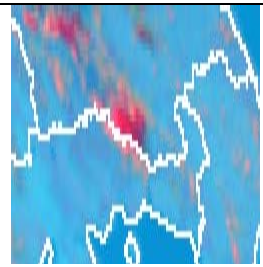
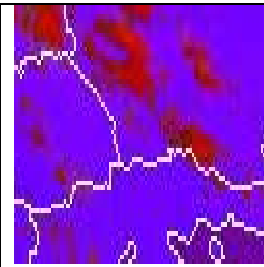
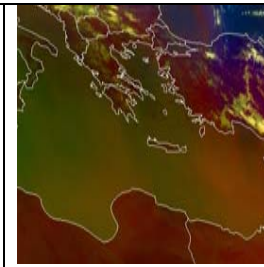
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η μελέτη των περιπτώσεων εμφάνισης νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης που σχετίζονται εξολοκλήρου με το μηχανισμό της ορογραφίας. Οι περιπτώσεις που μελετώνται εμφανίζουν τη μεγαλύτερη συχνότητα στα πλαίσια της παρούσας εργασίας (30). Οι αναπτύξεις αυτές λαμβάνουν χώρα εξολοκλήρου πάνω από ορεινές περιοχές και έχουν μικρό χρόνο ζωής (2-3 ώρες). Οι αναβατικοί άνεμοι που λαμβάνουν χώρα στις πλαγίες των ορεινών όγκων, αποτελούν το μηχανικό αίτιο ανύψωσης του αέρα, οδηγούν σε τοπικές συγκλίσεις και συνεπώς συντελούν στη δημιουργία νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης. Όμως, περαιτέρω ανάπτυξη τους καθ' ύψος απαιτεί την παρουσία συγκεκριμένων συνοπτικών αιτίων (αυλώνες, ψυχρές μεταφορές).

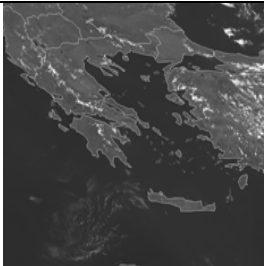
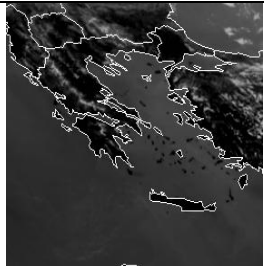
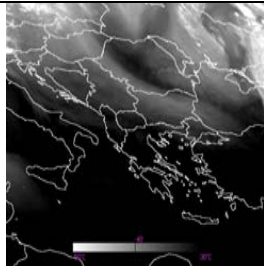
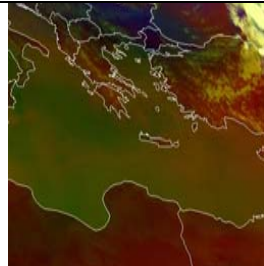
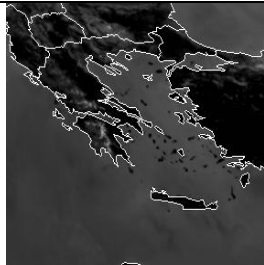
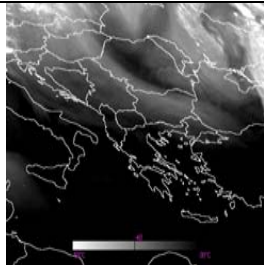
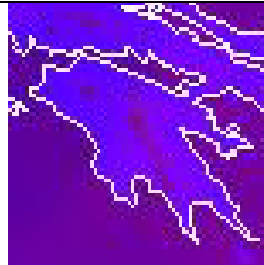
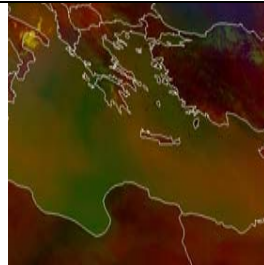
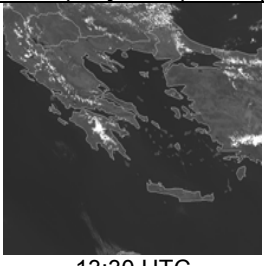
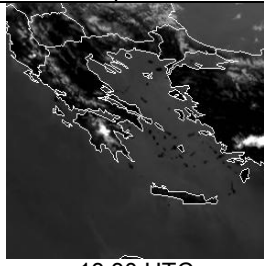
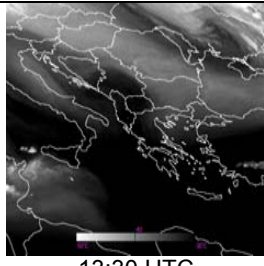
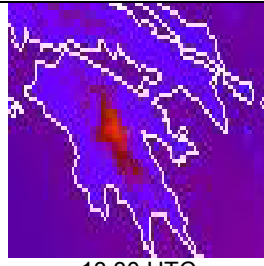
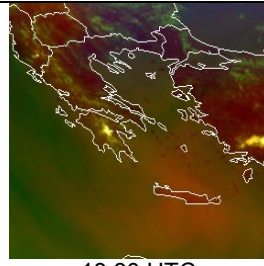
4.2.1. Αναλυτική περιγραφή των περιπτώσεων

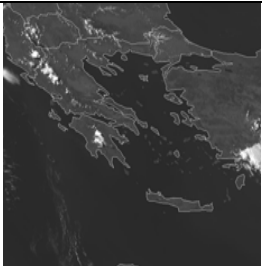
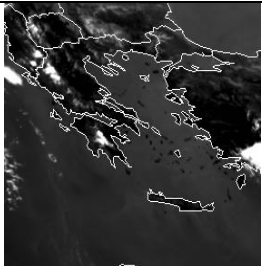
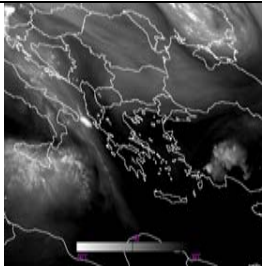
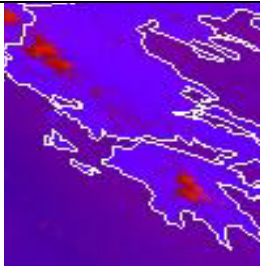
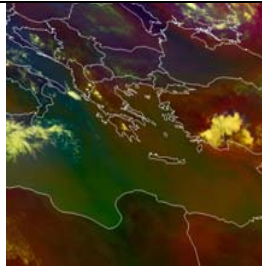
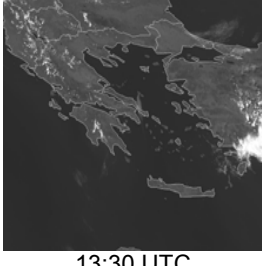
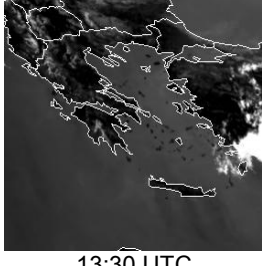
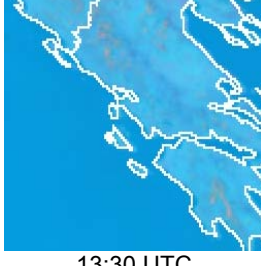
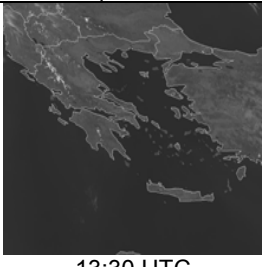
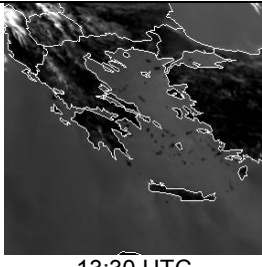
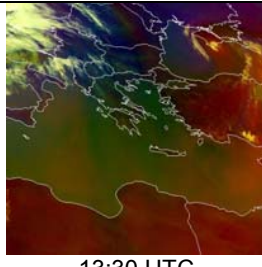
Στο σημείο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της φωτοερμηνείας των δορυφορικών εικόνων των περιπτώσεων του κεφαλαίου αυτού. Η μεθοδολογία που εφαρμόζεται, δεν διαφέρει από αυτή του κεφαλαίου της θερμικής αστάθειας. Παρατίθεται το σχήμα 4.7. Οι δορυφορικές εικόνες που παρατίθενται αναφέρονται κυρίως σε μεσημεριανές ώρες, επειδή στο χρονικό αυτό σημείο κορυφώνεται ο μηχανισμός της ορογραφίας.

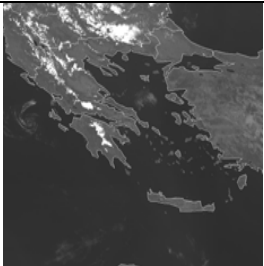
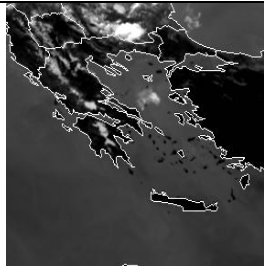
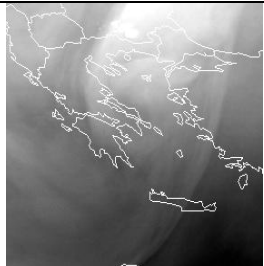
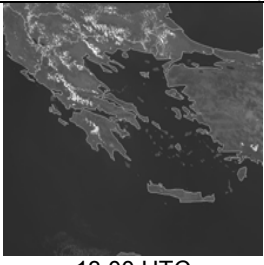
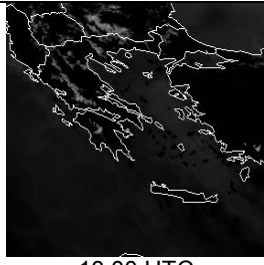
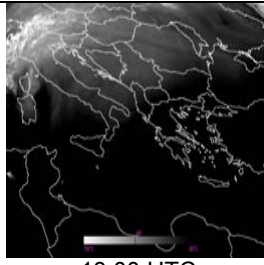
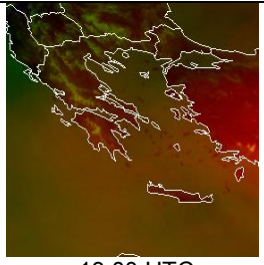
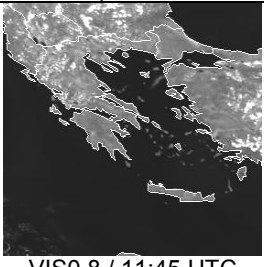
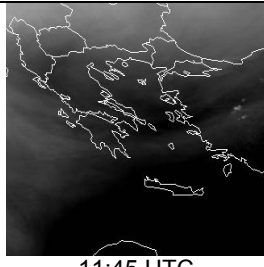
Σχήμα 4.7. Δορυφορικές εικόνες στο κανάλι HRV και είδη νεφών που υπάρχουν τις ημέρες εμφάνισης ορογραφικών αναπτύξεων.

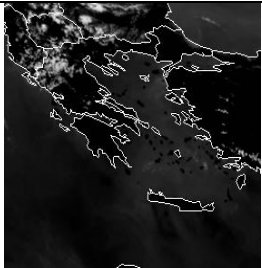
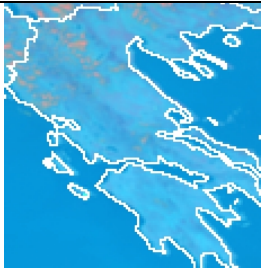
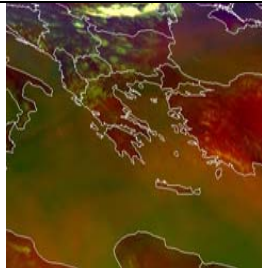
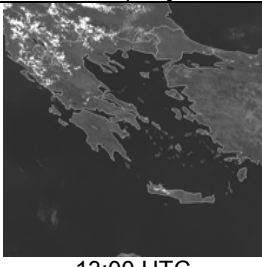
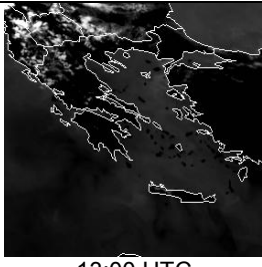
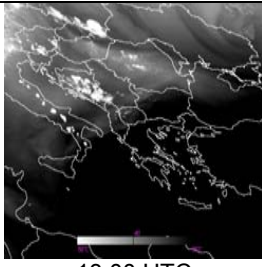
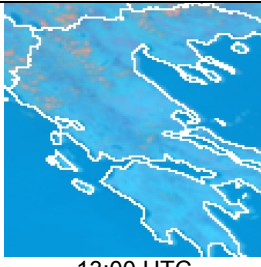
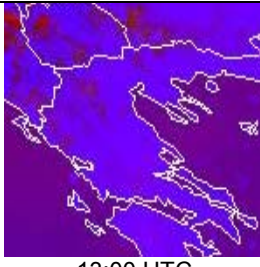
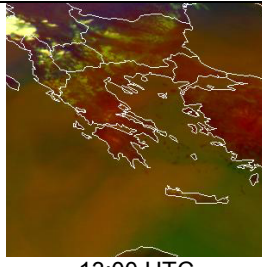
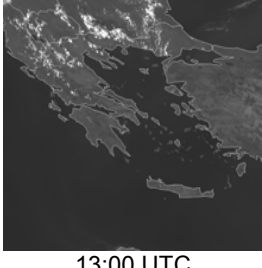
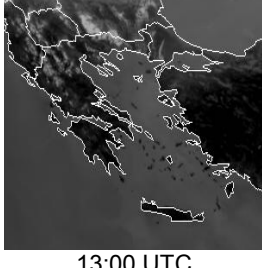
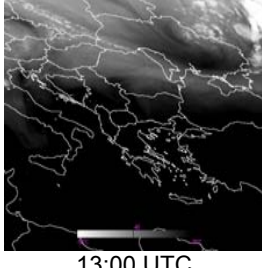
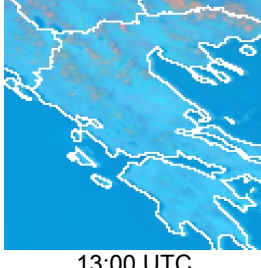
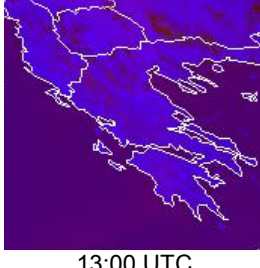
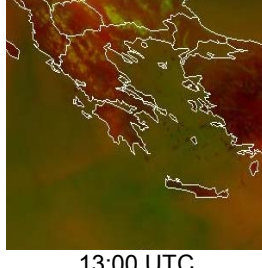
Ημέρες	Ορατό HRV	Υπέρυθρο IR 10.8	Υδρατμών WV 6.2	Day microphysical RGB 2-4-9	Convective storms RGB 5-6,4-9,3-1	Airmass
16/5/2008 Από 8:00 UTC ως 17:00 UTC	 13:15 UTC	 13:15 UTC	 13:15 UTC	 13:15 UTC	 13:15 UTC	 13:15 UTC
Διάσπαρτα Cu+TCu στα δυτικά και ΒΑ ορεινά. Cb στα ΒΑ ορεινά.						
17/5/2008 Από 8:30 UTC ως 16:45 UTC	 VIS 0.6 / 13:15 UTC	 13:15 UTC	 13:15 UTC	 13:15 UTC	 13:15 UTC	 13:15 UTC
Διάσπαρτα Cu+TCu στα δυτικά και ΒΑ ορεινά. Cb στα ΒΔ ορεινά. Αραιά Ci πάνω από τον ελλαδικό χώρο.						
26/5/2008 Από 09:00 UTC ως 19:00 UTC	 13:15 UTC	 13:15 UTC	 13:15 UTC	Όχι δεδομένα	Όχι δεδομένα	Όχι δεδομένα
Μεμονωμένα Cu+TCu κυρίως στα ΒΔ και ΒΑ ορεινά και στα ορεινά της Χαλκιδικής. Αραιά Ci στη Χαλκιδική, στο ΒΔ Αιγαίο και στην κεντρική Ελλάδα.						

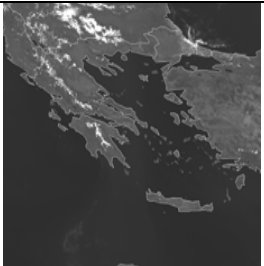
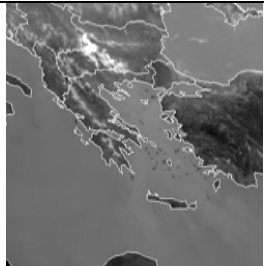
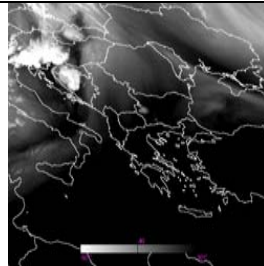
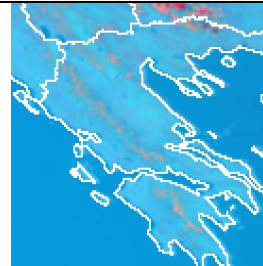
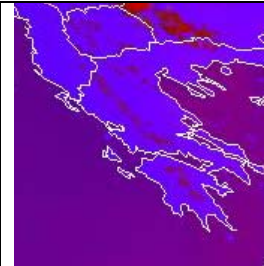
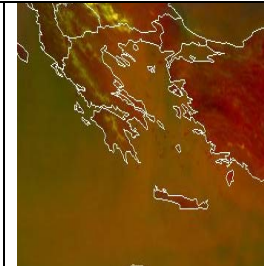
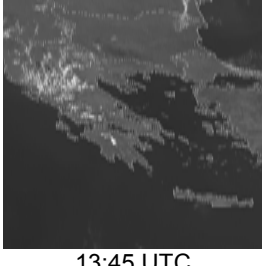
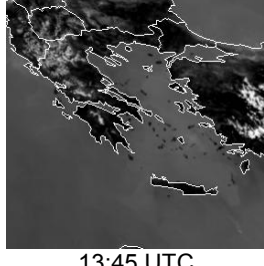
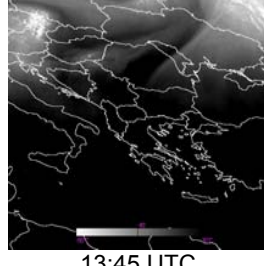
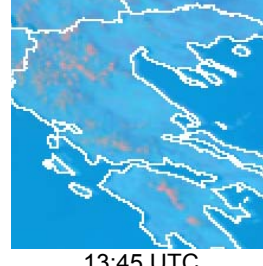
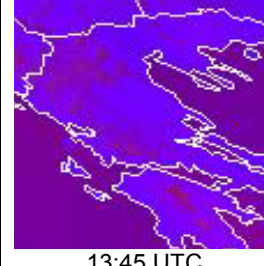
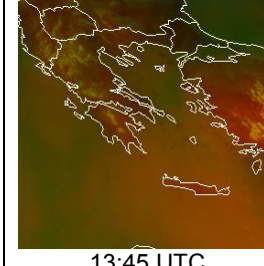
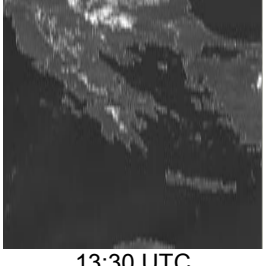
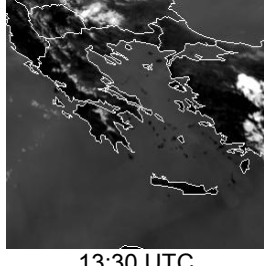
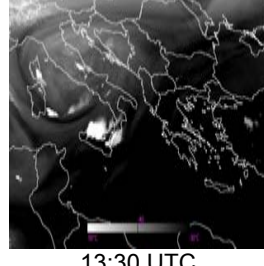
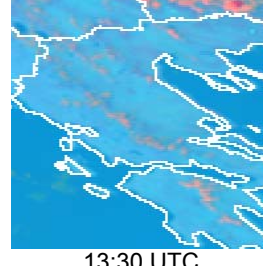
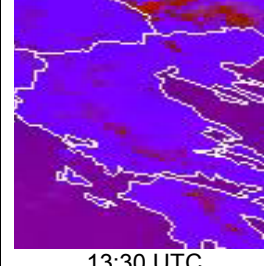
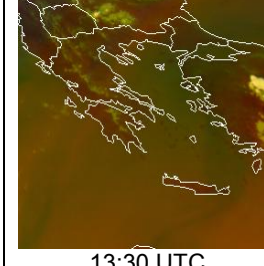
28/5/2008 Από 9:30 UTC ως 16:30 UTC	 14:00 UTC	 14:00 UTC	 14:00 UTC	 14:00 UTC	 14:00 UTC	 14:00 UTC
Μεμονωμένα Cu στα δυτικά ορεινά. Cb στα ΒΔ ορεινά.						
11/6/2008 Από 7:30 UTC ως 24:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	Όχι δεδομένα
Διάσπαρτα Cu+TCu στα δυτικά ορεινά. Cu+TCu+Cb στα ΒΑ ορεινά. Παχιά Ci στη Θράκη και στο βόρειο Αιγαίο.						
5/7/2008 Από 9:30 UTC ως 24:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC
Cu στα ορεινά, κυρίως της ΒΔ Ελλάδας. TCu στα ΒΑ ορεινά.						

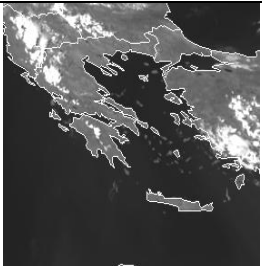
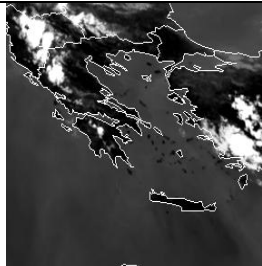
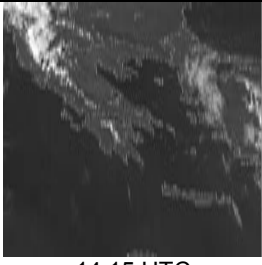
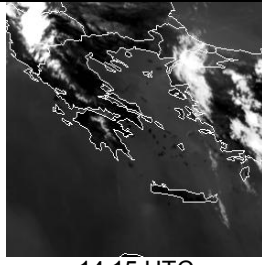
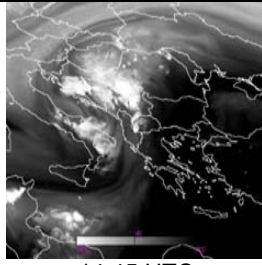
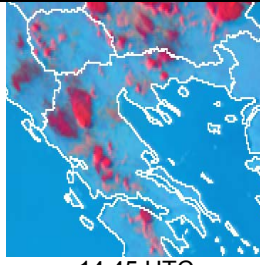
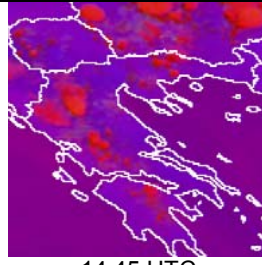
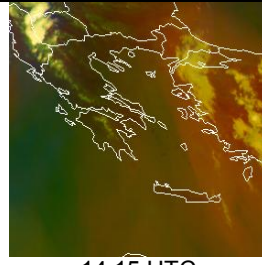
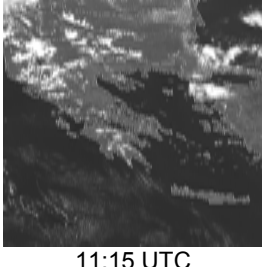
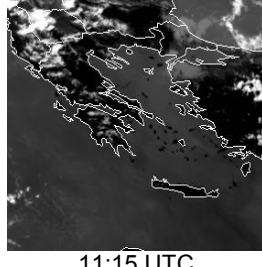
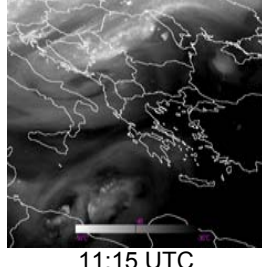
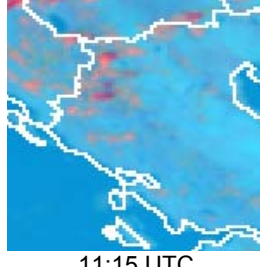
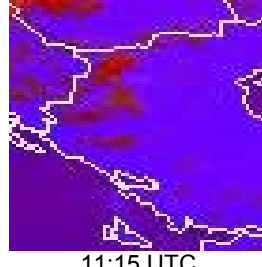
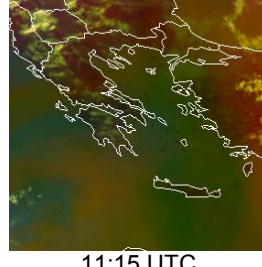
6/7/2008 Από 8:30 UTC ως 16:30 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC
Cu στα ορεινά.						
7/7/2008 Από 9:00 UTC ως 14:00 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC
Cu κυρίως στα ορεινά της Πελοποννήσου.						
10/7/2008 Από 8:00 UTC ως 18:00 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC
Cu+TCu κυρίως στην Πίνδο. Cb στην Πελοπόννησο.						

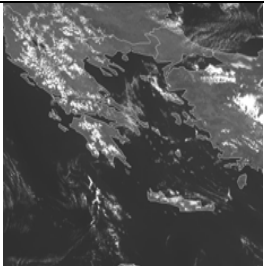
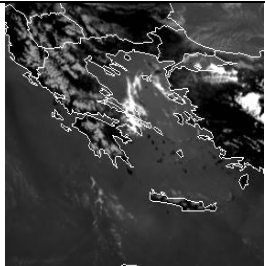
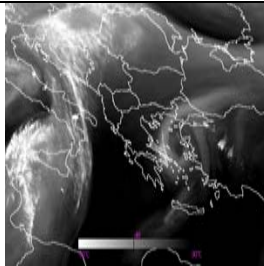
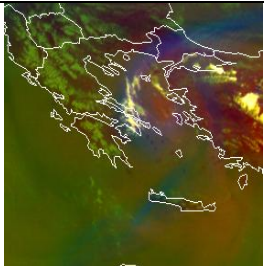
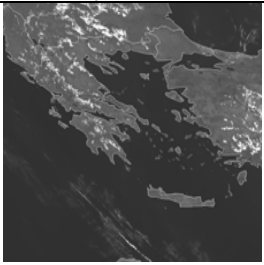
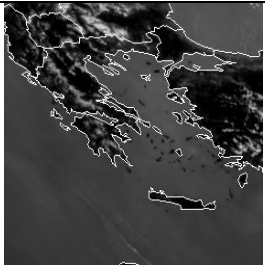
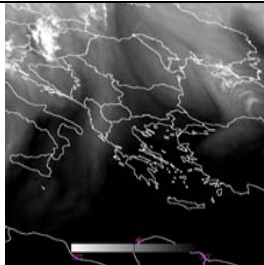
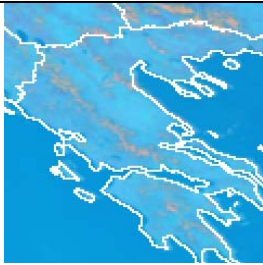
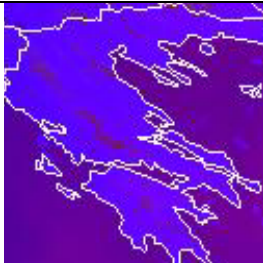
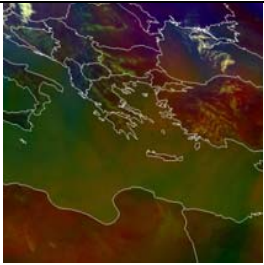
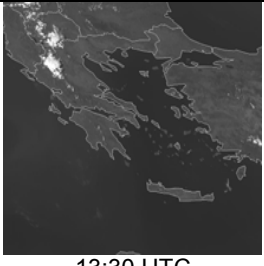
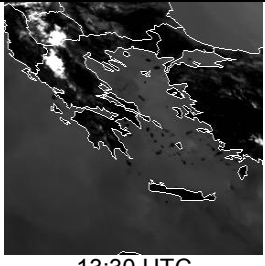
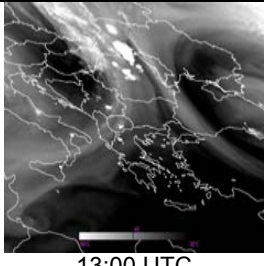
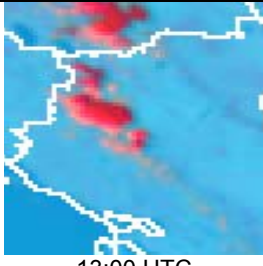
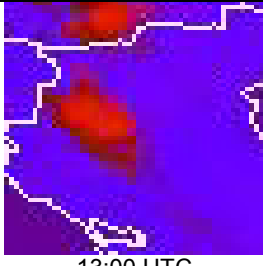
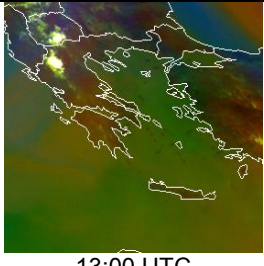
11/7/2008 Από 8:30 UTC ως 19:00 UTC	 14:30 UTC	 14:30 UTC	 14:30 UTC	 14:30 UTC	 14:30 UTC	 14:30 UTC
Cu+TCu κυρίως στην Πίνδο. Cb στην στα ορεινά της Πελοποννήσου και της ΒΔ Ελλάδας.						
12/7/2008 Από 9:00 UTC ως 20:00 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	Όχι δεδομένα	 13:30 UTC	Όχι δεδομένα	Όχι δεδομένα
Cu στα ορεινά.						
13/7/2008 Από 9:00 UTC ως 15:00 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	Όχι δεδομένα	Όχι δεδομένα	 13:30 UTC	 13:30 UTC
Cu στα ορεινά.						

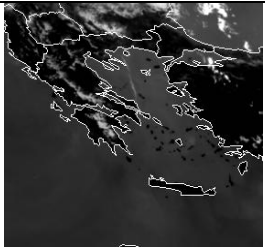
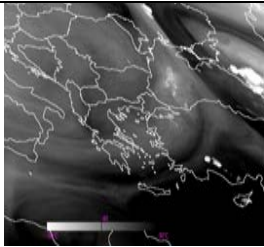
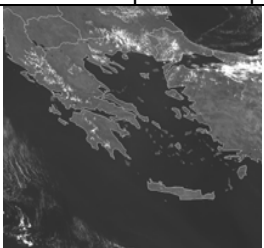
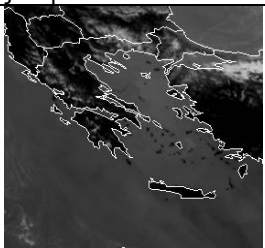
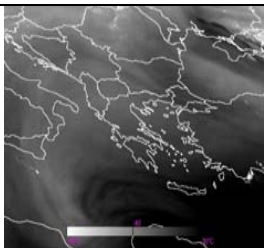
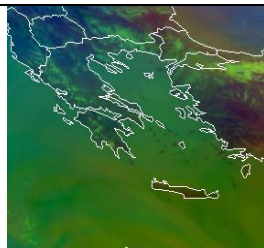
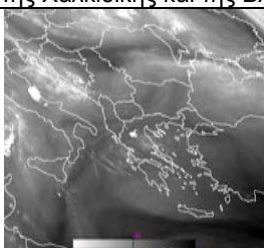
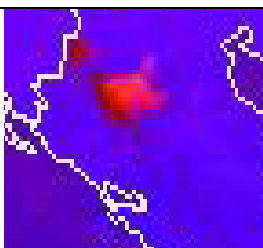
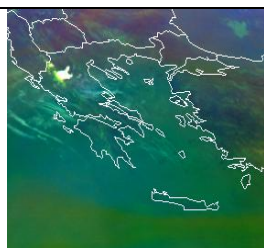
19/7/2008 Από 9:00 UTC ως 15:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	 11:00 UTC	Όχι δεδομένα	Όχι δεδομένα	Όχι δεδομένα
Διάσπαρτα Cu+TCu στην Πίνδο και στον Όλυμπο. Αραιά Ci στο κεντρικό Αιγαίο.						
20/7/2008 Από 8:30 UTC ως 16:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	Όχι δεδομένα	Όχι δεδομένα	 13:00 UTC
Cu στα ορεινά.						
30/7/2008 Από 08:00 UTC ως 16:00 UTC	 VIS0.8 / 11:45 UTC	Όχι δεδομένα	 11:45 UTC	Όχι δεδομένα	Όχι δεδομένα	Όχι δεδομένα
Cu κυρίως στα βόρεια ορεινά.						

31/7/2008 Από 08:00 UTC ως 16:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC
Cu+TCu κυρίως στα ΒΔ ορεινά.						
1/8/2008 Από 08:00 UTC ως 16:30 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC
Cu+TCu στα ΒΔ και ΒΑ ορεινά.						
6/8/2008 Από 9:00 UTC ως(νέο video) 16:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC
Cu κυρίως στα βόρεια ορεινά.						

8/8/2008 Από 9:00 UTC ως (νέο video) 16:00 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC
Cu+TCu στα ορεινά.						
21/8/2008 Από 07:30UTC ως 18:30UTC	 13:45 UTC	 13:45 UTC	 13:45 UTC	 13:45 UTC	 13:45 UTC	 13:45 UTC
Cu κυρίως στα ΒΔ ορεινά αλλά και στην υπόλοιπη Πίνδο. Κυψελοειδή νέφη κλειστού τύπου.						
26/8/2008 Από 8:30 UTC ως 19:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC
Cu+TCu κυρίως Πίνδο.						

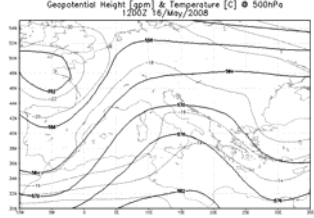
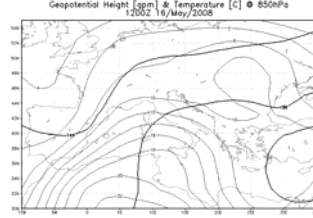
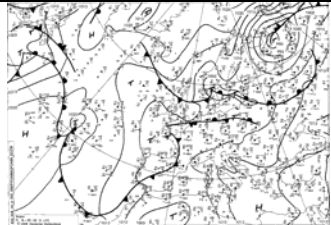
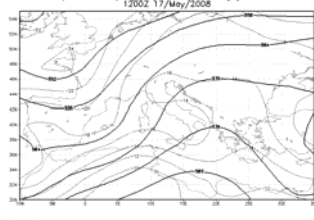
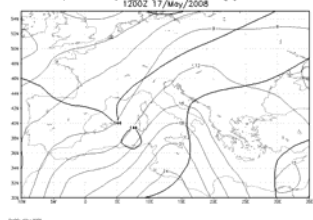
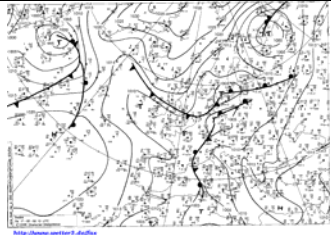
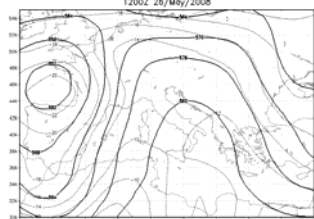
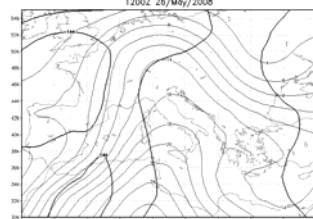
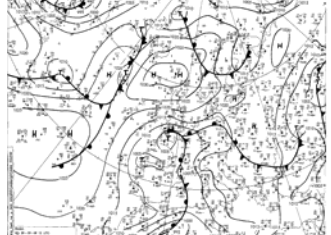
27/8/2008 Από 07:30 UTC ως 20:00 UTC	 VIS0.6 / 12:00 UTC	 12:00 UTC	 11:00 UTC	Όχι δεδομένα	Όχι δεδομένα	Όχι δεδομένα
Cu+TCu στην Πίνδο. Cb στα ΒΔ ορεινά και στην Πελοπόννησο.						
28/8/2008 Από 8:30 UTC ως 20:30 UTC	 14:15 UTC	 14:15 UTC	 14:45 UTC	 14:45 UTC	 14:45 UTC	 14:15 UTC
Cu+TCu στην Πίνδο. Cb στα ΒΔ ορεινά.						
29/8/2008 Από 08:00 UTC ως 21:15UTC	 11:15 UTC	 11:15 UTC	 11:15 UTC	 11:15 UTC	 11:15 UTC	 11:15 UTC
Διάσπαρτα Cu στα ηπειρωτικά. Επίσης, TCu+Cb στα ΒΔ.						

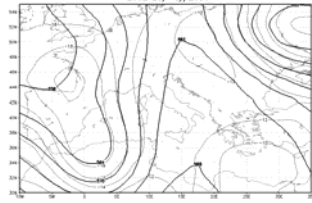
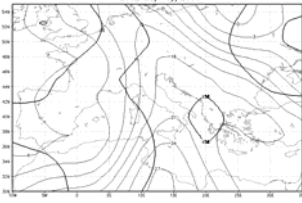
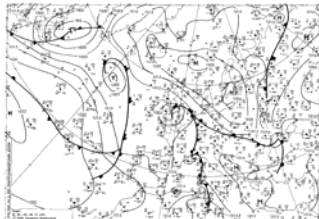
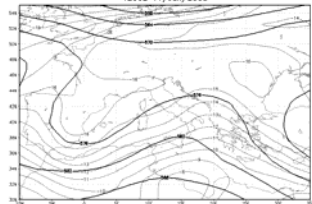
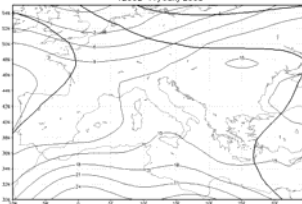
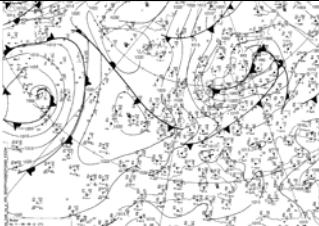
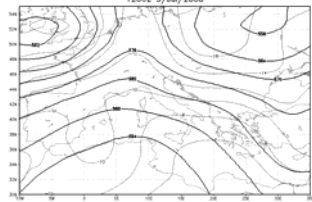
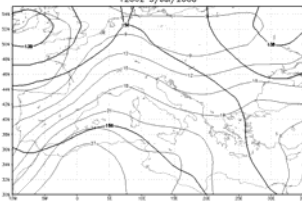
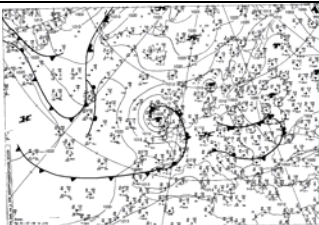
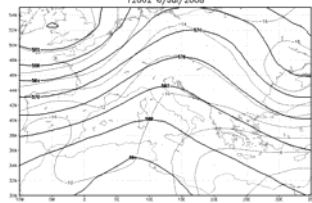
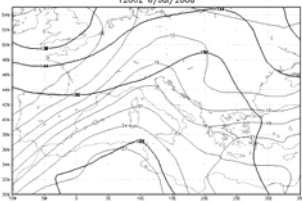
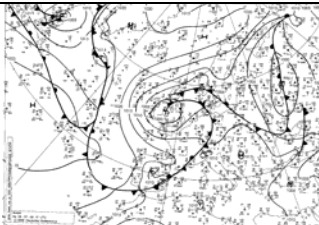
1/9/2008 Από 07:30UTC ως 17:00UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	Όχι δεδομένα	 12:00 UTC
Cu στα ηπειρωτικά, αραία Ci στο Αιγαίο.						
4/9/2008 Από 8:30 UTC ως 16:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC
Διάσπαρτα Cu στα ορεινά.						
8/9/2008 Από 09:30 UTC ως 18:00 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC
Μεμονωμένα Cu στην οροσειρά της Πίνδου. Cb στα ΒΔ ορεινά.						

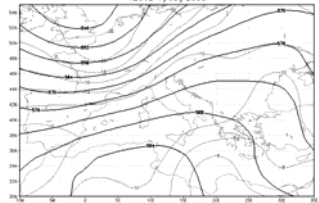
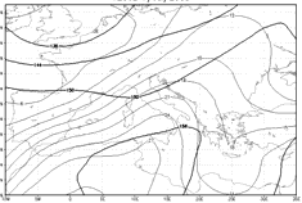
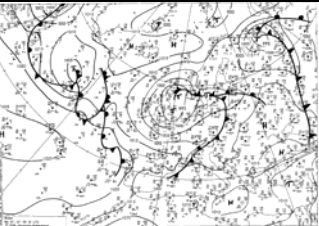
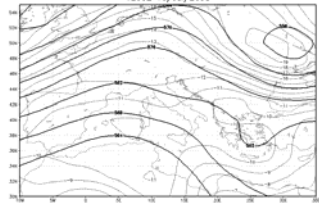
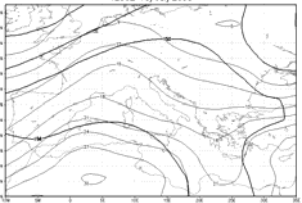
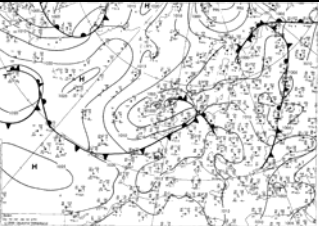
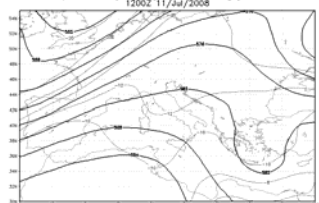
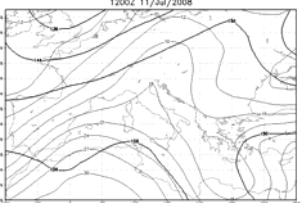
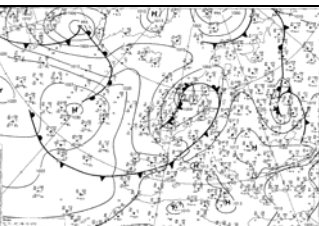
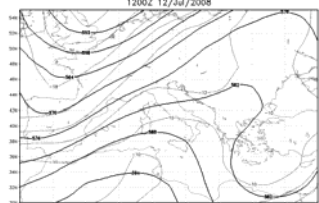
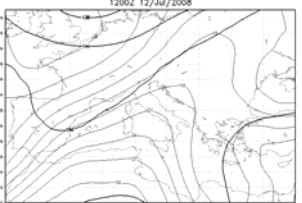
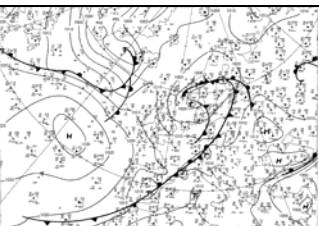
9/9/2008 Από 8:30 UTC ως 16:30 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	Όχι δεδομένα	Όχι δεδομένα
Cu+TCu στην Πίνδο κυρίως στην Πίνδο και τον Όλυμπο.						
10/9/2008 Από 8:30 UTC ως 16:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC
Διάσπαρτα Cu στην οροσειρά της Πίνδου, στα ορεινά της Χαλκιδικής και της ΒΑ Ελλάδας.						
11/9/2008 Από 9:00 UTC ως 18:00 UTC	 14:30 UTC	 14:30 UTC	 14:45 UTC	 14:45 UTC	 14:45 UTC	 14:45 UTC
Μεμονωμένα Cu στην οροσειρά της Πίνδου. Cb στα ΒΔ ορεινά.						

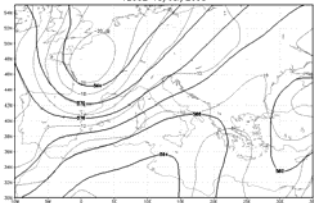
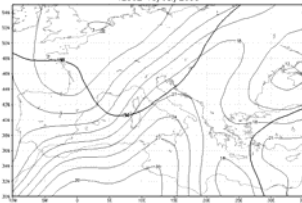
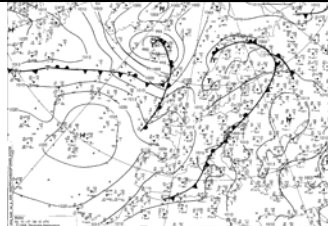
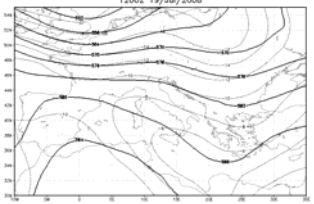
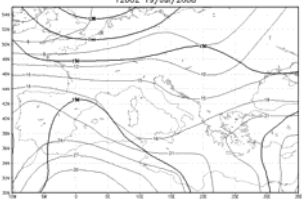
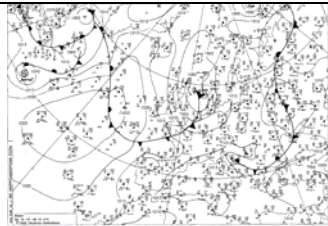
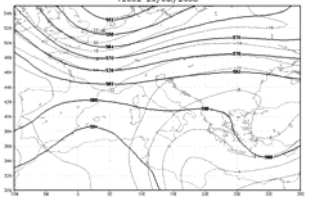
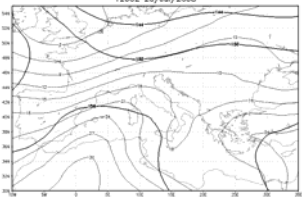
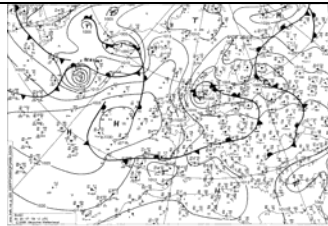
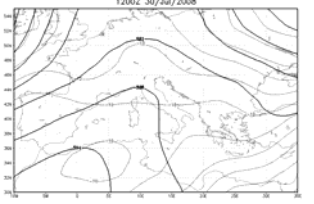
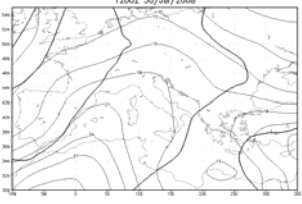
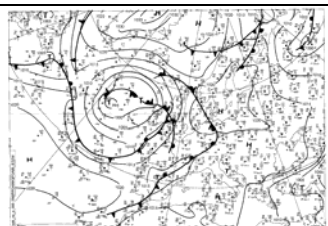
Στη συνέχεια γίνεται η μελέτη των χαρτών καιρού συνοπτικής κλίμακας με σκοπό τη συσχέτισή τους με την εμφάνιση νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης. Πρόκειται για τους συνοπτικούς χάρτες των 500hPa, 850hPa και της επιφάνειας. Οι χάρτες που παρατίθενται στο σχήμα 4.8 αντιστοιχούν στις 12:00 UTC.

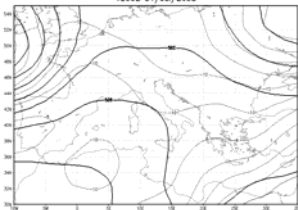
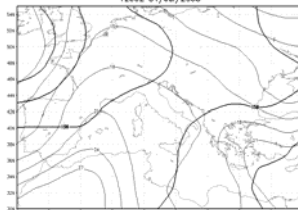
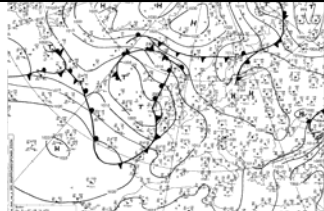
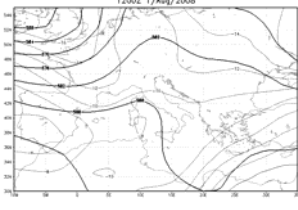
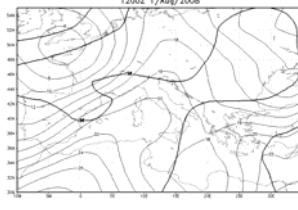
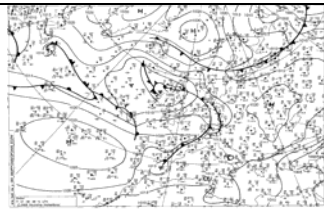
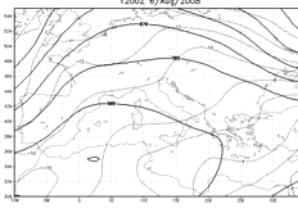
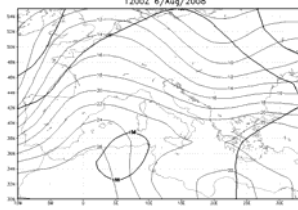
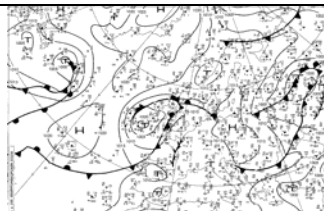
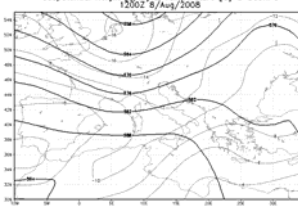
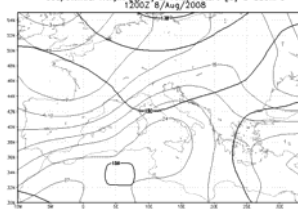
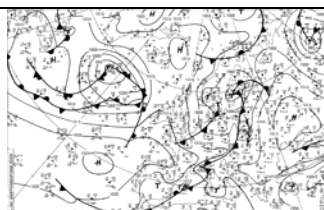
Σχήμα 4.8. Συνοπτικά χαρακτηριστικά των ημερών εμφάνισης ορογραφικών αναπτύξεων.

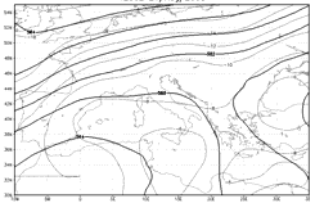
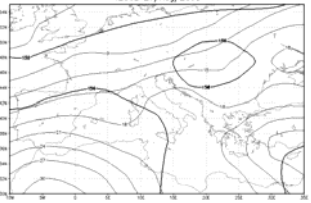
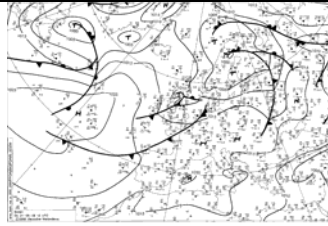
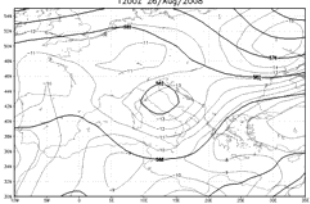
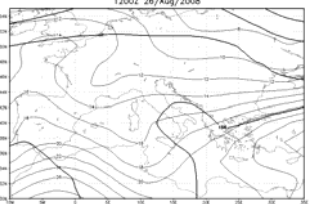
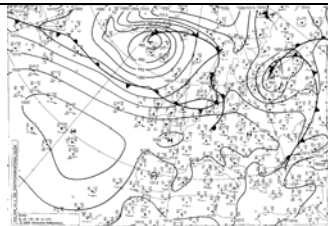
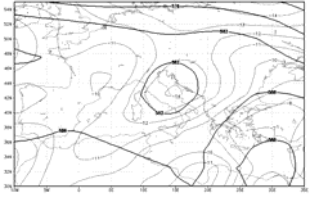
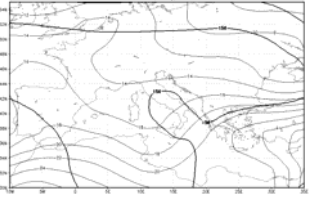
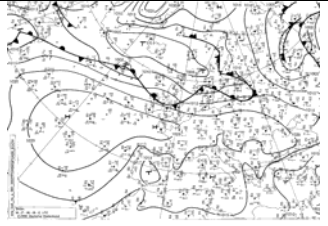
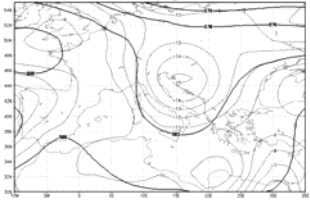
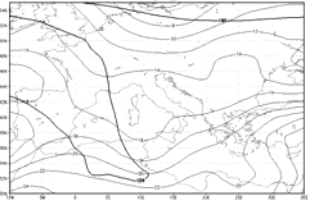
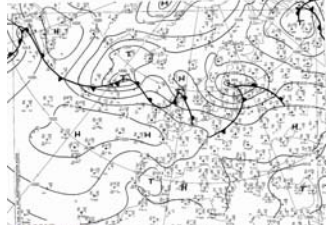
Ημέρα	500hPa	850hPa	Επιφάνεια
16/5/2008	 Ισχυροποίηση αντικυκλώνα βόρειας Αφρικής. Έξαρση στην Ιταλία. ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΑ. Θέρμανση από τα δυτικά 2,5°C/12 ώρες.	 Δ-ΝΔ άνεμοι στην Ελλάδα. Η ισόθερμη των 10°C διέρχεται από τη βόρεια Ελλάδα. Θέρμανση από τα δυτικά 3,5°C/12 ώρες.	 Υψηλές πιέσεις στην Ελλάδα. Άνεμοι δυτικών διευθύνσεων μέχρι μέτριοι.
17/5/2008	 Ισχυροποίηση αντικυκλώνα βόρειας Αφρικής. Έξαρση στη ΒΔ Ελλάδα. ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Δυτική ροή στη χώρα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΔ. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Νότιοι άνεμοι στην Ελλάδα. Θερμή μεταφορά από τα δυτικά (2,5°C/12 ώρες).	 Υψηλές πιέσεις στην Ελλάδα. Άνεμοι νοτίων διευθύνσεων και στο Αιγαίο ΒΔ.
26/5/2008	 Έξαρση στην κεντρική Μεσόγειο. Β-ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΑ. Θέρμανση από τα νότια 2°C/12 ώρες.	 Άνεμοι μεταβλητών διευθύνσεων στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ανατολικά (14°C). Θερμή μεταφορά από τα δυτικά (2°C/12 ώρες).	 Νότια επέκταση αντικυκλώνα βόρειας Ευρώπης. Υψηλές πιέσεις στην Ελλάδα. Στην Ελλάδα άνεμοι δυτικών διευθύνσεων.

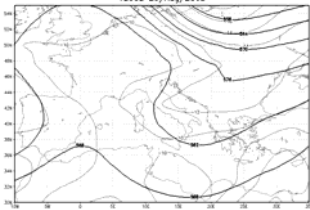
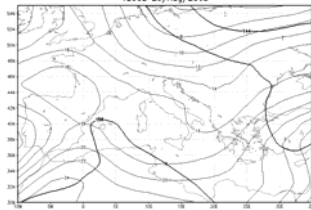
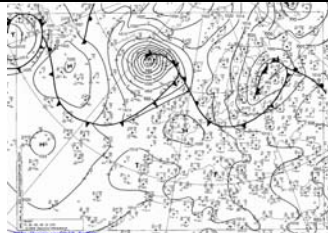
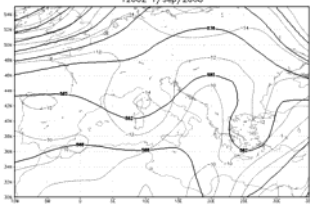
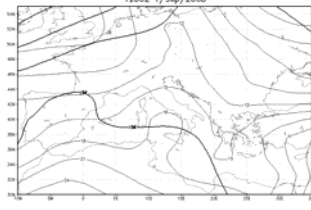
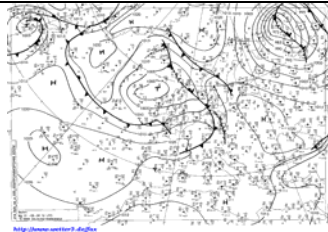
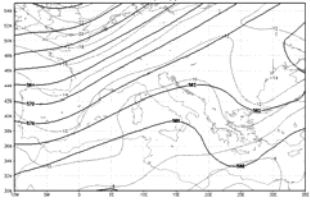
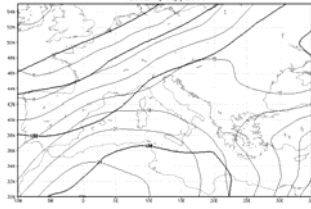
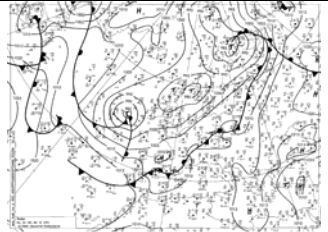
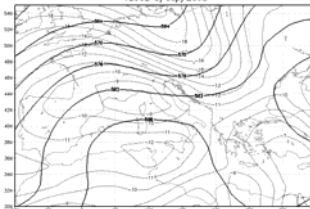
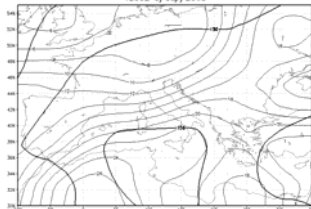
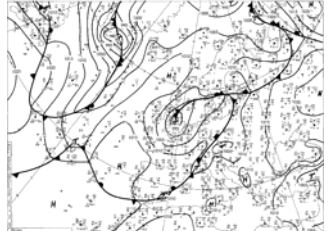
28/5/2008	 Ισχυροποίηση αντικυκλώνα βόρειας Αφρικής. Έξαρση στην Ιταλία. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΑ. Θέρμανση από τα νότια 2°C/12 ώρες	 Υψηλό γεωδυναμικών υψών στην Ελλάδα. Άνεμοι μεταβλητών διευθύνσεων στην Ελλάδα. Η ισόθερμη των 18°C διέρχεται από την κεντρικά και βόρεια Ελλάδα. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Αντικυκλώνας στην ευρύτερη περιοχή Ιταλίας-Ελλάδας. Άνεμοι βορείων διευθύνσεων μέχρι μέτριοι.
11/6/2008	 Αντικυκλώνας στη βόρεια Αφρική. Λεκάνη χαμηλών υψών στην ανατολική Ελλάδα. Έξαρση στο Ιόνιο. ΒΔ ρεύμα στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΑ. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Άνεμοι μεταβλητών διευθύνσεων στην Ελλάδα. Η ισόθερμη των 15°C διέρχεται από τη νότια Ελλάδα. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Αντικυκλώνας στα Βαλκάνια, χαμηλές πιέσεις ανατολικά της χώρας. Άνεμοι βορείων διευθύνσεων.
5/7/2008	 Ισχυροποίηση αντικυκλώνα της βόρειας Αφρικής. ΒΔ ρεύμα στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΑ. Θέρμανση από τα ΝΔ 2°C/12 ώρες.	 Δ-ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Η ισόθερμη των 18°C διέρχεται από τη βόρεια Ελλάδα. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Στην Ελλάδα ομαλό πεδίο πιέσεων. Άνεμοι Δ-ΒΔ στη χώρα.
6/7/2008	 Αντικυκλώνας στη βόρεια Αφρική. Έξαρση στην Ιταλία. ΒΔ ρεύμα στην Ελλάδα. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Ασθενής Δ-ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Η ισόθερμη των 15°C διέρχεται από τη βόρεια Ελλάδα. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Υψηλές πιέσεις στα Βαλκάνια και χαμηλό στην Τουρκία. Ασθενείς ετσεις.

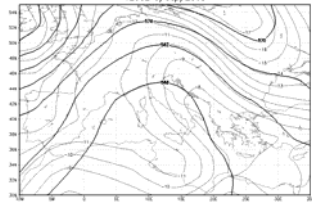
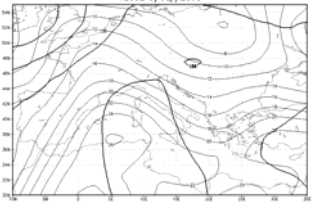
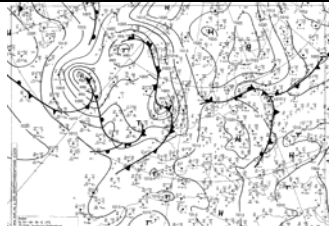
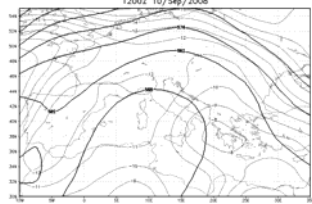
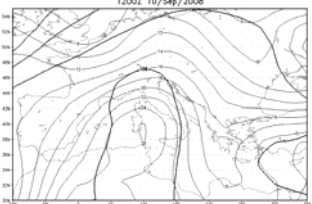
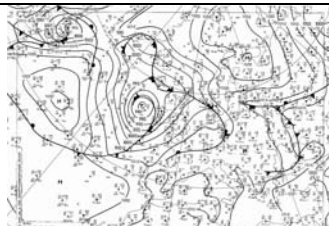
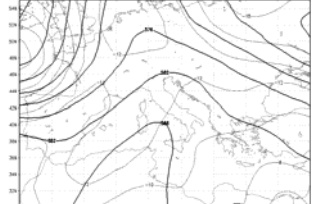
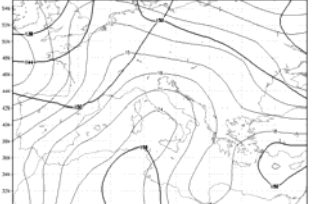
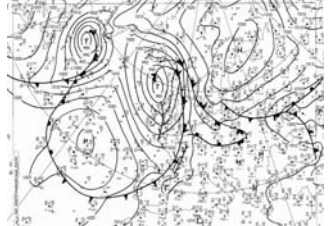
7/7/2008	 Αντικυκλώνας στη βόρεια Αφρική. Έξαρση στην Ελλάδα. ΒΔ ρεύμα. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Άνεμοι μεταβλητών διευθύνσεων στην Ελλάδα. Ψυχρή «γλώσσα» από τα βόρεια (18°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Αντικυκλώνες στην περιοχή ανάμεσα σε Ιταλία και Ελλάδα. Ασθενείς ετΗΣίες.
10/7/2008	 Αντικυκλώνας στη βόρεια Αφρική. Αυλώνας στην κεντρική Ελλάδα. ΒΔ ρεύμα στην Ελλάδα. Ψύξη στην κεντρική και νότια Ελλάδα, 2°C/12 ώρες.	 Ασθενής ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Η ισόθερμη 15°C διέρχεται από τη βόρεια Ελλάδα Ψυχρή «γλώσσα» από τα βόρεια.	 Ομαλό πεδίο πιέσεων στην Ελλάδα. Χαμηλές πιέσεις στην Τουρκία. Ασθενείς ετΗΣίες.
11/7/2008	 Αντικυκλώνας στη βόρεια Αφρική. Αυλώνας στην ανατολική Ελλάδα. Β-ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Ασθενής ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Ψυχρή «γλώσσα» από τα βόρεια. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Αντικυκλώνες στην Ιταλία και στα Βαλκάνια. ΕτΗΣίες άνεμοι.
12/7/2008	 Ισχυροποίηση αντικυκλώνα της βόρειας Αφρικής. Λεκάνη χαμηλών υψών ΝΑ της Ελλάδας. Άνεμοι βορείων διευθύνσεων στην Ελλάδα. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Μεταβλητοί ασθενείς άνεμοι στην Ελλάδα. Ψυχρή «γλώσσα» από τα βόρεια. . Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Χαμηλά σε δυτική και βόρεια Ευρώπη. Αντικυκλώνας στα ανατολικά Βαλκάνια. ΕτΗΣίες άνεμοι.

13/7/2008	 Αντικυκλώνας στη βόρεια Αφρική. Αποκοπή αυλώνα της ΝΑ Ελλάδας από την κυκλοφορία και δημιουργία χαμηλού στην Τουρκία. Άνεμοι βορείων διευθύνσεων στην Ελλάδα. Θέρμανση από τα ΝΔ 2°C/12 ώρες.	 Άνεμοι μεταβλητοί ασθενείς στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΑ (18°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Αντικυκλώνας στα ανατολικά Βαλκάνια. Χαμηλές πιέσεις στην Τουρκία. Ετησίες άνεμοι.
19/7/2008	 Αντικυκλώνας στη βόρεια Αφρική. Διέλευση αυλώνα από την Ελλάδα. Διέλευση ψυχρής μάζας από τα βόρεια.	 Ασθενείς ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Η ισόθερμη 18°C διέρχεται από τη βόρεια Ελλάδα. Ψυχρή μεταφορά από τα βόρεια (3°C/12ώρες).	 Στάσιμο μέτωπο στα ΒΑ. Άνεμοι βορείων διευθύνσεων στην Ελλάδα.
20/7/2008	 Χαμηλό στη ΒΔ Ευρώπη. Αντικυκλώνας στη βόρεια Αφρική. Αυλώνας στην ΝΑ Ελλάδα που συνοδεύεται από χαμηλές θερμοκρασίες (-8°C). Άνεμοι βορείων διευθύνσεων στη χώρα.	 Ασθενείς ανατολικοί άνεμοι στην Ελλάδα. Η ισόθερμη 18°C διέρχεται από τη βόρεια Ελλάδα. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Ομαλό πεδίο πιέσεων στην Ελλάδα. Χαμηλές πιέσεις στην Τουρκία. Ετησίες άνεμοι.
30/7/2008	 Ισχυροποίηση αντικυκλώνα βόρειας Αφρικής. Ισχυρή έξαρση στην Ιταλία. Άνεμοι βορείων διευθύνσεων στην Ελλάδα. Ομαλό πεδίο ισόθερμων στη χώρα.	 ΒΑ ροή στην Ελλάδα. Ψυχρή «γλώσσα» από τα βόρεια.	 Επέκταση αντικυκλώνα βόρειας Ευρώπης προς νότο. Χαμηλές πιέσεις ανατολικά της χώρας. Ισχυροί ετησίες άνεμοι.

31/7/2008	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 500hPa 1200Z 31/Jul/2008  Ισχυροποίηση αντικυκλώνα βόρειας Αφρικής. Ισχυρή έξαρση στην Ιταλία. Δ-ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Ομαλό πεδίο ισόθερμων. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 850hPa 1200Z 31/Jul/2008  ΒΑ άνεμοι στην Ελλάδα. Ψυχρή «γλώσσα» από τα βόρεια. Όχι περαιτέρω θερμικές μεταφορές.	 Επέκταση αντικυκλώνα βόρειας Ευρώπης προς νότο. Χαμηλές πιέσεις ανατολικά της χώρας. Ισχυροί ετησίες άνεμοι.
1/8/2008	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 500hPa 1200Z 1/Aug/2008  Ισχυροποίηση αντικυκλώνα βόρειας Αφρικής. Έξαρση στην Ιταλία. Δ-ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Ομαλό πεδίο ισόθερμων. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 850hPa 1200Z 1/Aug/2008  ΒΑ άνεμοι. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΑ (16°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Επέκταση αντικυκλώνα ανατολικής Ευρώπης προς νότο. Χαμηλές πιέσεις ανατολικά. Ισχυροί ετησίες άνεμοι.
6/8/2008	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 500hPa 1200Z 6/Aug/2008  Αντικυκλώνα της βόρειας Αφρικής. ΒΔ ρεύμα στην Ελλάδα. Έξαρση στη δυτική χώρα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΔ. Ψύξη στα βόρεια 2,0°C/12 ώρες.	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 850hPa 1200Z 6/Aug/2008  Άνεμοι μεταβλητοί ασθενείς στην Ελλάδα. Η ισόθερμη 20°C διέρχεται από τη βόρεια Ελλάδα. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Επέκταση του αντικυκλώνα της κεντρικής Ευρώπης προς νότο. Χαμηλό στα ΝΑ. Άκρη ψυχρού μετώπου στα Βαλκάνια. Ασθενείς ετησίες.
8/8/2008	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 500hPa 1200Z 8/Aug/2008  Αντικυκλώνας της βόρειας Αφρικής. Έξαρση στο Ιόνιο. ΒΔ ρεύμα στην Ελλάδα. Ομαλό πεδίο ισόθερμων. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	Geopotential Height [gpm] & Temperature [C] @ 850hPa 1200Z 8/Aug/2008  Ασθενείς ΒΑ άνεμοι στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΑ (18°C). Θέρμανση από τα δυτικά 2,5°C/12 ώρες.	 Επέκταση του αντικυκλώνα της ανατολικής Ευρώπης προς νότο. Χαμηλό στα ΝΑ. Ασθενείς ετησίες.

21/8/2008	 Ισχυροποίηση αντικυκλώνα βόρειας Αφρικής. Έξαρση στην Ιταλία. Δ-ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Ομαλό πεδίο ισόθερμων. Ψύξη από τα βόρεια 2°C/12ώρες.	 ΒΑ ροή στην Ελλάδα. Η ισόθερμη 18°C διέρχεται από τη βόρεια Ελλάδα. Ψύξη από τα βόρεια 2,5°C/12ώρες.	 Επέκταση αντικυκλώνα της ανατολικής Ευρώπης προς νότο. Χαμηλές πιέσεις στην Τουρκία. Ισχυροί ετησίες άνεμοι.
26/8/2008	 Αβαθές χαμηλό στην Ιταλία που συνοδεύεται από ψυχρή λίμνη (-13°C). Λεκάνη χαμηλών υψών στην κεντρική Μεσόγειο. ΝΔ ροή στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΔ. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Ανατολικοί άνεμοι στην Ελλάδα. Η ισόθερμη 18°C διέρχεται από τη βόρεια Ελλάδα. Θέρμανση από τα νότια 2,0°C/12 ώρες.	 Ανατολική επέκταση του αντικυκλώνα των Αζορών. Χαμηλό στην Τουρκία. Ετησίες άνεμοι.
27/8/2008	 Χαμηλό στην Ιταλία που συνοδεύεται από ψυχρή λίμνη (-14°C). ΝΔ ροή στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΔ. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 ΒΑ άνεμοι. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΔ. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Τα ανατολικά κράσπεδα του αντικυκλώνα των Αζορών επηρεάζουν τα δυτικά Βαλκάνια. Χαμηλότερες πιέσεις ανατολικά της χώρας. Ετησίες άνεμοι.
28/8/2008	 Λεκάνη χαμηλών υψών στην Ιταλία συνοδευόμενη από αυλώνα και ψυχρή λίμνη (-15°C). ΝΔ ρεύμα στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΔ. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Ασθενείς Α-ΒΑ άνεμοι στην Ελλάδα. Η ισόθερμη 16°C διέρχεται από τη βόρεια Ελλάδα. Ψύξη από τα βόρεια 2,5°C/12 ώρες.	 Υψηλές πιέσεις στα Βαλκάνια λόγω ανατολικής επέκτασης του αντικυκλώνα των Αζορών. Επίσης, χαμηλές πιέσεις ΝΑ της χώρας. Ετησίες άνεμοι.

29/8/2008	 Ωμέγα blocking στη δυτική Ευρώπη. ΝΔ ροή στην Ελλάδα. Αυλώνας δυτικά της χώρας που συνοδεύεται από ψυχρή μάζα (-15°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Ασθενής δυτική ροή στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΔ (16°C). Ψύξη από τα ΒΔ $2^{\circ}\text{C}/12\text{ώρες}$.	 Ομαλό πεδίο στην Ελλάδα. Άνεμοι Δ-ΒΔ μέχρι μέτριοι.
1/9/2008	 Αντικυκλώνας στη βόρεια Αφρική. Αυλώνας στην κεντρική Μεσόγειο, έξαρση στα δυτικά Βαλκάνια. Αυλώνας πάνω από το Αιγαίο που συνοδεύεται από χαμηλές θερμοκρασίες (-12°C). Θέρμανση από τα δυτικά $2,5^{\circ}\text{C}/12\text{ώρες}$.	 Μεταβλητοί ασθενείς άνεμοι στη χώρα. Ψυχρή «γλώσσα» από τα βόρεια (12°C). Θέρμανση από τα δυτικά $3^{\circ}\text{C}/12\text{ώρες}$.	 Επέκταση αντικυκλώνα της ανατολικής Ευρώπης προς νότο. Χαμηλές πιέσεις νοτιοανατολικά της χώρας. Ισχυροί ετησίες άνεμοι.
4/9/2008	 Ζωνική ροή στην Ευρώπη. Έξαρση στο Ιόνιο, αυλώνας στην ανατολική Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΑ. Θέρμανση από τα δυτικά $2,5^{\circ}\text{C}/12\text{ώρες}$.	 Μεταβλητοί ασθενείς άνεμοι στην Ελλάδα. Θέρμανση από τα δυτικά $3^{\circ}\text{C}/12\text{ώρες}$.	 Υψηλές πιέσεις στην Ελλάδα. Άνεμοι ΒΔ μέχρι μέτριοι.
8/9/2008	 Αντικυκλώνας στη βόρεια Αφρική. ΒΔ ροή. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΔ. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Ασθενείς Δ-ΒΔ άνεμοι στην Ελλάδα. Η ισόθερμη 20°C διέρχεται από τη βόρεια Ελλάδα. Ψύξη $2,5^{\circ}\text{C}/12\text{ώρες}$ από τα βόρεια.	 Επέκταση του αντικυκλώνα της ανατολικής Ευρώπης προς νότο. Χαμηλές πιέσεις στην Τουρκία. Ετησίες άνεμοι.

9/9/2008	 Ισχυροποίηση αντικυκλώνα της βόρειας Αφρικής. Β-ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Μεταβλητοί ασθενείς οι άνεμοι στην Ελλάδα. Η ισόθερμη 16°C διέρχεται από τη βόρεια Ελλάδα. Ψύξη από τα βόρεια 3°C/12 ώρες.	 Αντικυκλώνας στα Βαλκάνια. Χαμηλές πιέσεις ανατολικά της Ελλάδας. Ετησίες άνεμοι.
10/9/2008	 Ισχυροποίηση αντικυκλώνα της βόρειας Αφρικής. Θερμή μάζα αέρα εγκλωβισμένη από ψυχρότερες. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές. Βόρειοι άνεμοι στη χώρα.	 Μεταβλητοί ασθενείς οι άνεμοι στην Ελλάδα. Η ισόθερμη 16°C διέρχεται από τη βόρεια Ελλάδα. Ψυχρή «γλώσσα» από τα βόρεια (18°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Υψηλές πιέσεις στα Βαλκάνια και χαμηλές στην Τουρκία. Ετησίες άνεμοι.
11/9/2008	 Ισχυροποίηση αντικυκλώνα της βόρειας Αφρικής. ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Ομαλό πεδίο ισόθερμων. Ψύξη από τα βόρεια 2°C/12 ώρες.	 Χαμηλό στη ΝΑ Ελλάδα. Μεταβλητοί ασθενείς οι άνεμοι στη χώρα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΑ (15°C). Ψυχρή «γλώσσα» από τα βόρεια (18°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Υψηλές πιέσεις στα Βαλκάνια και χαμηλές στην Τουρκία. Ετησίες άνεμοι.

4.2.2. Περιγραφή των επικρατούντων καιρικών καταστάσεων

α. Χαρακτηριστικά στις δορυφορικές εικόνες

Σε όλες τις περιπτώσεις που αναφέρθηκαν, υπάρχουν πολλά κοινά στοιχεία. Καταρχήν, είναι δυνατό να διακρίνει κανείς κυρίως στο ορατό κανάλι του σχήματος 4.7 τη χαρακτηριστική γραμμή νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης πάνω από την οροσειρά της Πίνδου. Συχνή είναι και η εμφάνισή τους πάνω από τα βόρεια-βορειοανατολικά ορεινά αλλά και πάνω από τον Όλυμπο. Για το λόγο αυτό πραγματοποιείται λεπτομερής ανάλυση για τις περιοχές αυτές και γίνεται προσπάθεια συσχέτισης των νεφών με τις αντίστοιχες συνοπτικές αλλά και μέσης κλίμακας καταστάσεις.

Γενικά, στις δορυφορικές εικόνες αναπτύσσονται νέφη Cu, TCu και σε λίγες περιπτώσεις Cb. Τα Cu εμφανίζονται είτε ως μεμονωμένα είτε διάσπαρτα είτε με τη διάταξη κυψελοειδών νεφών κλειστού τύπου (21/8). Τα Cb εμφανίζονται πάντα ως μεμονωμένα σε διάφορες ορεινές περιοχές. Πρόκειται για τις 16/5 (BA), 17/5 (BΔ), 28/5 (BΔ), 11/6 (BA), 10/7 (Πελοπόννησος), 11/7 (δυτικά), 27/8 (BΔ), 28/8 (BΔ), 29/8 (BΔ), 8/9 (BΔ) και 11/9 (BΔ).

Μόλις σε τέσσερις περιπτώσεις διακρίνονται νέφη Ci. Συνήθως πρόκειται για αραιά Ci πάνω από θαλάσσιες περιοχές που έχουν ακανόνιστη μορφή. Μόνο στις 11/6 διακρίνονται παχιά Ci. Επίσης, Ci προκύπτουν και από τις κορυφές των Cb, κατά το στάδιο της διάλυσής τους, σχηματίζοντας χαρακτηριστικές γραμμές κατά τη διεύθυνση των ανέμων της ανώτερης ατμόσφαιρας (11/6). Τέλος, δε διακρίνονται νέφη Sc αλλά και κυματοειδή νέφη σε καμία από τις περιπτώσεις που εξετάζονται.

Όσον αφορά τη μελέτη στο κανάλι των υδρατμών, δεν φαίνεται να υπάρχει συσχέτιση γέννησης νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης και ορίου ξηρής-υγρής περιοχής. Εξάιρεση αποτελούν οι 28/5 και 27/8. Όπως και στο προηγούμενο κεφάλαιο, το ανομοιογενές ανάγλυφο της Ελλάδας φαίνεται να δημιουργεί συνθήκες διαφορετικής θέρμανσης των παρεδάφιων στρωμάτων με βάση συγκλίσεις τοπικής κλίμακας, όπως ορογραφία και θαλάσσια αύρα. Επομένως, οι μέσης κλίμακας παράγοντες αποτελούν υπερτερούν από τους συνοπτικούς ως προς τη γέννηση νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης.

Οι ασθενείς συνοπτικές καταστάσεις που επικρατούν σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις του παρόντος κεφαλαίου, έχουν ως αποτέλεσμα τη μετατόπιση του αεροχειμάρρου σε βορειότερα γεωγραφικά πλάτη. Στην Ελλάδα εμφανίζεται μόνο στις 16/5 (BA), 17/5 (ανατολικά), 11/6 (BA) και 8/9 (BA) λόγω των ξηρών και στενών εκτεταμένων περιοχών στην εικόνα των υδρατμών (Σχήμα 4.8).

Ο περιορισμός της καθ' ύψους ανάπτυξης των νεφών έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό των κεραμιδι αποχρώσεων των νεφών στις εικόνες RGB day microphysical, δηλαδή παρουσία ισχυρών καταιγιδοφόρων νεφών με μικρά παγοκρυστάλλια. Υπάρχουν κοκκινωπά νέφη που αντιστοιχούν σε TCu ή Cb όχι όμως ισχυρών. Τα Cu εμφανίζονται με ανοιχτές ροζ αποχρώσεις, λόγω της ισχυρής συνεισφοράς του μπλε που αντιστοιχεί σε μεγάλη θερμοκρασία κορυφής. Όπως και στο προηγούμενο κεφάλαιο, είναι δύσκολη η εκτίμηση προσδιορισμού της διεύθυνσης του ανέμου των υψηλότερων τροποσφαιρικών στρωμάτων από τις κορυφές των διαλυόμενων Cb. Εξάιρεση αποτελεί η 11/6 στα BA.

Επίσης, η γενικά περιορισμένη καθ' ύψος ανάπτυξη των νεφών συνδυάζεται με απουσία κίτρινων αποχρώσεων στο συνδυασμό 5-6, 4-9, 3-1. Εξάιρεση αποτελούν οι περιπτώσεις καταιγιδοφόρων νεφών, ιδιαίτερα οι 17/5 και 10/7, όπου φαίνεται να υπάρχει σημαντική ανάπτυξη με έντονα φαινόμενα. Επικρατούν γενικά οι κοκκινωπές αποχρώσεις που αντιστοιχούν σε νέφη με περιορισμένο αριθμό παγοκρυσταλλιδίων μικρών διαστάσεων. Τα αραιά Ci εμφανίζονται με βαθιές ροζ αποχρώσεις.

Όπως προαναφέρθηκε, ο περιορισμός της συχνότητας εμφάνισης σημαντικών συνοπτικών συστημάτων τη θερινή περίοδο στην Ελλάδα, έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό των περιπτώσεων εμφάνισης του αεροχειμάρρου. Εξάιρεση αποτελούν οι περιπτώσεις 16/5, 17/5, 11/6 και 8/9, όπου ο αεροχείμαρρος εμφανίζεται με κοκκινωπές αποχρώσεις. Μόνο στις 16/5 και 17/5 εντοπίζεται μετωπική διάταξη δυτικά της Ελλάδας. Οι καταστάσεις αυτές αποτυπώνονται στις εικόνες του συνδυασμού 5-6, 8-9, 5i. Επίσης, οι

μπλε περιοχές που αντιστοιχούν σε χαμηλές θερμοκρασίες της μέσης και ανώτερης ατμόσφαιρας φαίνεται να απουσιάζουν πλήρως από τις πρώτες ημέρες του Ιουλίου μέχρι τις πρώτες του Σεπτεμβρίου. Αντίθετα επικρατούν οι πράσινες αποχρώσεις. Αξίζει να σημειωθεί ότι στις 1/9, η παρουσία νεφικού στροβίλου στο ανατολικό Αιγαίο σχετίζεται άμεσα με την παρουσία ψυχρής μάζας στην περιοχή. Επίσης, τα Cb και TCu εμφανίζονται με έντονα λευκά χρώματα, εφόσον υπάρχει σημαντική συνεισφορά και των τριών χρωμάτων. Σε περιπτώσεις όμως που τα Cb είναι ενσωματωμένα μέσα σε παχιά Ci, είναι πολύ δύσκολος ο εντοπισμός τους.

Όσον αφορά στον κύκλο ζωής των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης, τα πρώτα κύτταρα αρχίζουν να δημιουργούνται τις πρωινές ώρες γύρω στις 8:30-9:00 UTC, δηλαδή μια ώρα αργότερα περίπου σε σχέση με το κεφάλαιο 4.1. Η ανάπτυξη των πρώτων κυττάρων παρατηρείται κυρίως πάνω περιοχές της κορυφογραμμής της οροσειράς της Πίνδου και επομένως πρόκειται εξολοκλήρου για αποτέλεσμα του μηχανισμού της ορογραφίας. Οι επιφανειακοί άνεμοι του κεντρικού ηπειρωτικού κορμού της χώρας εμφανίζονται γενικά εξασθενημένοι και επομένως ο μηχανισμός της ορογραφίας υπερτερεί, σε αντίθεση με το κεφάλαιο 4.1.

Από τη μελέτη διαδοχικών δορυφορικών εικόνων διαπιστώνεται ότι τα νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης έχουν μικρό κύκλο ζωής, 2-3 ώρες περίπου. Όταν τα νέφη αυτά εξελιχθούν σε Cb, τότε έχουν μεγαλύτερο χρόνο ζωής, ο οποίος φτάνει τις 4 ώρες περίπου. Τη διάλυση όμως των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης, ακολουθεί σχηματισμός νέων, σε κοντινές πάντα ορεινές περιοχές. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται και κορυφώνεται τις μεσημεριανές ώρες οπότε λαμβάνει και η μέγιστη λαμπρότητα στο ορατό αλλά και στο υπέρυθρο. Ο κύκλος εξασθενεί στις 16:00-17:00 UTC οπότε και παύει να υφίσταται το αίτιο της γέννησης των νεφών αυτών. Η εξασθένηση του κύκλου είναι δυνατό να λάβει χώρα 2-3 ώρες αργότερα, κυρίως σε περιπτώσεις εμφάνισης Cb.

Όμως, όπως προαναφέρθηκε, στις περισσότερες περιπτώσεις που εξετάζονται στην κατηγορία αυτή, η καθ' ύψος ανάπτυξη των νεφών δεν είναι πολύ μεγάλη. Συνεπώς, η ταχύτητά τους είναι σχετικά μικρή, εφόσον πηδαλιουχούνται από ανέμους της μέσης και κατώτερης τροπόσφαιρας. Ο μικρός χρόνος ζωής των ορογραφικών αναπτύξεων σε συνάρτηση με τη μικρή τους ταχύτητα έχει ως αποτέλεσμα να διανύουν μικρές σχετικά αποστάσεις, σχεδόν πάντα πάνω από ορεινά-ημιορεινά τμήματα. Είναι πολύ χαρακτηριστική η τάση διάλυσης των νεφών αυτών όταν μετακινούνται πάνω από πεδινές περιοχές, σε αντίθεση με το κεφάλαιο 4.1.

β. Συνοπτικά χαρακτηριστικά

Η κατηγοριοποίηση των προηγούμενων περιπτώσεων με βάση τα συνοπτικά χαρακτηριστικά τους, έδωσε τις παρακάτω κατηγορίες:

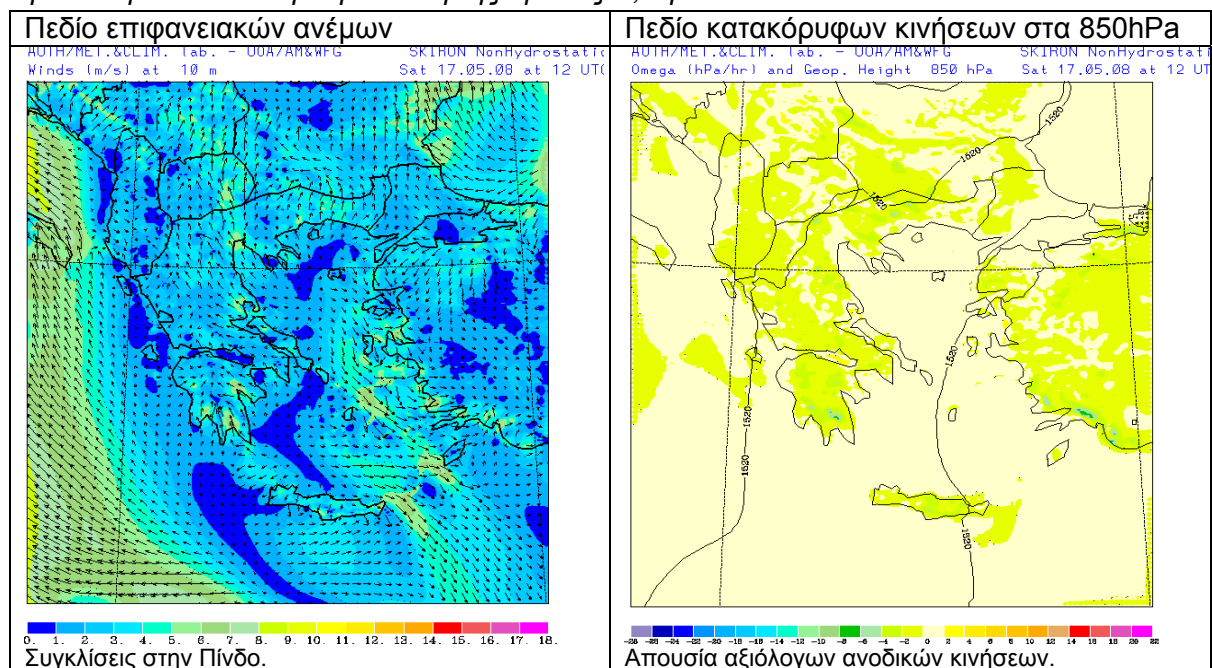
A) Ισχυροποίηση του υψηλού των γεωδυναμικών υψών της βόρειας Αφρικής απουσία ετησιών ανέμων και παρουσία θερμικών μεταφορών

Κύριο χαρακτηριστικό της κατηγορίας αυτής είναι η ισχυροποίηση του υψηλού των γεωδυναμικών υψών της Β. Αφρικής σε συνάρτηση με την απουσία ετησιών ανέμων και την παρουσία έντονων θερμών μεταφορών στη μέση και κατώτερη τροπόσφαιρα από τα ΝΔ.

Η συνοπτική αυτή κατάσταση εμφανίζεται στις 16/5, 17/5, 26/5 και 28/5. Τα κυριότερα συνοπτικά χαρακτηριστικά που παρατηρούνται είναι τα εξής:

- Στο επίπεδο των 500hPa παρατηρείται ισχυροποίηση του υψηλού των γεωδυναμικών υψών της Β. Αφρικής. Το πεδίο των ισοϋψών δηλώνει αντικυκλωνική ροή λόγω ύπαρξης εξάρσεων στην περιοχή μεταξύ Ιταλίας και Ελλάδας, οι οποίες σε ορισμένες περιπτώσεις είναι ισχυρές. Στην Ελλάδα η ροή είναι ΒΔ. Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της ομάδας αυτής είναι η θέρμανση στο επίπεδο των 500hPa. Αιτία αποτελεί η ισχυροποίηση του αντικυκλώνα της Β. Αφρικής που διοχετεύει τις περιοχές της χώρας μας, κυρίως τις ΝΔ, με θερμές αέριες μάζες.
- Στο επίπεδο των 850hPa οι άνεμοι πνέουν μεταβλητοί ασθενείς με εξαίρεση την 16/5 (Δ-ΝΔ) και την 17/5 (νότιοι). Επίσης, παρατηρούνται αξιοσημείωτες θερμές μεταφορές, δηλαδή μεγαλύτερες από 2°C/12ώρες, διοχετεύοντας στην Ελλάδα από τα ΝΔ υγρές και θερμές αέριες μάζες. Οι θερμές μεταφορές στην κατώτερη και μέση τροπόσφαιρα ενθαρρύνουν την ανάπτυξη CF νεφών, όχι όμως και Cb. Η ανάπτυξη Cb στα ΒΑ και ΒΔ ορεινά αντίστοιχα, συνδέεται με την παρουσία ψυχρών μαζών στο επίπεδο των 500hPa (Σχήμα 4.8). Τέλος, το πεδίο κατακόρυφων κινήσεων είναι ασθενές.
- Στην επιφάνεια επικρατούν υψηλές πιέσεις στην Ελλάδα είτε λόγω παρουσίας αντικυκλωνικών συστημάτων στην ευρύτερη περιοχή Ιταλίας-Ελλάδας είτε λόγω επέκτασης αντικυκλώνων της κεντρικής Ευρώπης προς τα νότια. Οι πιέσεις όμως στην Τουρκία δεν είναι πολύ χαμηλές και ο συνδυασμός των ετησιών δεν υφίσταται. Από το σχήμα 4.9 φαίνεται να ευνοούνται οι τοπικές κυκλοφορίες και συγκεκριμένα ο μηχανισμός της ορογραφίας.

Σχήμα 4.9. Πεδίο ανέμου στην επιφάνεια και κατακόρυφων κινήσεων στο επίπεδο των 850hPa με βάση τα προγνωστικά δεδομένα του αριθμητικού μοντέλου καιρού SKIRON για την αντιπροσωπευτική περίπτωση της ομάδας Α, την 17/5.



Από το σχήμα 4.7, διαπιστώνεται σε όλες τις περιπτώσεις της ομάδας αυτής η ύπαρξη νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης στην Πίνδο και στον Όλυμπο. Το ίδιο συμπέρασμα ισχύει και για τα ΒΑ ορεινά, με εξαίρεση την 28/5. Οι αναπτύξεις στην περιοχή αυτή ευνοούνται είτε λόγω εμφάνισης συγκλίσεων μεταξύ της ροής βόρειας προέλευσης και της θαλάσσιας αύρας των ΒΑ παράκτιων τμημάτων (26/5), είτε λόγω ενίσχυσης του μηχανισμού της θαλάσσιας αύρας και εξασθένησης των ανέμων της βόρειας πλευράς (16/5, 17/5). Η περαιτέρω όμως ενίσχυση της θαλάσσιας αύρας αποτελεί αποτρεπτικό παράγοντα γέννησης νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης στην περιοχή (28/5).

Επίσης στα ορεινά της Πελοποννήσου οι αναπτύξεις είναι πολύ λιγότερες από τα κεντρικά και βόρεια τμήματα της οροσειράς της Πίνδου. Εξαίρεση αποτελεί η 16/5. Η ανάπτυξη TCu αλλά και καταιγιδόφρων νεφών στην Πελοπόννησο την ημέρα αυτή πιθανόν να σχετίζεται με τη ζώνη σύγκλισης στην περιοχή.

B) Ισχυροποίηση του υψηλού των γεωδυναμικών υψών της βόρειας Αφρικής απουσία ετησιών ανέμων και θερμικών μεταφορών

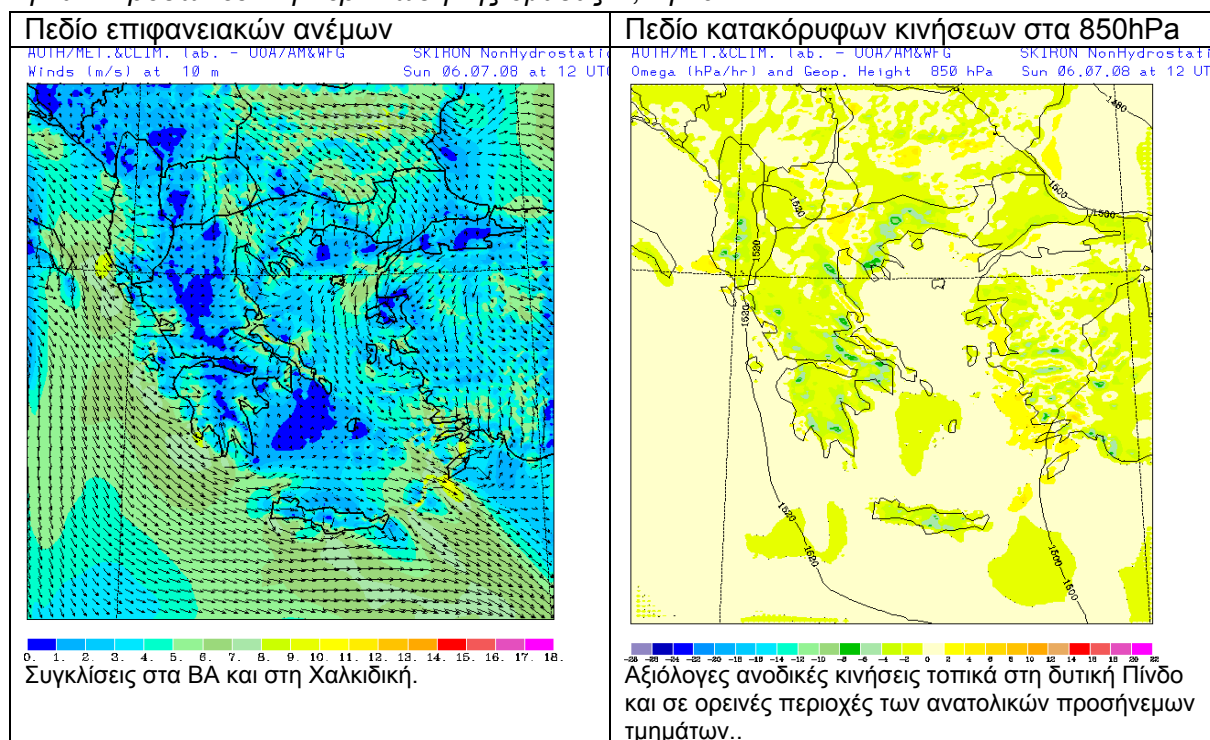
Κύριο χαρακτηριστικό των περιπτώσεων αυτών είναι η ισχυροποίηση του υψηλού των γεωδυναμικών υψών της βόρειας Αφρικής, απουσία αξιόλογων θερμικών μεταφορών και ετησιών ανέμων.

Η ομάδα αυτή εμφανίζεται στις 5/7, 6/7 και 7/7. Τα κυριότερα συνοπτικά στοιχεία που εμφανίζονται είναι τα εξής:

- Στο επίπεδο των 500hPa παρατηρούνται εξάρσεις στην Ιταλία ή στην Ελλάδα. Το γεγονός όμως αυτό δε συνδέεται με θερμές μεταφορές στην Ελλάδα, σε αντίθεση με την ομάδα Α.
- Στο επίπεδο των 850hPa η ροή στην Ελλάδα είναι ΒΔ. Δεν παρατηρούνται αξιόλογες θερμικές μεταφορές, σε αντίθεση με την ομάδα Α. Μελέτη του πεδίου κατακόρυφων κινήσεων δείχνει αξιόλογες ανοδικές κινήσεις στη δυτική Πίνδο αλλά και σε ορεινές περιοχές των ανατολικών προσήνεμων τμημάτων.
- Στην επιφάνεια παρατηρείται ομαλοποίηση του πεδίου των ισοβαρών. Επίσης ο συνδυασμός των ετησιών ανέμων φαίνεται εξασθενημένος. Στην Ελλάδα οι άνεμοι πνέουν Δ-ΒΔ ασθενούς-μέτριας εντάσεως.

Στην ομάδα αυτή η χωρική κατανομή των νεφών είναι ακανόνιστη (Σχήμα 4.7). Πιθανή αιτία είναι η ασθενούς-μέτριας εντάσεως δυτική επιφανειακή ροή (κυρίως στις 5/7 και 7/7), η οποία περιορίζει αισθητά το μηχανισμό της ορογραφίας σε ορισμένες περιοχές. Στις 5/7 και στις 6/7 παρατηρούνται όμως τοπικές συγκλίσεις στα ορεινά της Χαλκιδικής και των ΒΑ τμημάτων οι οποίες συνδέονται με την εμφάνιση νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης στις περιοχές αυτές (Σχήμα 4.10).

Σχήμα 4.10. Πεδίο ανέμου στην επιφάνεια και κατακόρυφων κινήσεων στο επίπεδο των 850hPa με βάση τα προγνωστικά δεδομένα του αριθμητικού μοντέλου καιρού SKIRON για την αντιπροσωπευτική περίπτωση της ομάδας Β, την 6/7.



Γ) Ισχυροποίηση του υψηλού των γεωδυναμικών υψών της βόρειας Αφρικής παρουσία ετθσιών ανέμων

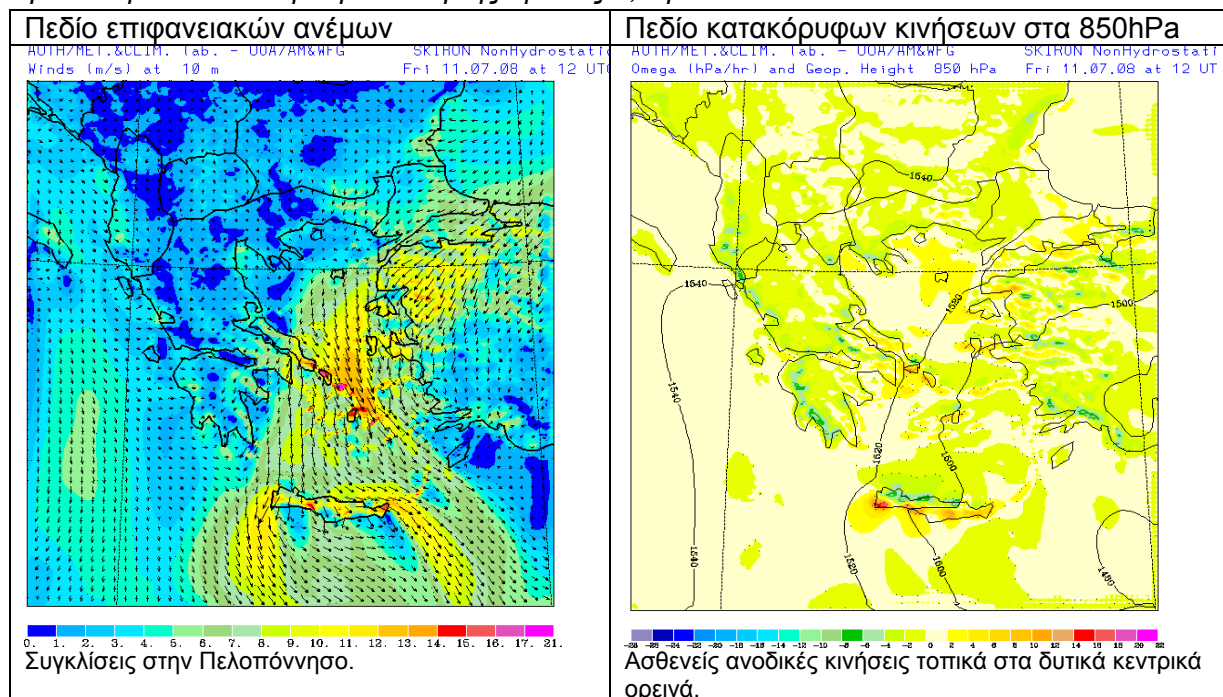
Κύριο χαρακτηριστικό της κατηγορίας αυτής είναι η ισχυροποίηση του υψηλού των γεωδυναμικών υψών της Β. Αφρικής σε συνάρτηση με την παρουσία ετθσιών ανέμων. Η ομάδα αυτή εμφανίζεται σε αρκετές περιπτώσεις (11/6, 11/7, 12/7, 13/7, 20/7, 6/8, 8/8, 1/9, 4/9, 21/8, 8/9, 9/9, 10/9 και 11/9). Τα κυριότερα συνοπτικά στοιχεία που εμφανίζονται είναι τα εξής:

- Όπως και στις προηγούμενες κατηγορίες, η μελέτη στο επίπεδο των 500hPa δείχνει ότι η κατάσταση αυτή που αποτυπώνεται στη δορυφορική εικόνα είναι αποτέλεσμα ΒΔ κυκλοφορίας πάνω από τον ελλαδικό χώρο που συνοδεύεται από αντικυκλωνική δραστηριότητα. Αυτό οφείλεται σε εξάρσεις που λαμβάνουν χώρα δυτικά της Ελλάδας (Ιταλία, Ιόνιο, δυτικά Βαλκάνια) κυρίως λόγω της ΒΑ επέκτασής του αντικυκλώνα της βόρειας Αφρικής. Η ισχυροποίησή του έχει ως αποτέλεσμα την αποτροπή της κίνησης χαμηλών που προέρχονται από τη δυτική και τη ΒΔ Ευρώπη προς νότο. Οι θερμικές μεταφορές στο στρώμα 850-500hPa δεν αποτελούν ουσιαστική παράμετρο της ομάδας αυτής.
- Στο επίπεδο των 850hPa οι άνεμοι είναι μεταβλητών διευθύνσεων ή ασθενείς Δ-ΒΔ στα κεντρικά ηπειρωτικά. Θερμικές μεταφορές αν και υφίστανται σε τέσσερις περιπτώσεις, δεν αποτελούν ουσιαστική παράμετρο της ομάδας αυτής.
- Στην επιφάνεια παρατηρούνται υψηλές πιέσεις στην Ελλάδα είτε λόγω νότιας επέκτασης αντικυκλώνων της ανατολικής Ευρώπης προς τα Βαλκάνια και την Ελλάδα

είτε λόγω ύπαρξης κλειστών αντικυκλωνικών συστημάτων στα Βαλκάνια. Επίσης παρατηρούνται ετησίες άνεμοι στο Αιγαίο που ισχυροποιούνται στις 11-13/7 και 21/8 και ασθενείς δυτικοί ή μεταβλητών διευθύνσεων άνεμοι στα κεντρικά ηπειρωτικά. Τέλος, παρατηρείται απουσία βαρομετρικών χαμηλών στα Βαλκάνια και στην Ελλάδα ενώ είναι χαρακτηριστική η απουσία μετώπων στην περιοχή.

Στην ομάδα αυτή είναι πιο ευδιάκριτη η γραμμή νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης κατά μήκος της οροσειράς της Πίνδου σε σχέση με τις κατηγορίες Α και Β όπου δεν ήταν τόσο σαφής η διάταξή τους (Σχήμα 4.7). Οι συγκλίσεις στην Πίνδο ευνοούνται όταν πνέουν ασθενείς ετησίες άνεμοι και ασθενές δυτικό ρεύμα στα δυτικά παράκτια. Ισχυρές ετησίες ή ισχυρό δυτικό ρεύμα στην επιφάνεια περιορίζουν σημαντικά τις συγκλίσεις.

Σχήμα 4.11. Πεδίο ανέμου στην επιφάνεια και κατακόρυφων κινήσεων στο επίπεδο των 850hPa με βάση τα προγνωστικά δεδομένα του αριθμητικού μοντέλου καιρού SKIRON για την αντιπροσωπευτική περίπτωση της ομάδας Γ, την 11/7.



Νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης εντοπίζονται στα ΒΑ ορεινά σε έξι περιπτώσεις (11/6, 20/7, 6/8, 8/8, 4/9 και 10/9). Μεγαλύτερη είναι η συχνότητα εμφάνισής τους στον Όλυμπο ενώ στη Χαλκιδική εμφανίζονται μόνο σε τρεις περιπτώσεις. Όπως και στις ομάδες Α και Β, σημαντική καθ' ύψος ανάπτυξη των νεφών περιορίζεται σημαντικά.

Εμφάνιση Cb λαμβάνει χώρα μόνο στις 11/6 (ΒΑ ορεινά), στις 11/7 (ορεινά ΒΔ Ελλάδας και Πελοποννήσου), στις 8/9 (ΒΔ ορεινά) και 11/9 (ΒΔ ορεινά). Αιτία φαίνεται να είναι η παρουσία ψυχρών μαζών στο επίπεδο των 500hPa και μόνο στις 11/9 φαίνεται να υπάρχει συσχέτιση καταιγιδοφόρων νεφών με έντονη ψυχρή μεταφορά.

Οι τοπικές συγκλίσεις αποτελούν σημαντικό παράγοντα ανύψωσης και επομένως δημιουργία νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης, όμως από μόνες τους δεν είναι δυνατό να οδηγήσουν στη δημιουργία καταιγιδοφόρων νεφών. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα

αποτελεί η περίπτωση της 4/9 όπου παρατηρείται αξιόλογη ζώνη σύγκλισης στην Πίνδο που δε συνοδεύεται όμως από καταιγιδόφορα νέφη. Ωστόσο, στις περιοχές αυτές εντοπίζονται νέφη Cu.

Συμπερασματικά, ο αέρας των κατώτερων στρωμάτων κινείται ανοδικά λόγω μηχανικού αιτίου (ορογραφία-τοπικές συγκλίσεις) και όταν συναντά ψυχρά στρώματα αέρα καθ' ύψος γίνεται περισσότερο ασταθής και είναι δυνατό να οδηγήσει στην ανάπτυξη καταιγιδοφόρων νεφών.

Στα ΒΑ ορεινά αποτρεπτικός παράγοντας εμφάνισης νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης είναι οι ισχυροί ετησίες που δημιουργούν Β-ΒΑ ανέμους στην περιοχή αυτή αφενός γιατί εμποδίζουν το μηχανισμό της ορογραφίας, αφετέρου γιατί περιορίζουν σημαντικά τη θαλάσσια αύρα στα ΒΑ παράκτια. Η θαλάσσια αύρα είναι πολύ σημαντικός παράγοντας επειδή είναι δυνατό να οδηγήσει σε τοπικές συγκλίσεις αλλά και στη μεταφορά υγρασίας στη νότια προσήνεμη πλευρά των ορεινών της ΒΑ Ελλάδας. Στις περιπτώσεις εμφάνισης νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης στα ΒΑ ορεινά (11/6, 20/7, 6/8, 8/8, 4/9 και 10/9) η θαλάσσια αύρα στα ΒΑ παράκτια υφίσταται αλλά και στα ορεινά πνέουν άνεμοι μεταβλητών διευθύνσεων.

Δ) Χαμηλό στην Αδριατική στο επίπεδο των 500hPa.

Τα κυριότερα συνοπτικά στοιχεία που εμφανίζονται είναι τα εξής (26/8, 27/8 και 28/8):

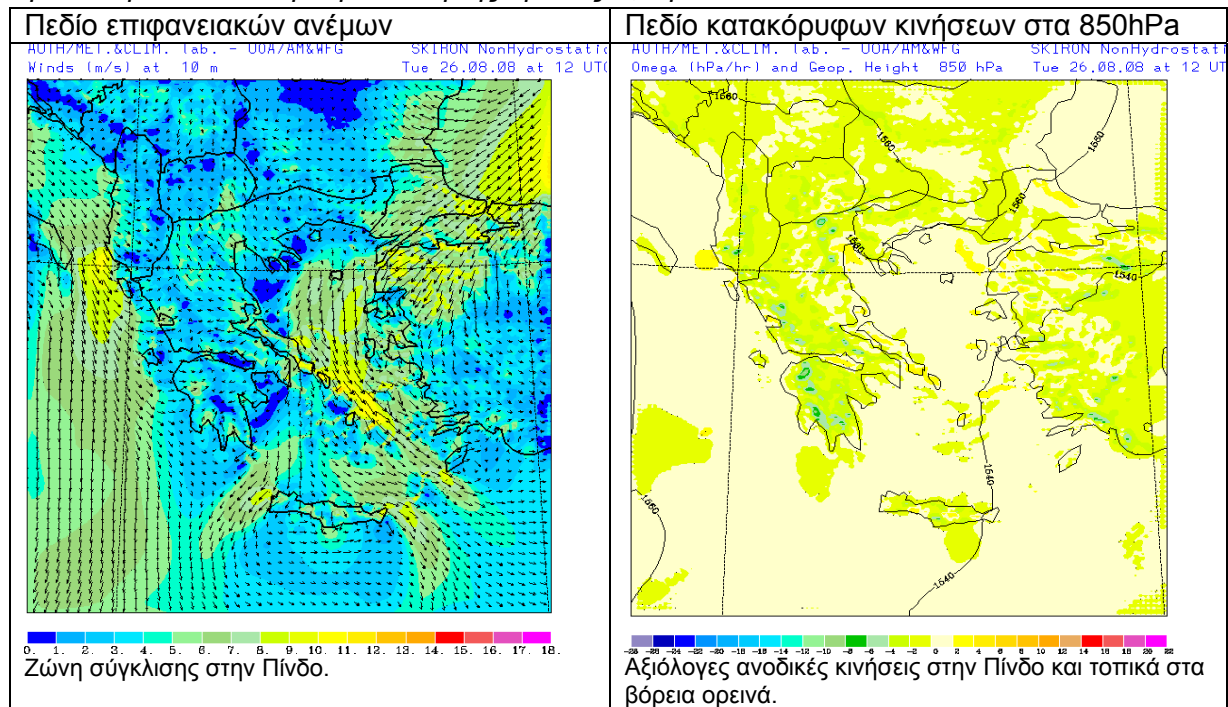
- Χαμηλό στην Αδριατική στο επίπεδο των 500hPa που συνοδεύεται από ψυχρή λίμνη (-15 ως -13°C). Αποτέλεσμα είναι η διέλευση αυλώνα από τη ΒΔ Ελλάδα που συνδέεται από την ύπαρξη ψυχρών μαζών στα τμήματα αυτά. Επειδή όμως η διέλευση του χαμηλού είναι σχετικά αργή, δεν παρατηρούνται αξιόλογες θερμικές μεταφορές. Τέλος, η ροή στην Ελλάδα είναι Δ-ΝΔ.
- Στο επίπεδο των 850hPa επικρατούν Α-ΒΑ άνεμοι στη χώρα. Επίσης το πεδίο κατακόρυφων κινήσεων είναι ομαλό και δεν μεταβάλλεται έντονα χωρικά.
- Στην επιφάνεια παρατηρούνται υψηλές πιέσεις στην κεντρική Ευρώπη και τα Βαλκάνια λόγω ανατολικής επέκτασης του αντικυκλώνα των Αζορών. Επομένως ο συνδυασμός των ετησιών ανέμων εμφανίζεται ενισχυμένος. Τέλος δεν υπάρχει παρουσία βαρομετρικών συστημάτων ή μετώπων στην επιφάνεια.

Ο καιρός της χώρας επηρεάζεται από κυκλωνική δραστηριότητα στην ανώτερη ατμόσφαιρα. Η εικόνα όμως αυτή δεν έχει ανταπόκριση στην επιφάνεια, επομένως το σημαντικότερο αίτιο σχηματισμού των πρώτων νεφικών κυττάρων είναι οι τοπικές κυκλοφορίες, και κυρίως την ορογραφία. Η κατάσταση όμως στη μέση και ανώτερη τροπόσφαιρα ευνοεί την περαιτέρω καθ' ύψος ανάπτυξη των κυττάρων και είναι δυνατό να οδηγήσει στη δημιουργία καταιγιδοφόρων νεφών. Αυτό συμβαίνει στα ΒΔ ορεινά στις 27/8 και στις 28/8.

Νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης εμφανίζονται αποκλειστικά στην Πίνδο. Λόγω ύπαρξης ετησιών ανέμων, περιορίζεται αισθητά η θαλάσσια αύρα στα ανατολικά προσήνεμα και στα ΒΑ ορεινά που είναι δυνατό να οδηγήσει στην ανάπτυξη νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης. Επίσης εμποδίζεται ο μηχανισμός της ορογραφίας στα ανατολικά ορεινά, δηλαδή στο Πήλιο και τον Όλυμπο.

Η ανατολική επιφανειακή ροή σταδιακά εξασθενεί στα δυτικότερα τμήματα της ενδοχώρας, με αποτέλεσμα στις ανατολικές πλαγιές της Πίνδου να εμφανίζεται ασθενής και να μην αποτελεί εμπόδιο στο μηχανισμό της ορογραφίας (Σχήμα 4.12). Επίσης, στις δυτικές πλαγιές υπάρχει ασθενής δυτική ροή. Επομένως, ενισχύεται ο μηχανισμός της ορογραφίας.

Σχήμα 4.12. Πεδίο ανέμου στην επιφάνεια και κατακόρυφων κινήσεων στο επίπεδο των 850hPa με βάση τα προγνωστικά δεδομένα του αριθμητικού μοντέλου καιρού SKIRON για την αντιπροσωπευτική περίπτωση της ομάδας Δ, την 26/8.



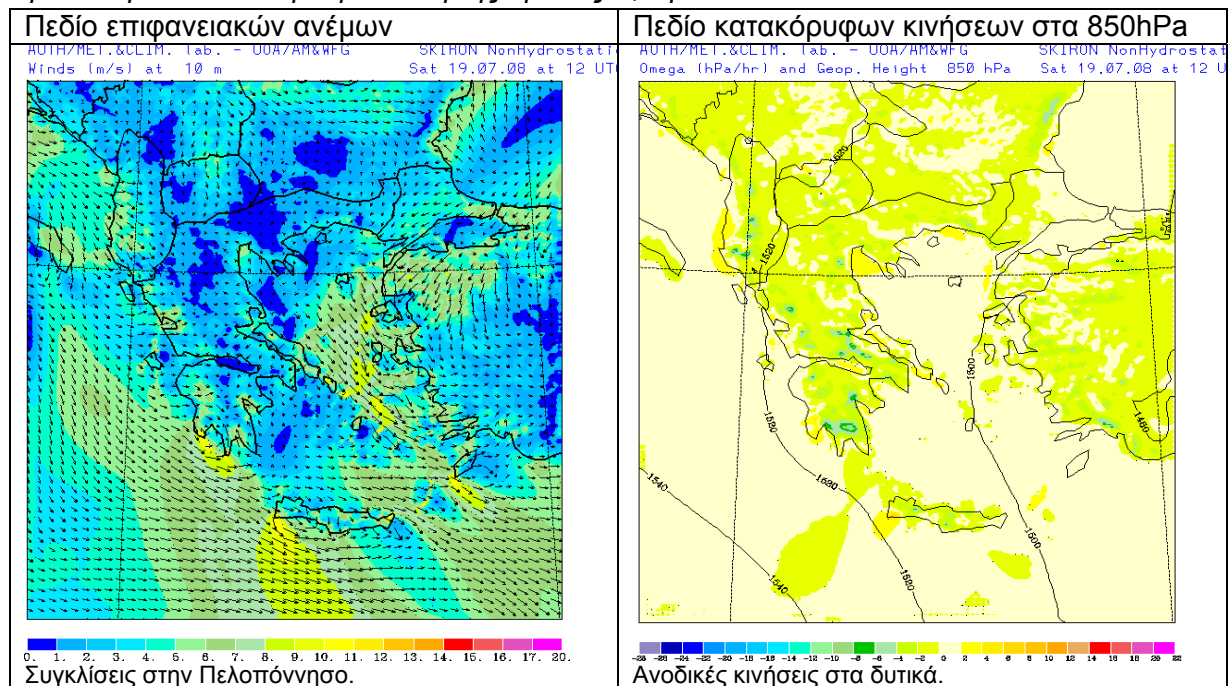
Ε) Διέλευση αυλώνων από την Ελλάδα.

Η ομάδα αυτή εμφανίζεται στις 10/7, 19/7 και 29/8. Τα κυριότερα συνοπτικά στοιχεία που παρατηρούνται είναι τα εξής:

- Καταρχήν, επικρατεί ζωνική ροή στην Ευρώπη στο επίπεδο των 500 hPa. Επίσης παρατηρείται διέλευση αυλώνων από την κεντρική (10/7), τη νότια (19/7) και τη ΒΔ (29/8) Ελλάδα. Η διέλευση των αυλώνων συνεπάγεται σημαντική ψύξη των περιοχών αυτών.
- Στο επίπεδο 850hPa η ροή στην Ελλάδα είναι ασθενής Δ-ΒΔ. Επίσης, το πεδίο ανοδικών κινήσεων είναι ασθενές. Ψύξη παρατηρείται και στην κατώτερη τροπόσφαιρα (Σχήμα 4.8).
- Η κατάσταση της μέσης τροπόσφαιρας δεν έχει ανταπόκριση στα χαμηλότερα στρώματα. Συγκεκριμένα, το πεδίο πιέσεων στην Ελλάδα είναι ομαλό και επικρατούν γενικά ΒΔ άνεμοι. Ετησίες άνεμοι, ασθενούς όμως εντάσεως, παρατηρούνται στις 10/7. Επίσης μετωπική δραστηριότητα εντοπίζεται στα νότια Βαλκάνια, δεν φαίνεται όμως να σχετίζεται με την ύπαρξη των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης.

Οι τοπικές συγκλίσεις παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των πρώτων κυττάρων, κυρίως στην Πελοπόννησο, σύμφωνα με το σχήμα 4.13. Η ασθενής επιφανειακή ροή ευνοεί την εμφάνιση του μηχανισμού της ορογραφίας. Περαιτέρω καθ' ύψος ανάπτυξη ευνοείται από την εμφάνιση αυλώνων. Εμφάνιση Cb παρατηρείται στις 10/7 και 29/8.

Σχήμα 4.13. Πεδίο ανέμου στην επιφάνεια και κατακόρυφων κινήσεων στο επίπεδο των 850hPa με βάση τα προγνωστικά δεδομένα του αριθμητικού μοντέλου καιρού SKIRON για την αντιπροσωπευτική περίπτωση της ομάδας E, την 19/7.



ΣΤ) Ισχυροί ετησίες σε συνδυασμό με την ύπαρξη χαμηλών θερμοκρασιών στο επίπεδο των 850hPa στην Ελλάδα.

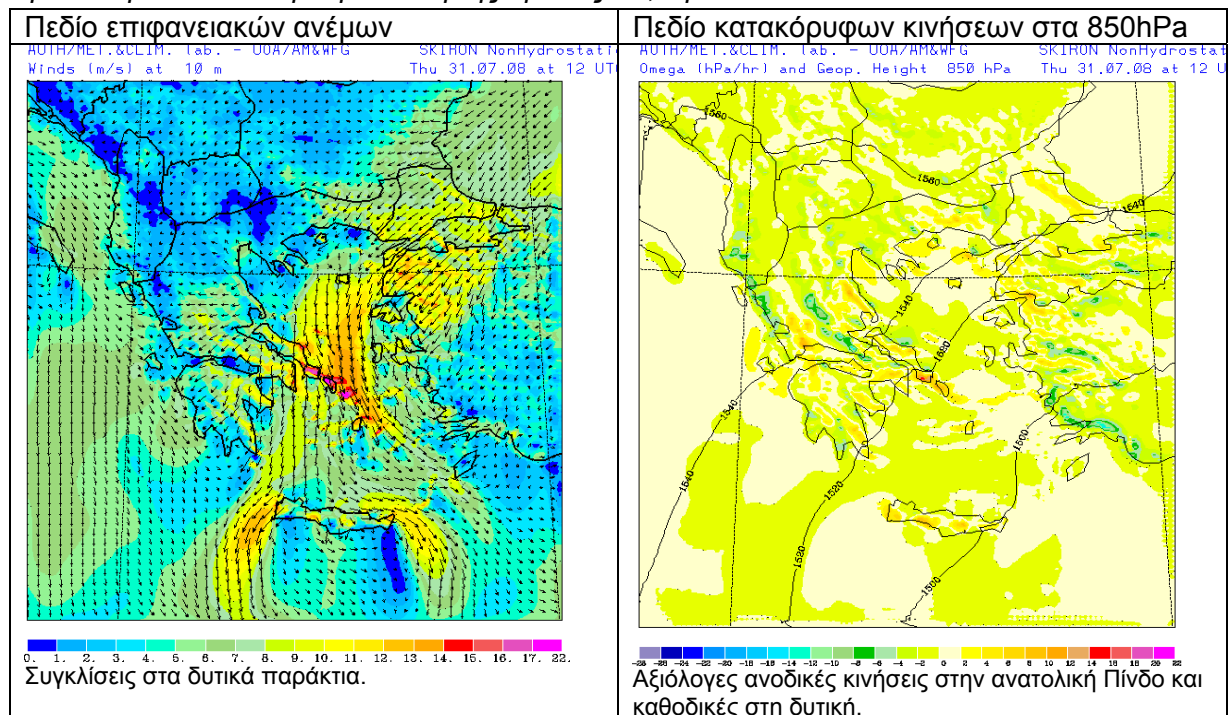
Η κατηγορία αυτή εμφανίζεται στις 30/7, 31/7 και 1/8. Τα κύρια συνοπτικά στοιχεία παρουσιάζονται ως εξής:

- Καταρχήν, στο επίπεδο των 500hPa παρατηρείται ισχυροποίηση της ράχης της βόρειας Αφρικής. Επίσης στην περιοχή της Ιταλίας εντοπίζονται ισχυρές εξάρσεις. Η ροή στην Ελλάδα είναι Β-ΒΔ και το πεδίο των ισόθερμων είναι ομαλό με την ισόθερμη των -10°C να διέρχεται από τα βόρεια τμήματα της χώρας.
- Κύριο χαρακτηριστικό της συνοπτικής κατάστασης των 850 hPa είναι η παρουσία «ψυχρής γλώσσας» από τα βόρεια, με αποτέλεσμα την επικράτηση χαμηλών σχετικά θερμοκρασιών στη χώρα. Συνέπεια του γεγονότος αυτού είναι ο περιορισμός της αστάθειας, με αποτέλεσμα την εμφάνιση νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης μόνο στα ΒΔ ορεινά τμήματα.
- Τέλος, στην επιφάνεια επικρατεί η ισχυροποίηση κλειστών αντικυκλωνικών συστημάτων της βόρειας και ανατολικής Ευρώπης και η επέκτασή τους προς νότο. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τις χαμηλές πιέσεις που εμφανίζονται στην Τουρκία οδηγεί στην ανάπτυξη ισχυρών ετησιών ανέμων στο Αιγαίο. Αποτέλεσμα είναι

ισχυροποίηση της ανατολικής ροής στα κεντρικά και νότια ηπειρωτικά που αποτρέπει το μηχανισμό της ορογραφίας στα κεντρικά και νότια τμήματα της Πίνδου.

Η μελέτη των δορυφορικών εικόνων δείχνει ότι οι αναπτύξεις περιορίζονται κυρίως στα βορειοδυτικά τμήματα. Οι ισχυροί επιφανειακοί άνεμοι επηρεάζουν αρχικά τα ανατολικά προσήνεμα τμήματα αποτρέποντας τους μηχανισμούς της ορογραφίας και της θαλάσσιας αύρας που είναι δυνατό να οδηγήσουν σε συγκλίσεις και κατά συνέπεια σε ανοδικές κινήσεις. Επίσης, στο σχήμα 4.14, παρατηρείται ζώνη ισχυρών ανοδικών κινήσεων στις ανατολικές πλαγιές της Πίνδου και καθοδικών στις δυτικές πλαγιές αντίστοιχα. Το γεγονός αυτό αποτρέπει το μηχανισμό της ορογραφίας. Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο είναι οι αξιόλογες ανοδικές κινήσεις στα βορειοδυτικά παράκτια λόγω συνδυασμού των δυτικών ανέμων του Ιονίου και της εξασθενημένης στα τμήματα αυτά ανατολικής ροής. Τέλος, δεν παρατηρούνται Cb σε όλες τις περιπτώσεις της κατηγορίας αυτής.

Σχήμα 4.14. Πεδίο ανέμου στην επιφάνεια και κατακόρυφων κινήσεων στο επίπεδο των 850hPa με βάση τα προγνωστικά δεδομένα του αριθμητικού μοντέλου καιρού SKIRON για την αντιπροσωπευτική περίπτωση της ομάδας ΣΤ, την 31/7.



4.3 Νεφικά συστήματα MCS

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζονται περιπτώσεις ατμοσφαιρικής αστάθειας στην Ελλάδα οι οποίες συνδέονται με την εμφάνιση μέσης κλίμακας νεφικών συστημάτων κατακόρυφης ανάπτυξης (Mesoscale Convective Systems, MCS). Τα MCS είναι νεφικά συστήματα που αποτελούνται από παχιά νέφη Ci στα οποία βρίσκονται ενσωματωμένα διάσπαρτα Cb. Ο κύκλος ζωής των διάσπαρτων καταιγιδοφόρων νεφών έχει μικρότερη διάρκεια από το ενιαίο νεφικό σύστημα που τα περιβάλλει. Η γέννηση των Cb από τα προϋπάρχοντα κύτταρα και η

ανάπτυξή τους, οι διαδικασίες συγχώνευσης τέτοιων κυττάρων και η συμπεριφορά τους ως ενιαίο νεφικό σύστημα είναι ο σκοπός της μελέτης του κεφαλαίου αυτού. Προκύπτουν 21 περιπτώσεις.

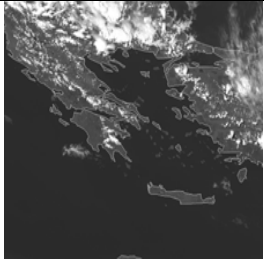
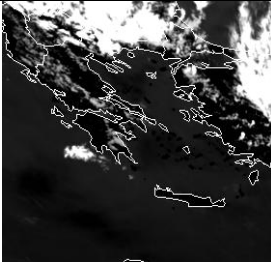
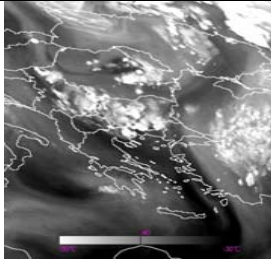
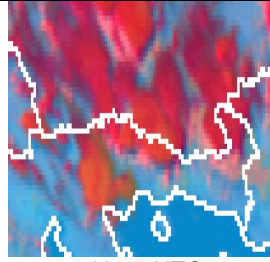
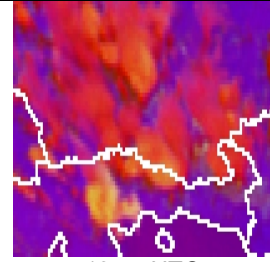
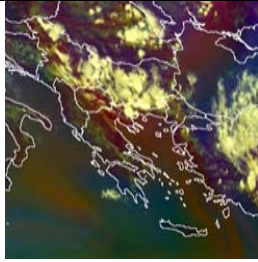
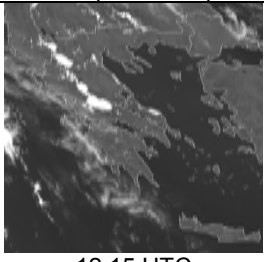
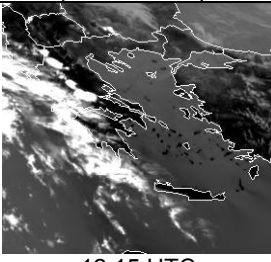
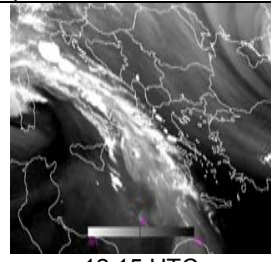
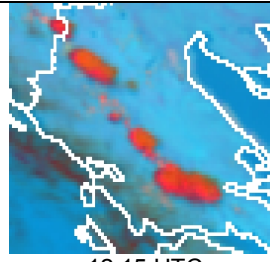
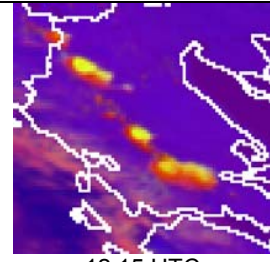
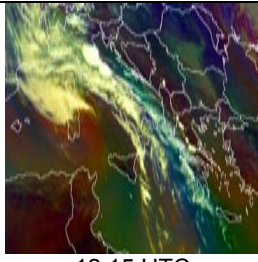
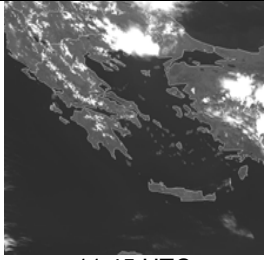
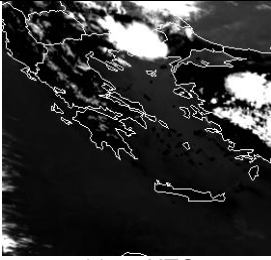
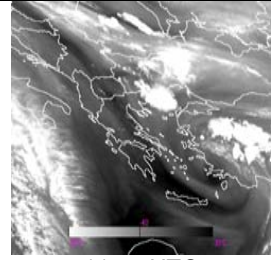
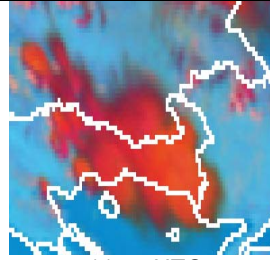
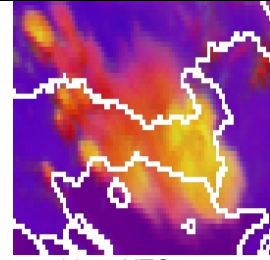
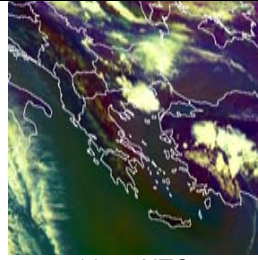
4.3.1. Αναλυτική περιγραφή των περιπτώσεων

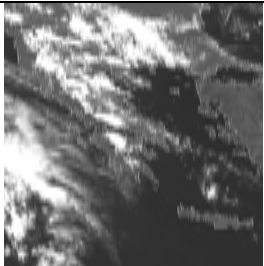
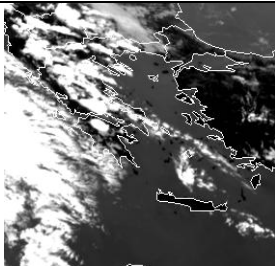
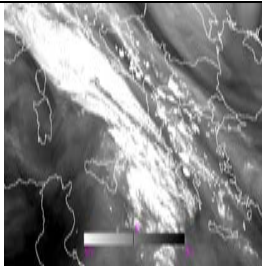
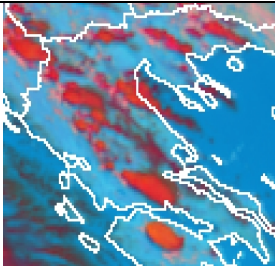
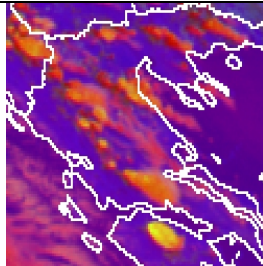
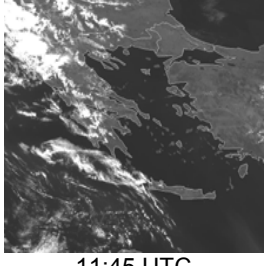
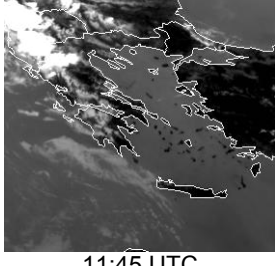
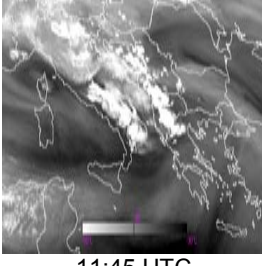
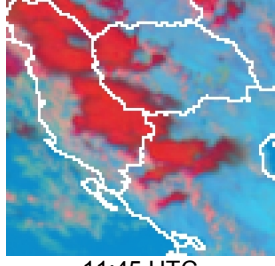
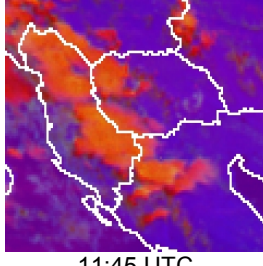
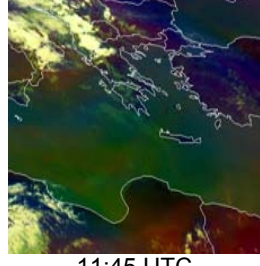
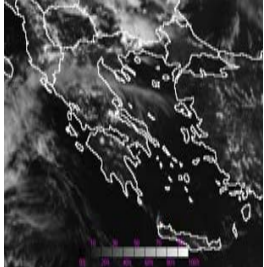
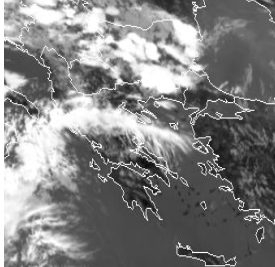
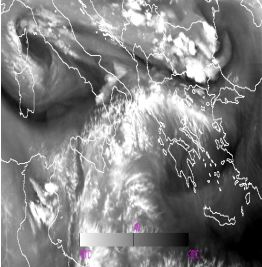
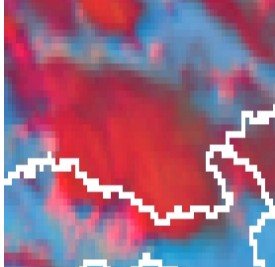
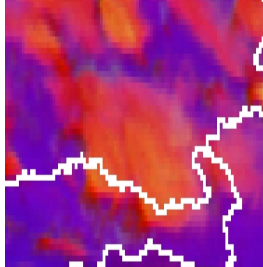
Στο σχήμα 4.15 παρουσιάζονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των νεφών που εντοπίζονται στις δορυφορικές εικόνες για τις περιπτώσεις που συνδέονται με την εμφάνιση MCS στην περιοχή της Ελλάδας. Ακολουθείται η ίδια μεθοδολογία. Συγκεκριμένα, η αρχική ώρα περιλαμβάνει την ανάπτυξη των πρώτων κυττάρων και η τελική ώρα τη διάλυση των τελευταίων νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης. Όπως όμως αναφέρεται και στο αντίστοιχο κεφάλαιο του θεωρητικού υποβάθρου, τα MCS διαλύονται μετά την εξασθένηση των συστατικών τους. Επομένως, η ώρα λήξης συμπίπτει με την ώρα διάλυσης των MCS.

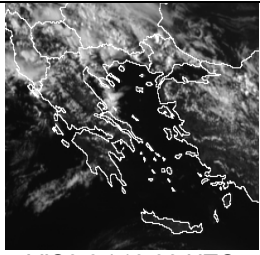
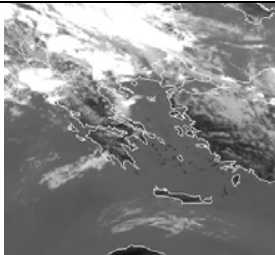
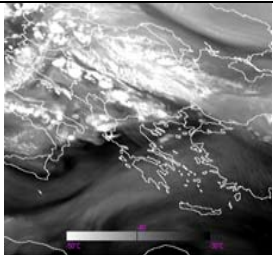
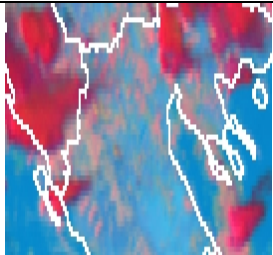
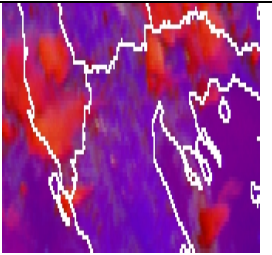
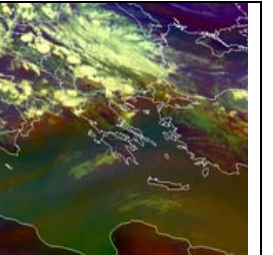
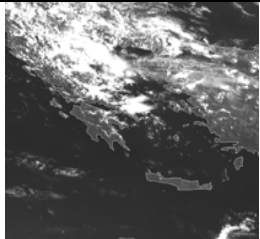
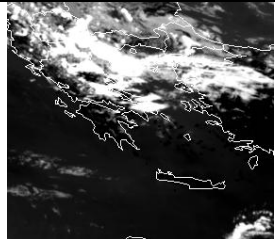
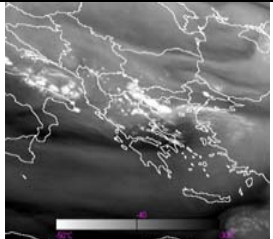
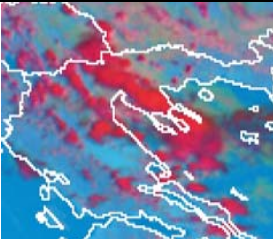
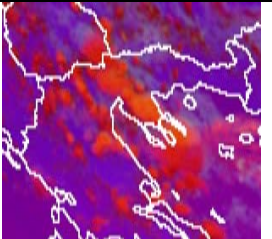
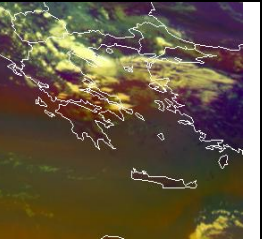
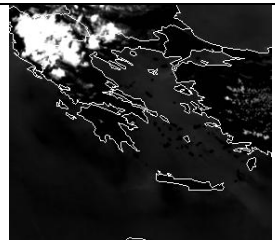
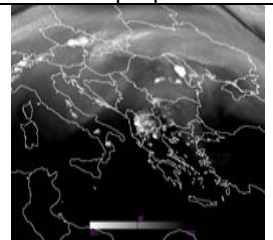
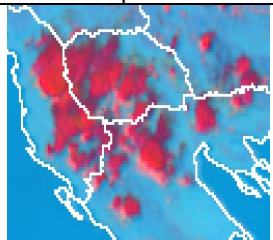
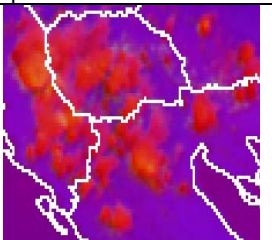
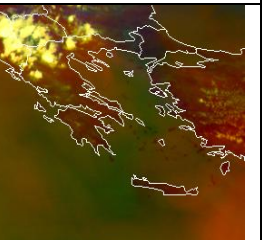
Ομοίως με τις προηγούμενες περιπτώσεις, στις τρεις τελευταίες στήλες γίνεται χρωματική απεικόνιση RGB σε συνδυασμούς διάφορων καναλιών του Meteosat 9. Πρόκειται για τους συνδυασμούς 2-4-9, 5-6,4-9,3-1 και 5-6,8-9,5i. Επειδή σε ορισμένες περιπτώσεις η δομή των MCS δεν είναι ευδιάκριτη λόγω της παρουσίας νεφικών στρωμάτων Ci με μεγάλο πάχος, η χρωματική απεικόνιση εξυπηρετεί επιπλέον στον εντοπισμό των ενσωματωμένων κυττάρων μέσα στο νεφικό σύστημα αλλά και στην εξαγωγή περαιτέρω πληροφοριών σχετικά με τη θερμοκρασία κορυφής τους (συνεπώς το ύψος των κορυφών τους), την κίνησή τους αλλά και τον κύκλο ζωής τους.

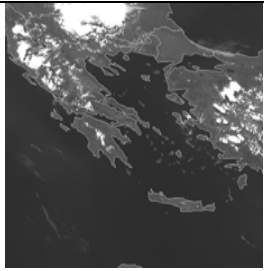
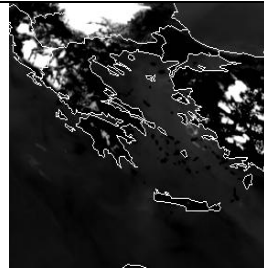
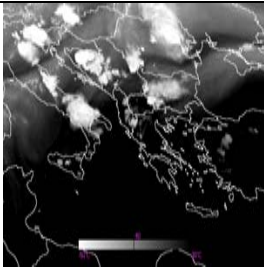
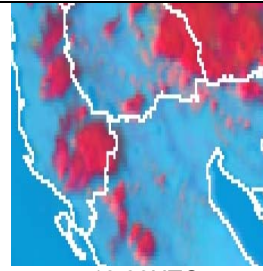
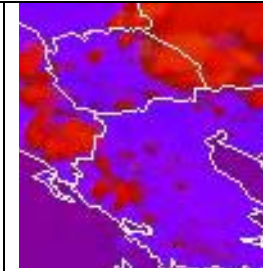
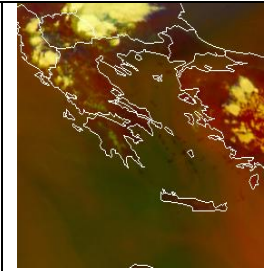
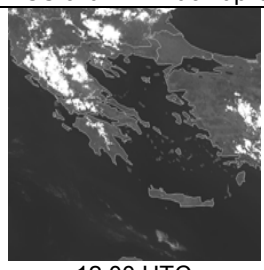
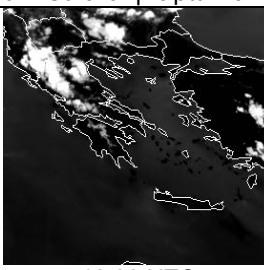
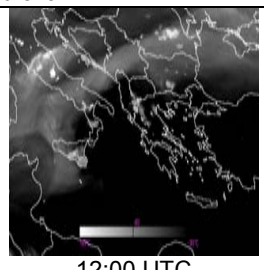
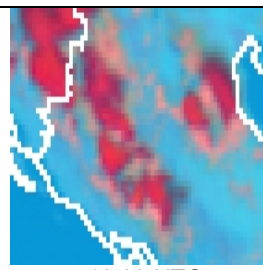
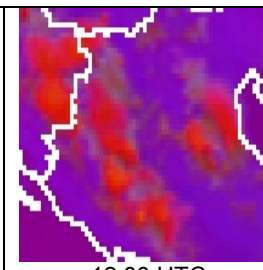
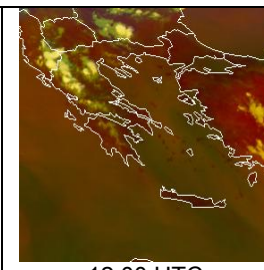
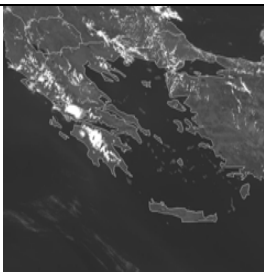
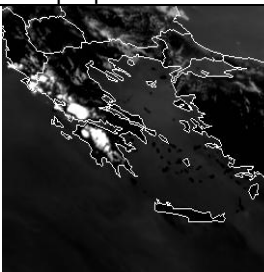
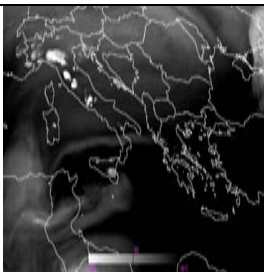
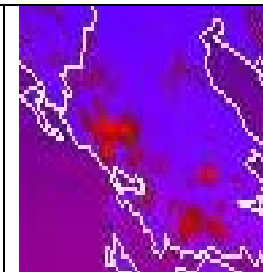
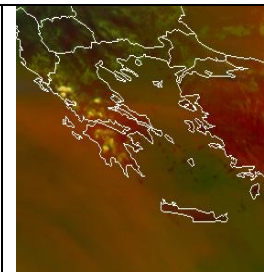
Κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί ότι μοναδική περίπτωση που αφορά σε νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης τις νυχτερινές ώρες, αποτελεί η ανάπτυξη ενός νεφικού συμπλέγματος MCC στις 1/9. Τα κανάλια του ορατού, αλλά και οι πολυχρωματικοί συνδυασμοί 2-4-9, 5-6,4-9,3-1 και 5-6,8-9,5i παρέχουν πληροφορίες μόνο για την ημέρα, γι' αυτό και δεν παρατίθενται στο σχήμα 4.15.

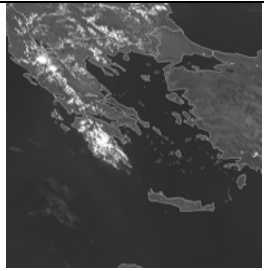
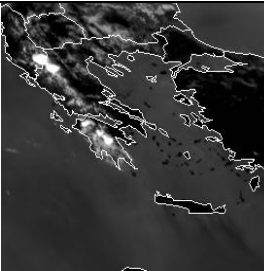
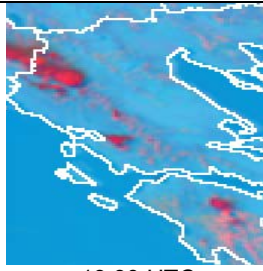
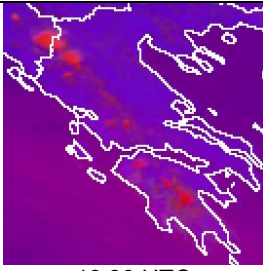
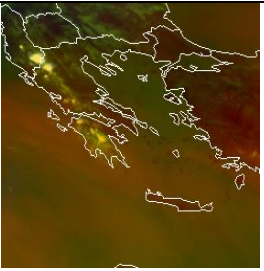
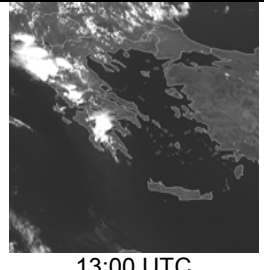
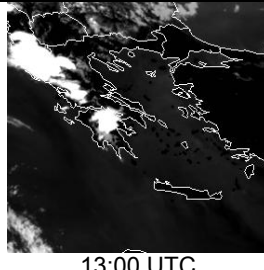
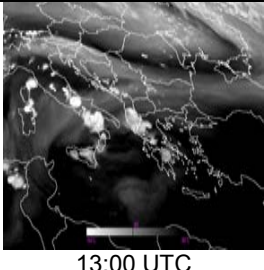
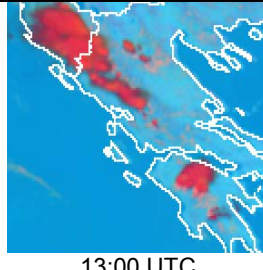
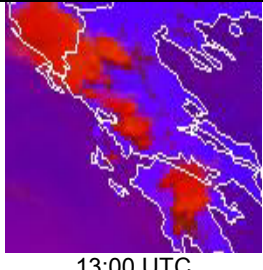
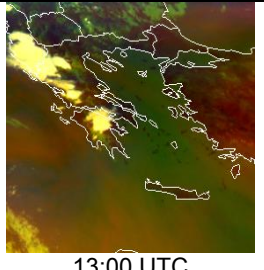
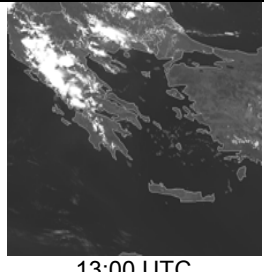
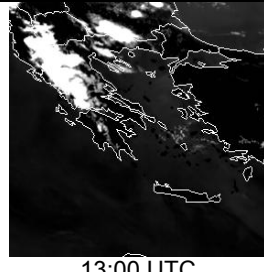
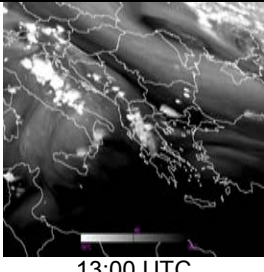
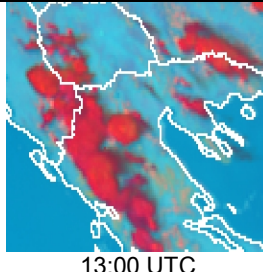
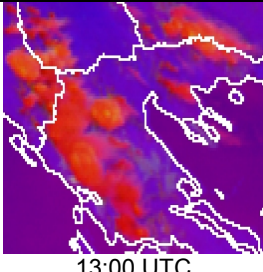
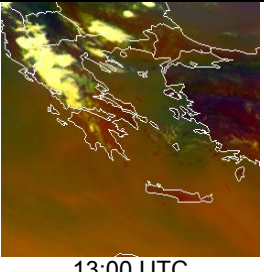
Σχήμα 4.15. Δορυφορικές εικόνες στα κανάλια HRV(αριστερά) και υπέρυθρο (δεξιά) και είδη νεφών τις ημέρες εμφάνισης MCS.

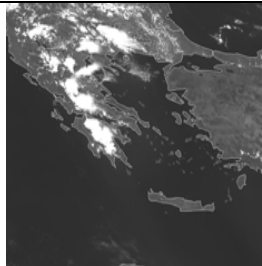
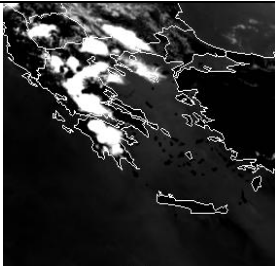
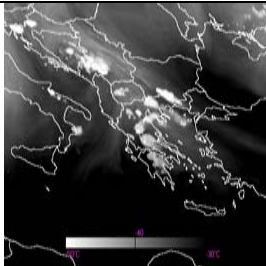
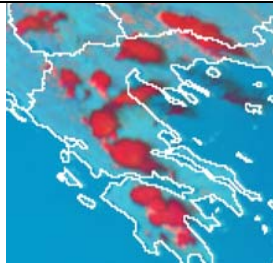
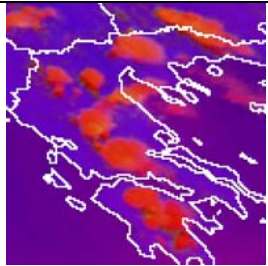
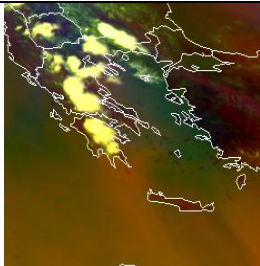
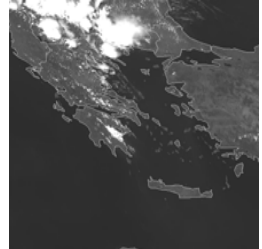
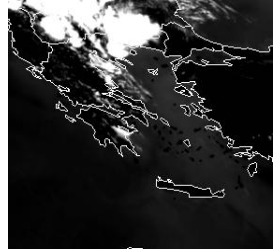
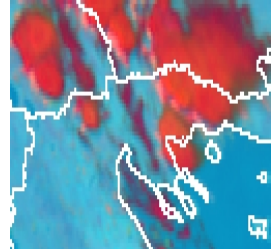
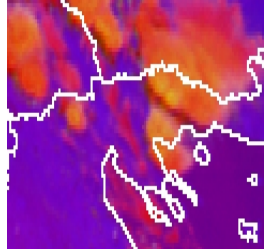
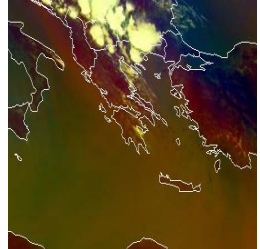
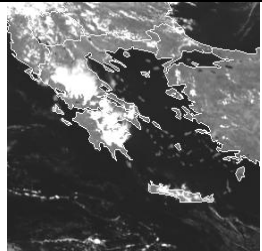
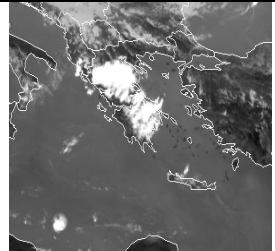
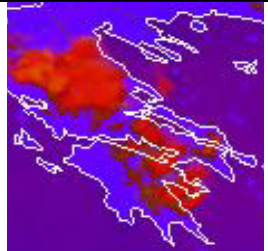
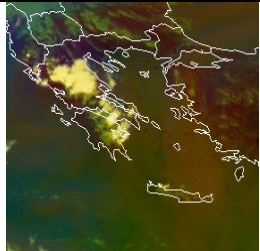
Ημέρα	Ορατό HRV	Υπέρυθρο IR 10.8	Υδρατμών WV 6.2	Day microphysical RGB 2-4-9	Convective storms RGB 5-6,4-9,3-1	Airmass RGB 5-6,8-9,5i
24/5/2008 Από 07:30 UTC ως 21:00 UTC	 13:45 UTC	 13:45 UTC	 13:45 UTC	 13:45 UTC	 13:45 UTC	 13:45 UTC
MCS στη Χαλκιδική και στα ΒΑ ορεινά. Cu στην Πίνδο. Αραιά Ci στο νότιο Ιόνιο.						
29/5/2008 Από 08:00 UTC ως 24:00 UTC	 12:15 UTC	 12:15 UTC	 12:15 UTC	 12:15 UTC	 12:15 UTC	 12:15 UTC
Μεμονωμένα MCS στην Πίνδο. Αραιά Ci στο Ιόνιο και το ΝΔ Αιγαίο.						
1/6/2008 Από 08:00 UTC ως 21:00 UTC	 11:45 UTC	 11:45 UTC	 11:45 UTC	 11:45 UTC	 11:45 UTC	 11:45 UTC
MCS στα ΒΑ. Cu στην Πίνδο και τον Όλυμπο.						

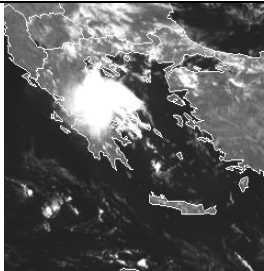
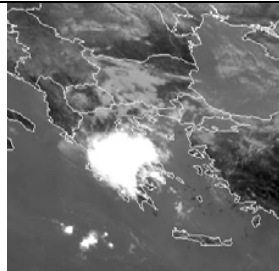
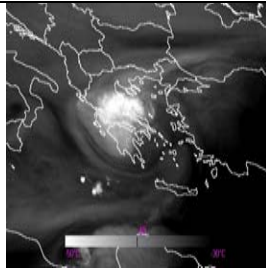
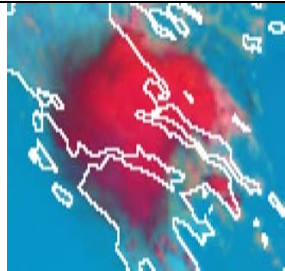
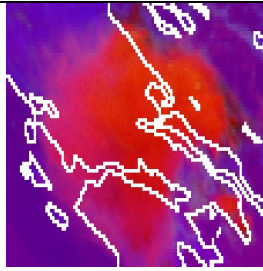
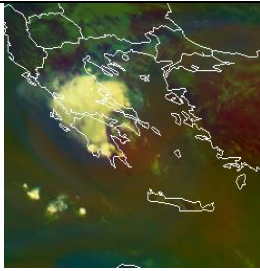
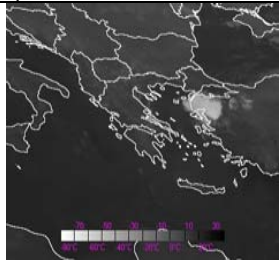
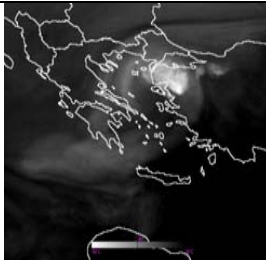
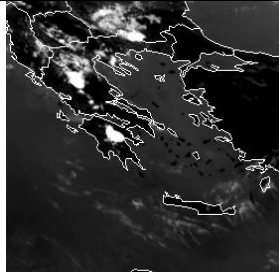
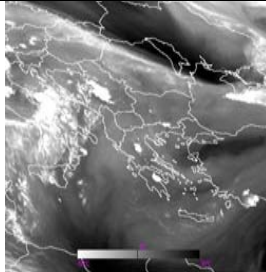
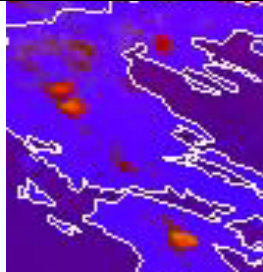
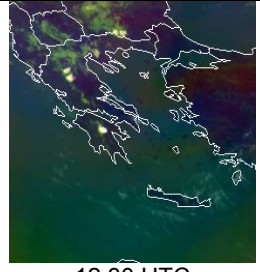
2/6/2008 Από 07:30 UTC ως 24:00 UTC	 11:00 UTC	 11:00 UTC	 11:00 UTC	 11:00 UTC	 11:00 UTC	Όχι δεδομένα
Διάσπαρτα MCS στα ηπειρωτικά, κυρίως δυτικά. Cu+TCu στο κεντρικό και νότιο Αιγαίο. As+As στα ΒΑ. Αραιά Ci στο Ιόνιο και το νότιο Αιγαίο.						
4/6/2008 Από 07:30 UTC ως 19:00 UTC	 11:45 UTC	 11:45 UTC	 11:45 UTC	 11:45 UTC	 11:45 UTC	 11:45 UTC
MCS στα ΒΔ. Cu+TCu στα υπόλοιπα ηπειρωτικά, κυρίως ορεινά. Cu+Sc στο νότιο Ιόνιο και το ΝΔ Αιγαίο.						
5/6/2008 Από 07:30 UTC ως 21:00 UTC	 13:45 UTC	 13:45 UTC	 13:45 UTC	 13:45 UTC	 13:45 UTC	Όχι δεδομένα
MCS στα ΒΑ. Διάσπαρτα Cu+TCu στα ηπειρωτικά. Αραιά Ci στην κεντρική και δυτική Ελλάδα.						

7/6/2008 Από 07:30 UTC ως 06:00 UTC (8/6/2008)	 VIS0.6 / 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC
MCS στα βόρεια. Cb στο κεντρικό Αιγαίο. Cu+Sc κυρίως στα ηπειρωτικά. Αραιά Ci στα δυτικά και βόρεια.						
9/6/2008 Από 07:00 UTC ως 19:00 UTC	 09:00 UTC	 09:00 UTC	 09:00 UTC	 09:00 UTC	 09:00 UTC	 09:00 UTC
Διάσπαρτα MCS στη Βόρεια Ελλάδα. Cu+TCu+Cb στα υπόλοιπα ηπειρωτικά. Ac+As στο ΒΑ Αιγαίο και Sc στα βόρεια.						
26/6/2008 Από 08:00 UTC ως 20:00 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC
MCS στα ΒΔ. Cu+TCu+Cb στα ΒΔ και βόρεια ορεινά.						

27/6/2008 Από 07:30 UTC ως 21:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC
MCS στα ΒΔ. Διάσπαρτα Cu+TCu στα ηπειρωτικά και Cb στα ΒΔ.						
28/6/2008 Από 08:00 UTC ως 19:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC	 12:00 UTC
MCS στα ΒΔ. Cu+TCu+Cb στα ηπειρωτικά.						
29/6/2008 Από 08:00 UTC ως 19:00 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 11:45 UTC	 11:45 UTC	 11:45 UTC	 11:45 UTC
MCS στην Πίνδο. Διάσπαρτα Cu+TCu στα ηπειρωτικά και Cb στα δυτικά.						

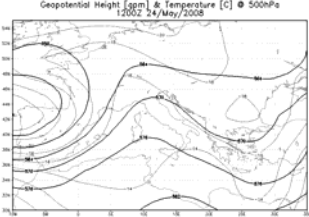
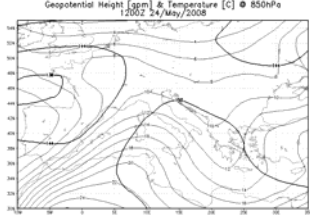
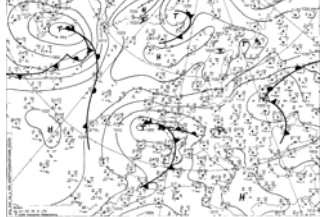
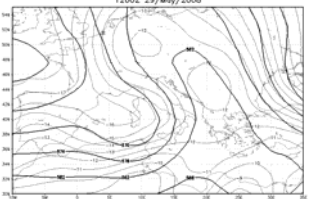
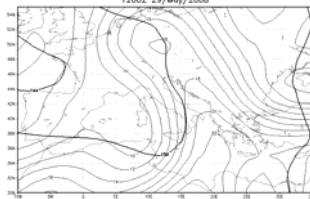
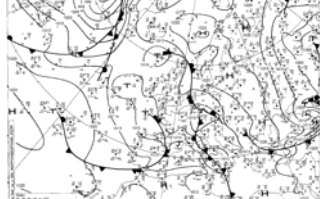
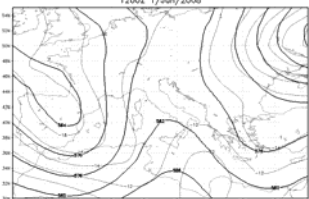
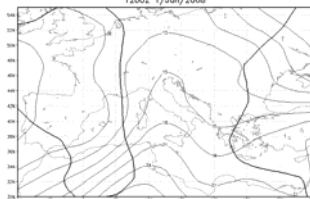
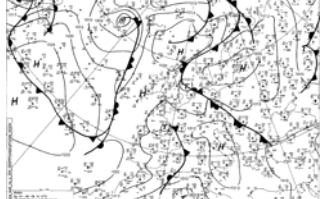
30/6/2008 Από 07:30 UTC ως 19:00 UTC	 13:15 UTC	 13:15 UTC	 13:15 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC
MCS στα ΒΔ. Διάσπαρτα Cu+TCu στα ηπειρωτικά. Μεμονωμένα Cb στα ΒΔ και την Πελοπόννησο						
1/7/2008 Από 07:30 UTC ως 04:00 UTC (2/7/2008)	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC
Διάσπαρτα MCS στα δυτικά ηπειρωτικά. Cu+TCu+Cb στα ηπειρωτικά.						
2/7/2008 Από 08:00 UTC ως 18:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC
Διάσπαρτα MCS στα δυτικά ηπειρωτικά. Cu+TCu+Cb στα ηπειρωτικά.						

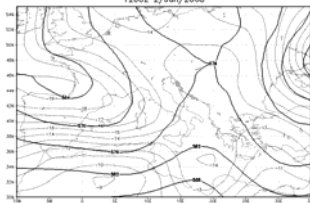
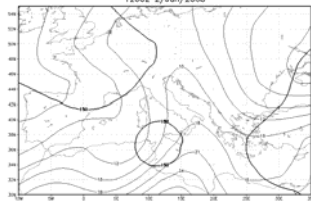
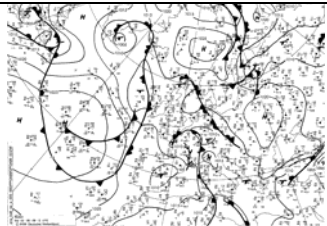
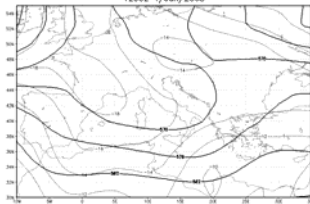
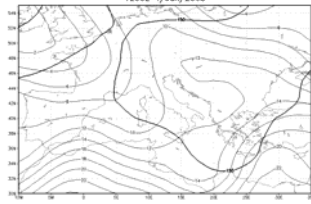
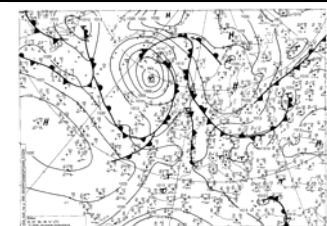
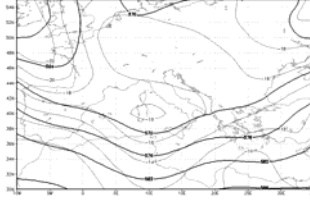
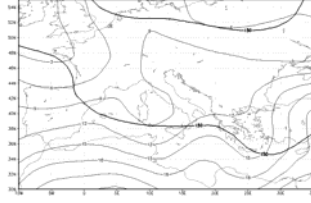
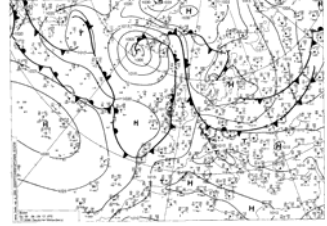
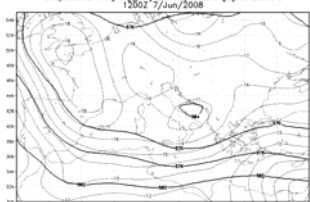
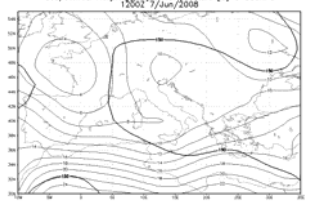
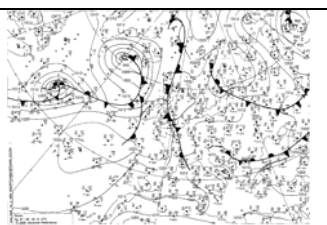
3/7/2008 Από 07:30 UTC ως 01:00 UTC (4/7/2008)	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC
Διάσπαρτα MCS στα δυτικά ηπειρωτικά. Cu+TCu+Cb στα ηπειρωτικά. Αραιά Ci στο Αιγαίο.						
4/7/2008 Από 09:30 UTC ως 24:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC
MCS στη Χαλκιδική και τη ΒΑ Ελλάδα. Cu+TCu στα υπόλοιπα ηπειρωτικά.						
30/8/2008 Από 07:30 UTC ως 24:00 UTC	 VIS0.8 / 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC	 13:30 UTC
MCS στα ηπειρωτικά, κυρίως ΒΔ. Διάσπαρτα Cu στα υπόλοιπα ηπειρωτικά.						

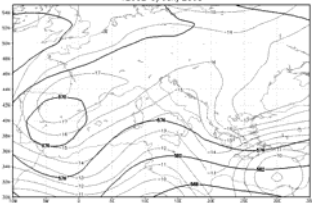
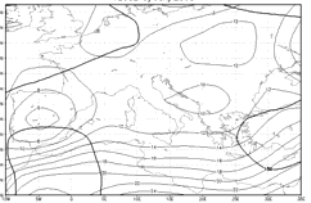
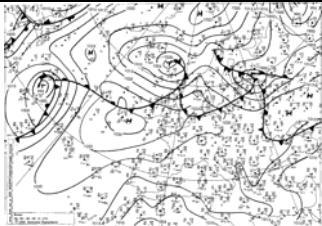
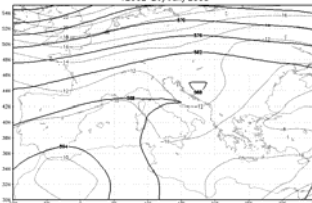
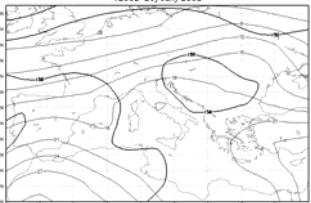
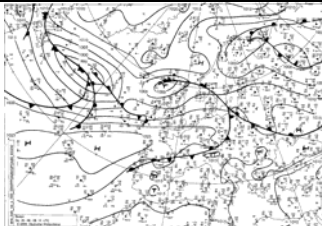
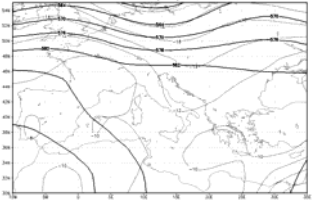
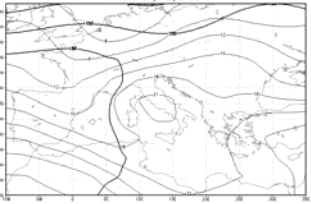
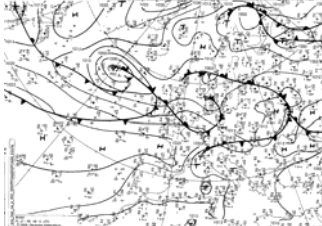
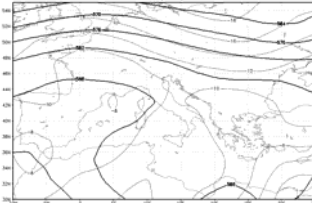
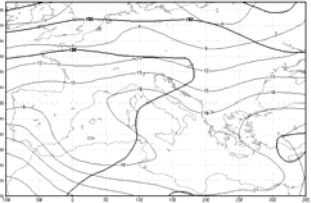
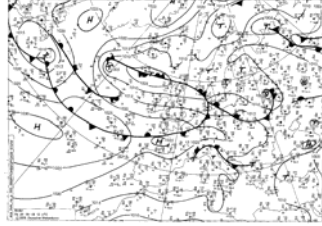
31/8/2008 Από 00:00 UTC ως 24:00 UTC	 09:30 UTC	 09:30 UTC	 09:30 UTC	 09:30 UTC	 09:30 UTC	 09:30 UTC
Mesoscale Convective Complex						
1/9/2008 Από 00:00 UTC ως 20:00 UTC	Μη αναγνώσιμη	 01:00UTC	 01:00UTC	Μη αναγνώσιμη	Μη αναγνώσιμη	Μη αναγνώσιμη
Mesoscale Convective Complex						
12/9/2008 Από 09:30 UTC ως 20:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 13:00 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC	 12:30 UTC
MCS στα δυτικά ορεινά. Cu+TCu+Cb στα υπόλοιπα ηπειρωτικά, κυρίως ορεινά.						

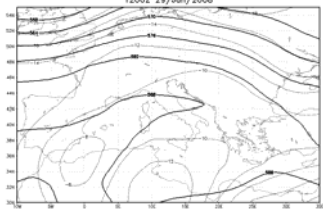
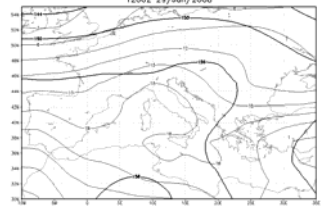
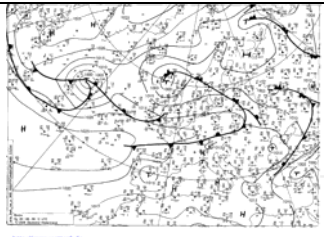
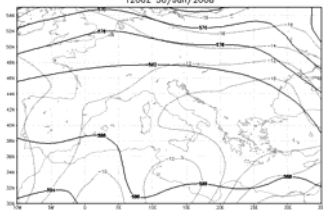
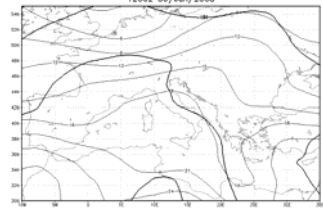
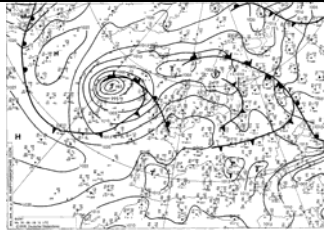
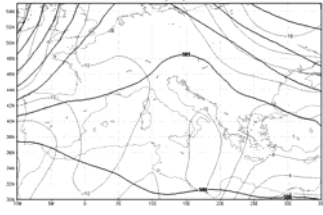
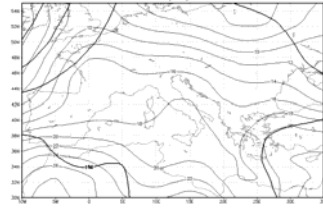
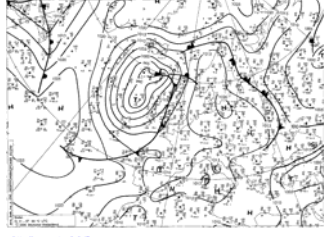
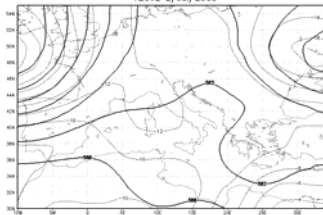
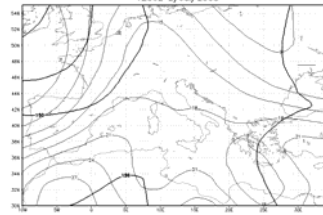
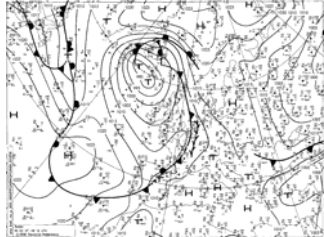
Στο επόμενο στάδιο γίνεται προσπάθεια συσχέτισης των MCS με τις επικρατούντες συνοπτικές καταστάσεις. Στο σχήμα 4.16 γίνεται παράθεση αλλά και σύντομη περιγραφή των συνοπτικών καταστάσεων που επηρέασαν την Ελλάδα τις ημέρες εμφάνισης MCS.

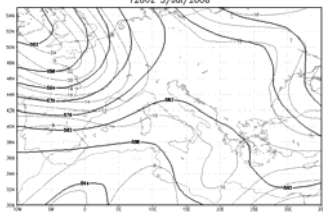
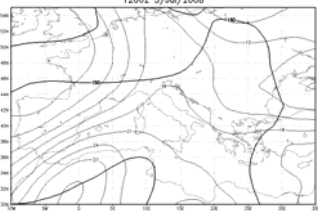
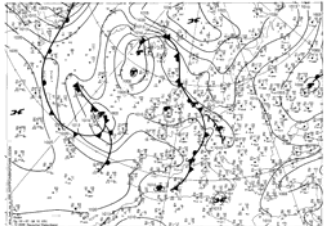
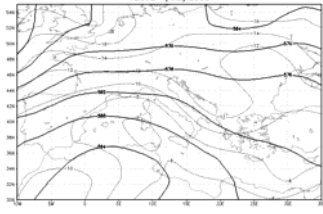
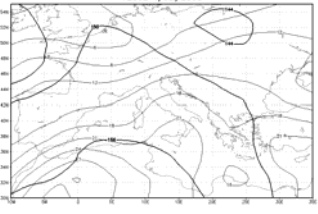
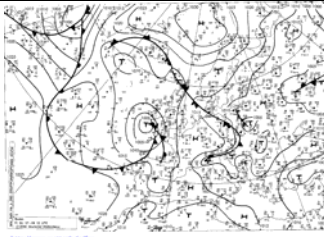
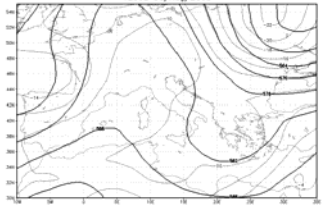
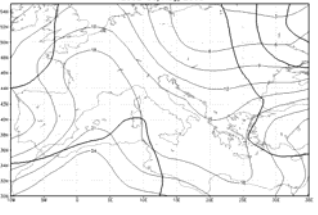
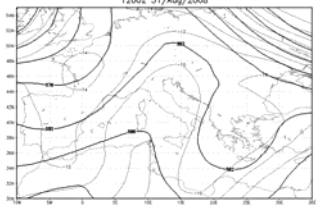
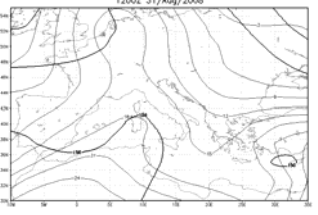
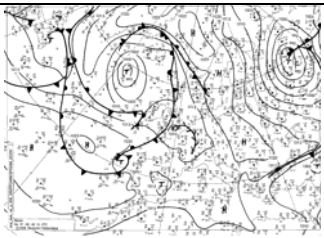
Σχήμα 4.16. Συνοπτικά χαρακτηριστικά των ημερών εμφάνισης MCS.

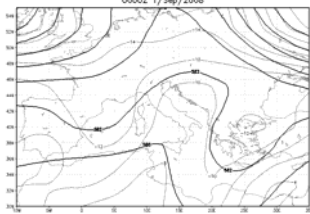
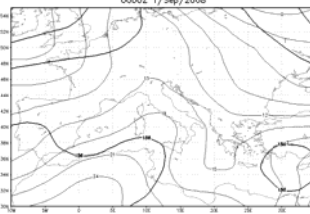
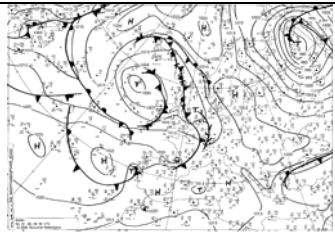
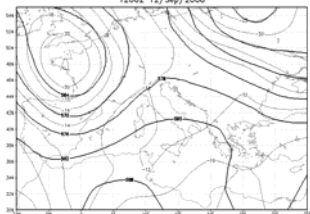
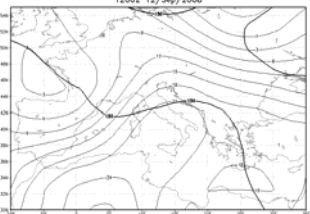
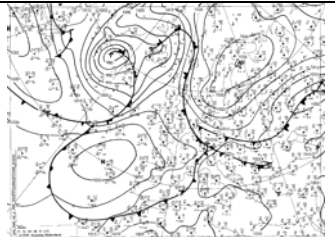
Ημέρα	500hPa	850hPa	Επιφάνεια
24/5/2008	 Έξαρση στην Ιταλία και αυλώνας στην ΒΑ Ελλάδα που συνοδεύεται από ψυχρή λίμνη (-18°C).	 Ασθενής Δ-ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Η ισόθερμη 10°C διέρχεται από τα βόρεια. Όχι θερμικές μεταφορές.	 Αντικυκλώνας στην ευρύτερη περιοχή Ιταλίας-Ελλάδας. Άνεμοι δυτικών διευθύνσεων μέχρι μέριοι.
29/5/2008	 Ισχυρή έξαρση πάνω από τη χώρα. Ψυχρή λίμνη στα Βαλκάνια (-12°C). Νότιοι άνεμοι στη δυτική Ελλάδα και βόρειοι στην ανατολική. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Νότιοι άνεμοι στη δυτική Ελλάδα και βόρειοι στην ανατολική. Ψύξη 2,5°C/12ώρες από τα ΒΑ. Θερμική έξαρση στα δυτικά.	 Ουρά ψυχρού μετώπου ΒΑ της Ελλάδας, προερχόμενο από χαμηλό στη Μαύρη θάλασσα. Υψηλές πιέσεις στα ανατολικά Βαλκάνια. Ετησίες άνεμοι.
1/6/2008	 Αντικυκλώνας στη βόρεια Αφρική. Έξαρση στην Ιταλία. Αυλώνας στην ανατολική Ελλάδα που συνοδεύεται από χαμηλές θερμοκρασίες (-14°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Ασθενής βόρεια ροή στην Ελλάδα. Θέρμανση από τα δυτικά, 2°C/12 ώρες.	 Αντικυκλώνας στην Ιταλία. Ουρά συνεσφιγμένου μετώπου στη ΒΑ Ελλάδα. Άνεμοι ΒΔ μέχρι μέτριοι.

2/6/2008	 Αντικυκλώνας στη βόρεια Αφρική. Ισχυρή έξαρση ανάμεσα σε Ιταλία και Ελλάδα. Χαμηλές θερμοκρασίες στη δυτική Ελλάδα (-14°C). ΒΔ ροή στη χώρα. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Χαμηλό στην Ιταλία. Νότιοι άνεμοι στη δυτική Ελλάδα και ΒΑ στα υπόλοιπα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΑ (12°C). Θέρμανση από τα δυτικά, 2°C/12 ώρες.	 Επέκταση αντικυκλώνα ανατολικής Ευρώπης προς νότο. Χαμηλό στην ανατολική Τουρκία. Ετησίες άνεμοι.
4/6/2008	 Αυλώνας στην ΒΔ Ελλάδα που συνοδεύεται από χαμηλές θερμοκρασίες (-15°C). ΝΔ ροή στην Ελλάδα. Ψύξη 2°C/12ώρες από τα ΒΔ.	 Ασθενής Ν-ΝΔ ροή στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΔ (12°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Χαμηλό στα Βαλκάνια. Χαμηλό νότια της χώρας που συνδέεται με ασθενή σύσφιξη. Άνεμοι δυτικοί και στο Αιγαίο νότιοι μέχρι μέτριοι.
5/6/2008	 Αυλώνας στην Ιταλία που συνοδεύεται από ψυχρή λίμνη (-18°C). Ρηχός αυλώνας στα ανατολικά που συνοδεύεται από ψυχρής μάζα (-15°C) στα βόρεια. Ζωνική ροή στην Ελλάδα. Δ-ΝΔ ρεύμα στη χώρα.	 Δυτική ροή στην Ελλάδα. Η ισόθερμη 12°C διέρχεται από τα βόρεια. Θέρμανση από τα ΝΔ 2,5°C/12 ώρες.	 Άνεμοι δυτικών διευθύνσεων τοπικά στα νότια ισχυροί.
7/6/2008	 Χαμηλό στην Αδριατική που συνοδεύεται από ψυχρή λίμνη (-17°C). Ρηχός αυλώνας στο Ιόνιο. Ζωνική ροή στην Ελλάδα. Δ-ΝΔ ρεύμα στη χώρα.	 Ασθενής δυτική ροή στην Ελλάδα. Η ισόθερμη 10°C διέρχεται από τα βόρεια. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Χαμηλό στην Αδριατική. Στάσιμο μέτωπο στα Βαλκάνια. Δυτική ροή στην Ελλάδα.

9/6/2008	 Έξαρση στην κεντρική Μεσόγειο. Διέλευση αυλών από την κεντρική Ελλάδα. Ψυχρή «γλώσσα», (-16°C), στα κεντρικά και βόρεια τμήματα της χώρας. Άνεμοι δυτικών διευθύνσεων.	 Δ-ΒΔ ροή στην Ελλάδα (πλην ΒΑ τμημάτων). Ψυχρή λίμνη στα δυτικά Βαλκάνια (10°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Ομαλό πεδίο πιέσεων. Άνεμοι δυτικών διευθύνσεων.
26/6/2008	 ΒΑ επέκταση αντικυκλώνα Β. Αφρικής. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΔ (-11°C). Ασθενής ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Ψύξη από τα ΒΔ ($2,5^{\circ}\text{C}/12$ ώρες).	 ΒΑ ροή στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΑ (20°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Ομαλό πεδίο πιέσεων. Ετησίες άνεμοι.
27/6/2008	 Ασθενής Β-ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΔ (-11°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 ΒΑ ροή στην Ελλάδα. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Ομαλό πεδίο πιέσεων. Ετησίες άνεμοι στην Ελλάδα.
28/6/2008	 ΒΑ επέκταση αντικυκλώνα Β. Αφρικής. Ασθενής Β-ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα δυτικά και βόρεια της Ελλάδας (-10°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 ΒΑ ροή στην Ελλάδα. Η ισόθερμη 18°C διέρχεται από τα βόρεια. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Ομαλό πεδίο πιέσεων. Ετησίες άνεμοι στην Ελλάδα.

29/6/2008	 BA επέκταση αντικυκλώνα Β. Αφρικής. Ασθενής Β-ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στη δυτική Ελλάδα (-10°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 BA ροή στην Ελλάδα. Ψυχρή «γλώσσα» από τα βόρεια (18°C) στην ευρύτερη περιοχή μεταξύ Ιταλίας-Ελλάδας. Ψύξη από τα βόρεια 2°C/12 ώρες.	 Ομαλό πεδίο πιέσεων. Επησίες άνεμοι.
30/6/2008	 Ασθενής Δ-ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα δυτικά της Ελλάδας (-10°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Βορείων διευθύνσεων άνεμοι στην Ελλάδα. Ψυχρή «γλώσσα» από τα βόρεια (18°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Ομαλό πεδίο πιέσεων. Επησίες άνεμοι.
1/7/2008	 Έξαρση στην κεντρική Ευρώπη. Ασθενής δυτική ροή στην Ελλάδα. Ψυχρή λίμνη (-12°C) στο Ιόνιο που κινείται ανατολικά (ψύξη 2,5°C/12 ώρες).	 BA ροή στην Ελλάδα. Ψυχρή «γλώσσα» από τα βόρεια (18°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Επέκταση αντικυκλώνα κεντρικής Ευρώπης προς νότο. Χαμηλές πιέσεις στην Τουρκία. Επησίες άνεμοι.
2/7/2008	 Έξαρση στα Βαλκάνια. Αυλώνας στην κεντρική Ελλάδα που συνοδεύεται από την ισόθερμο -10°C. Β-ΒΑ άνεμοι στη χώρα.	 BA ροή στην Ελλάδα. Ψυχρή λίμνη (18°C) στην Ελλάδα. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Επέκταση αντικυκλώνα κεντρικής Ευρώπης προς νότο. Χαμηλές πιέσεις στην Τουρκία. Επησίες άνεμοι.

3/7/2008	 Ισχυροποίηση αντικυκλώνων της βόρειας Αφρικής. Β-ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Λεκάνη χαμηλών θερμοκρασιών στα δυτικά (-10°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 ΒΑ ροή στην Ελλάδα. Η ισόθερμη 15°C διέρχεται από τα βόρεια. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Ομαλό πεδίο πιέσεων. Περιορισμός ετησιών ανέμων.
4/7/2008	 Ισχυροποίηση αντικυκλώνων της βόρειας Αφρικής. ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Διείσδυση ψυχρής μάζας από τα βόρεια (ψύξη $2,5^{\circ}\text{C}/12$ ώρες).	 Β-ΒΔ ροή στην Ελλάδα. Ψυχρή «γλώσσα» από τα βόρεια (19°C).	 Χαμηλό στα Βαλκάνια. Χαμηλές πιέσεις σε Ελλάδα και Τουρκία. Δυτικοί άνεμοι στην Ελλάδα.
30/8/2008	 Οξύς αυλώνας στην κεντρική Ελλάδα που συνοδεύεται από ψυχρή μάζα (-10°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Ψύξη από τα βόρεια ($2^{\circ}\text{C}/12$ ώρες).	 Ομαλό πεδίο πιέσεων. Άνεμοι Δ-ΒΔ στη χώρα.
31/8/2008	 Οξύς αυλώνας στην κεντρική Ελλάδα που συνοδεύεται από ψυχρή μάζα (-10°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Ψύξη από τα βόρεια ($2^{\circ}\text{C}/12$ ώρες).	 Ομαλό πεδίο πιέσεων. Ετησίες άνεμοι.

1/9/2008	 Οξύς αυλώνας στην κεντρική Ελλάδα που συνοδεύεται από ψυχρή μάζα (-12°C) στα ΒΑ. Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Ομαλό πεδίο πιέσεων. Επηρεάζει άνεμοι.
12/9/2008	 Ισχυροποίηση αντικυκλώνα στη βόρεια Αφρική. Έξαρση στη δυτική Ελλάδα. Β-ΒΔ ροή. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα ΒΔ. Ψύξη $2^{\circ}\text{C}/12\text{ώρες}$ στα ΒΔ.	 Δ-ΒΔ άνεμοι. Χαμηλότερες θερμοκρασίες στα νότια (18°C). Όχι αξιόλογες θερμικές μεταφορές.	 Ομαλό πεδίο πιέσεων. Άνεμοι δυτικών διευθύνσεων μέχρι μέτριοι.

Αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο ότι οι θερμικές μεταφορές εκτιμώνται με βάση τη διαφορά θερμοκρασίας του τελευταίου δωδεκαώρου για μια συγκεκριμένη περιοχή. Λαμβάνεται όμως υπόψη και η μεταβολή της διεύθυνσης των ανέμων των τριών επιπέδων καθ' ύψος (κατακόρυφο wind shear). Σύμφωνα με το κεφάλαιο 2.4.2.3, η αστάθεια ευνοείται όταν υπάρχει θερμή μεταφορά (καθ' ύψος στροφή ανέμων προς τα δεξιά) στα κατώτερα στρώματα (επιφάνεια-850hPa) και ψυχρή μεταφορά (καθ' ύψος στροφή ανέμων προς τα αριστερά) στη μέση τροπόσφαιρα (850hPa-500hPa). Σε ορισμένες περιπτώσεις η καθετότητα ισοϋψών και ισόθερμων δεν αντιστοιχεί σε θερμική μεταφορά μεγαλύτερη από $2^{\circ}\text{C}/12\text{ώρες}$ και γι αυτό δεν θεωρείται σημαντική. Τέλος, η διέλευση αυλώνων ή χαμηλών στη μέση τροπόσφαιρα ή οργανωμένων μετωπικών συστημάτων στην επιφάνεια συνδυάζονται πάντα με σημαντικές θερμικές μεταφορές.

4.3.2. Περιγραφή των επικρατούντων καιρικών καταστάσεων

α. Χαρακτηριστικά στις δορυφορικές εικόνες

Καταρχήν, παρατηρείται ανάπτυξη κυττάρων κυρίως στα δυτικά ορεινά, στον Όλυμπο, στα ορεινά της Χαλκιδικής και στα ΒΑ ορεινά ανάλογα με την περίπτωση που εξετάζεται (Σχήμα 4.15). Η όλη διαδικασία ξεκινά τις πρώτες πρωινές ώρες και εξελίσσεται με ταχύτερο ρυθμό σε σχέση με τις περιπτώσεις των κατηγοριών της θερμικής αστάθειας και των ορογραφικών αναπτύξεων. Τα νέα κύτταρα είναι σχεδόν στάσιμα και αναπτύσσονται γρήγορα κατακόρυφα. Σε ορισμένες περιπτώσεις αναπτύσσονται κυψελοειδή νέφη κλειστού τύπου και σε περιοχές με χαμηλότερο υψόμετρο, η καθ' ύψος ανάπτυξή τους όμως δεν είναι σημαντική.

Η ανάπτυξη νεότερων νεφικών κυττάρων λαμβάνει χώρα πίσω ή μπροστά από τα πιο ώριμα κύτταρα όπως αυτά κινούνται κατά τη διεύθυνση του ανέμου. Περαιτέρω καθ' ύψος ανάπτυξη των ωριμότερων κυττάρων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητάς τους με αποτέλεσμα τη συγχώνευσή τους με νεότερα κύτταρα που προηγούνται και τη δημιουργία του πρώτου MCS. Όταν τα νεότερα κύτταρα έπονται, η γρήγορη καθ' ύψος ανάπτυξή τους οδηγεί είτε στη σταδιακή συγχώνευση με το πίσω μέρος του προπορευόμενου συστήματος είτε στη συγχώνευσή με άλλα νέα κύτταρα γειτονικών περιοχών καθιστώντας δυνατή την ανάπτυξη νέου MCS. Κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί ότι σε κάθε ημέρα αναπτύσσονται συνήθως περισσότερα από ένα MCS, μέσα σε ένα περιβάλλον γενικευμένης αστάθειας .

Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται ως τις απογευματινές ώρες οπότε σταματά η ανάπτυξη νέων κυττάρων. Τα ήδη υπάρχοντα MCS κινούνται με σχετικά μεγάλες ταχύτητες και σε ορισμένες περιπτώσεις συγχωνεύονται μεταξύ τους με αποτέλεσμα την περεταίρω αύξηση του χρόνου ζωής τους. Τις βραδινές ώρες είναι δυνατό να επηρεάσουν και θαλάσσιες περιοχές. Κατά τη δύση του ηλίου, είναι χαρακτηριστική στο κανάλι HRV η εικόνα των κορυφών τους λόγω σκίασης. Επειδή οι εικόνες του σχήματος 4.15 αφορούν σε μεσημεριανές ώρες, το παραπάνω συμπέρασμα διαπιστώνεται με χρήση animation (πχ 1/6, 5/6, 3/7). Επίσης, όταν η εξασθένησή τους λαμβάνει χώρα πριν τη δύση του ηλίου, είναι χαρακτηριστική η γραμμή των κορυφών τους καθώς παρασύρονται από τους ανέμους της ανώτερης τροπόσφαιρας.

Επίσης, αξίζει να αναφερθεί η παρουσία αραιών νεφών Ci (24/5, 29/5, 2/6, 5/6, 7/6 και 3/7) λόγω των κυματώσεων στην ανώτερη ατμόσφαιρα. Νέφη Ci εντοπίζονται επίσης κοντά στις περιοχές διάλυσης των MCS, είναι όμως δυσδιάκριτα στις δορυφορικές εικόνες του ορατού του σχήματος 4.15, επειδή η διάλυση των MCS λαμβάνει χώρα συνήθως αργά το απόγευμα ή το βράδυ. Νέφη Sc εμφανίζονται στις 4/6 στο νότιο Ιόνιο και στις 5/6 στο βόρειο Αιγαίο, λόγω χαμηλών θερμοκρασιών στις περιοχές αυτές.

Η εικόνα στο κανάλι των υδρατμών δείχνει παρουσία αεροχειμάρρου στις περισσότερες περιπτώσεις. Συγκεκριμένα, στις 24/5, 29/5, 1/6, 2/6, 5/6, 7/6, 9/6, 2/7 και 3/7 ο αεροχειμάρρος εμφανίζεται στις βορειότερες περιοχές της Ελλάδας ή σε περιοχές των νότιων Βαλκανίων. Πλην της 2/7, τα MCS βρίσκονται σε πολύ κοντινή απόσταση από τον αεροχειμάρρο, συνήθως βόρεια. Όταν ο άξονας του αεροχειμάρρου είναι καμπυλωτός, τα MCS εμφανίζονται συνήθως στην κυκλωνική μεριά του. Η εικόνα αυτή είναι ιδιαίτερα ευδιάκριτη στις 24/5, 5/6, 7/6 και 9/6. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ροή του άξονα του αεροχειμάρρου είναι δυτική ή βορειοδυτική. Η παρουσία του αεροχειμάρρου φαίνεται να συνδυάζεται με την παρουσία διαταραχών ή μικρότερων κυματώσεων στη μέση τροπόσφαιρα, οι οποίες αποτελούν μέσο τροφοδοσίας των βορείων τμημάτων της χώρας μας με ψυχρές και υγρές αέριες μάζες, ευνοώντας την ανάπτυξη πολυκυτταρικών κατιγιοφόρων νεφικών συστημάτων.

Παρουσία στροβίλου στη μέση-ανώτερη τροπόσφαιρα εντοπίζεται στις 1/6, 9/6, 30/8 και 31/8. Πλην της 1/6, φαίνεται να υπάρχει συσχέτιση των στροβίλων αυτών με την ανάπτυξη MCS ή MCC. Επίσης, στις 1/6, 4/6, 29/6, 30/6 και 1/7 φαίνεται να υπάρχει συσχέτιση ανάπτυξης των πρώτων κυττάρων με την οριακή περιοχή ξηρής-υγρής μέσης-ανώτερης τροπόσφαιρας. Τέλος, σε συμφωνία με τα κεφάλαια 4.1 και 4.2, τα MCS, όπως εξάλλου και τα Cb-TCu, εμφανίζονται συνήθως σε υγρές περιοχές της μέσης-ανώτερης ατμόσφαιρας.

Από τη μελέτη των εικόνων RGB και συγκεκριμένα το συνδυασμό 2-4-9(day microphysical) προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα: Καταρχήν, όσον αφορά τα νέφη Cu, Sc, TCu, Cb και Ci, ισχύουν τα προαναφερθέντα των δυο προηγούμενων κεφαλαίων. Τα MCS εμφανίζονται με κεραμιδί χρώμα. Η κυριότερη διαφορά τους με τα μεμονωμένα Cb έχει να κάνει με τις διαστάσεις τους. Επίσης, σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατό να εκτιμήσει κανείς τη ροή των ανέμων της ανώτερης τροπόσφαιρας λόγω του σχήματος των Ci που περιβάλλουν τα MCS.

Σύμφωνα με το συνδυασμό των διαφορών 5-6, 4-9, 3-1 (convective storms day), στις περισσότερες περιπτώσεις είναι ευδιάκριτες οι κίτρινες περιοχές εντός των MCS που αποτελούν και τα πιο «ενεργά» σημεία των νεφικών αυτών συστημάτων που συνδέονται και από ραγδαία καιρικά φαινόμενα. Όσο μεγαλύτερες είναι οι διαστάσεις των MCS, τόσο πιο ευδιάκριτες είναι οι περιοχές αυτές. Ωστόσο σε ορισμένες περιπτώσεις, οι κίτρινες αποχρώσεις περιορίζονται αισθητά, όπως στις 26-30/6. Επίσης καθίσταται δυνατή η εκτίμηση της ροής της ανώτερης ατμόσφαιρας λόγω του σχήματος των κορυφών των MCS.

Τέλος, σημαντικά συμπεράσματα προκύπτουν και από τις εικόνες του συνδυασμού 5-6, 8-9, 5i, όπου επιβεβαιώνεται η ύπαρξη αεροχειμάρρου στις 24/5, 29/5, 1/6, 2/6, 5/6, 7/6, 9/6, 2/7 και 3/7 κυρίως σε περιοχές της βόρειας Ελλάδας, από τις στενές κοκκινωπές περιοχές λόγω μεγάλης συνεισφοράς των υδρατμών. Τα MCS εμφανίζονται λευκά, μεγαλύτερων όμως διαστάσεων από τα Cb. Αν και από τις τελευταίες ημέρες του Ιουνίου ως τις τελευταίες ημέρες του Αυγούστου το πράσινο χρώμα που αντιστοιχεί σε θερμές αέριες μάζες κυριαρχεί, στις περισσότερες περιπτώσεις τα MCS εμφανίζονται μέσα σε μπλε περιοχές, δηλαδή σε ψυχρότερο περιβάλλον.

β. Συνοπτικά χαρακτηριστικά

Στο σημείο αυτό μελετάται η συσχέτιση των νεφών των δορυφορικών εικόνων και κυρίως των MCS με τις συνοπτικές καταστάσεις του σχήματος 4.16. Έτσι, προκύπτουν οι εξής κατηγορίες:

A) Ζωνική ροή στην Ελλάδα στα 500hPa

Η ομάδα αυτή εμφανίζεται στις 24/5, 4/6, 5/6, 7/6, 9/6 και 4/7. Τα κυριότερα συνοπτικά χαρακτηριστικά είναι τα εξής:

- Η συνοπτική κατάσταση στο επίπεδο των 500hPa χαρακτηρίζεται από την εξασθένηση του υψηλού των γεωδυναμικών υψών της βόρειας Αφρικής. Επικρατεί δυτική ροή στην Ελλάδα. Όπως προαναφέρθηκε και στο αντίστοιχο κεφάλαιο 2.4.3.4., η ανάπτυξη MCS ευνοείται σε περιοχές που επικρατούν ζωνικές ροές, όχι ισχυρής εντάσεως. Ο καιρός της χώρας επηρεάζεται κυρίως από κυματώσεις προερχόμενες από την κεντρική Ευρώπη δεδομένης και της απουσίας αντικυκλωνικών καταστάσεων στην Ιταλία (πλην 24/5 και 9/6). Οι αυλώνες αυτοί είναι σε κάποιες περιπτώσεις είναι ρηχοί (5/6, 7/6) και σε άλλες περιπτώσεις παρουσιάζουν μεγαλύτερη οξύτητα (24/5, 4/6, 9/6). Οι κυματώσεις αυτές έχουν ως αποτέλεσμα τη διέλευση ψυχρών αερίων μαζών από τη χώρα που κυμαίνονται από -18°C ως -15°C. Στις 4/6 παρατηρείται ψύξη μεγαλύτερη από 2°C/12ώρο, στοιχείο που συμβάλλει σε περεταίρω καθ' ύψος ανάπτυξη των κυττάρων. Τέλος, απόκλιση του πεδίου των ισοϋψών παρατηρείται στις 24/5 με

αποτέλεσμα την ενίσχυση των ανοδικών κινήσεων στη μέση τροπόσφαιρα, γεγονός που επίσης συμβάλλει στην εμφάνιση MCS.

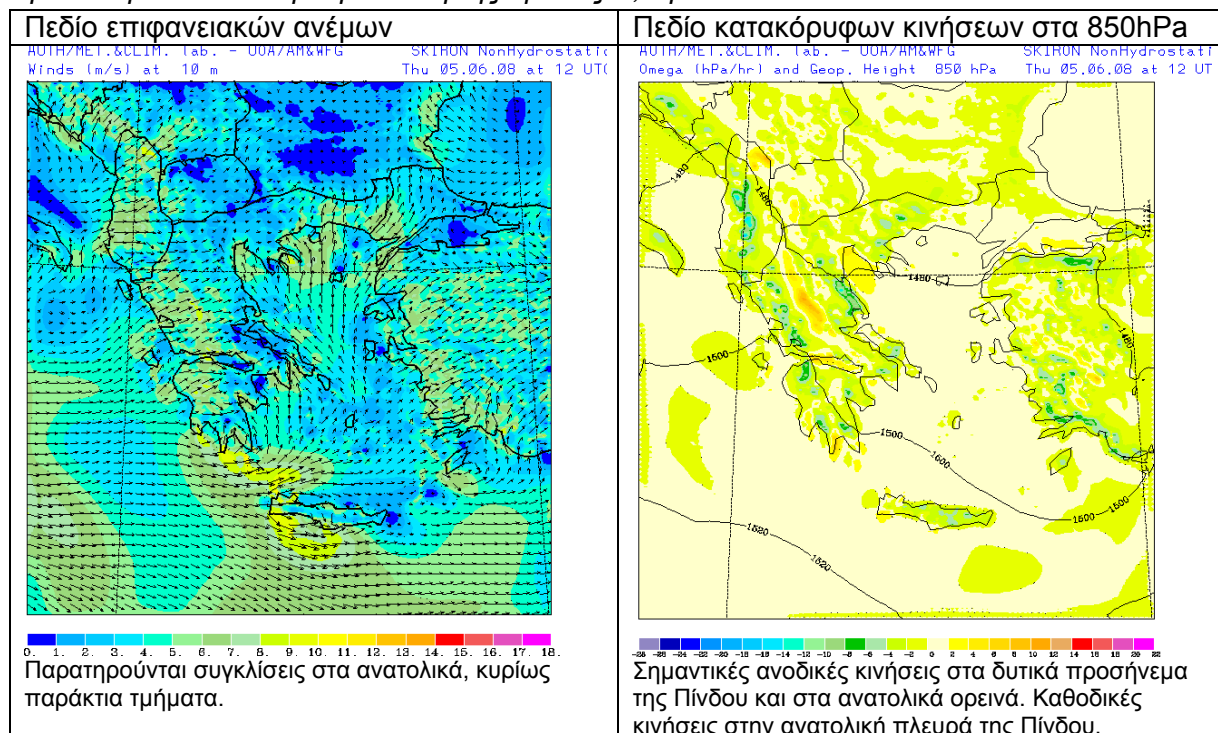
- Στο επίπεδο των 850hPa επικρατούν γενικά άνεμοι δυτικών διευθύνσεων στην Ελλάδα. Στις 5/6 παρατηρείται θερμική έξαρση στη δυτική Ελλάδα. Λόγω της παρουσίας της, θερμαίνονται οι περιοχές αυτές, με αποτέλεσμα να καθίσταται η δημιουργία MCS περισσότερο πιθανή. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι θερμικές μεταφορές που παρατηρούνται σχετίζονται πάντα με σημαντικές μεταβολές της διεύθυνσης του ανέμου καθ' ύψος.
- Στην επιφάνεια επικρατεί γενικά δυτική ροή στην Ελλάδα είτε λόγω παρουσίας αντικυκλώνων στην ευρύτερη περιοχή Ιταλίας-Ελλάδας (24/5) είτε λόγω χαμηλού στα Βαλκάνια (4/6) ή στην Αδριατική (7/6) είτε λόγω ομαλοποίησης του πεδίου ισοβαρών. Επίσης, ασθενής μετωπική δραστηριότητα παρατηρείται μόνο στις 4/6, δεν σχετίζεται όμως με την εμφάνιση MCS. Τέλος, δεν εμφανίζονται ετησίες άνεμοι.

Η ανάπτυξη των πρώτων κυττάρων λαμβάνει χώρα σε ορεινές περιοχές, κυρίως των βορείων περιοχών της χώρας. Η διεύθυνση κίνησής τους είναι Α-ΝΑ και συγχωνεύονται με άλλα κύτταρα των περιοχών αυτών. Στην ομάδα αυτή οι περιοχές όπου ευνοείται η ανάπτυξη MCS είναι τα ΒΔ και ΒΑ ορεινά καθώς και τα ορεινά της Χαλκιδικής (Σχήμα 4.15). Οι περισσότερες αναπτύξεις λαμβάνουν χώρα στις περιοχές αυτές αλλά και στα υπόλοιπα ηπειρωτικά, με έμφαση αυτά του ανατολικού κορμού της χώρας. Εμφανής είναι η απουσία νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης στα δυτικά παράκτια τμήματα. Σημαντικό ρόλο παίζει και ο περιορισμός της θαλάσσιας αύρας στις περιοχές αυτές λόγω ισχυροποίησης της δυτικής επιφανειακής ροής. Τα νέφη εμφανίζονται διάσπαρτα. Η εικόνα τους θυμίζει την ομάδα Α της κατηγορίας της θερμικής αστάθειας. Φαίνεται όμως να απουσιάζουν τα κυματοειδή νέφη από τις δορυφορικές εικόνες των ημερών αυτών.

Από τη μελέτη του σχήματος 4.17 παρατηρείται ότι το πεδίο ανοδικών κινήσεων του επιπέδου των 850hPa είναι παρόμοιο με αυτό της ομάδας Α του κεφαλαίου της αστάθειας. Είναι εμφανής η ζώνη ανοδικών κινήσεων στη δυτική πλευρά της Πίνδου λόγω ενισχυμένης δυτικής επιφανειακής ροής. Οι ανοδικές αυτές κινήσεις αποτελούν το μηχανικό αίτιο ανύψωσης του αέρα με αποτέλεσμα το σχηματισμό νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης. Περαιτέρω όμως ανάπτυξή τους απαιτεί συγκεκριμένες ατμοσφαιρικές συνθήκες και επομένως είναι αδύνατη η συσχέτισή τους με το πεδίο κατακόρυφων κινήσεων στο επίπεδο αυτό. Τέλος, αξιόλογες ανοδικές κινήσεις εντοπίζονται και στην ανατολική Πελοπόννησο (κυρίως νότια τμήματα) αλλά και σε περιοχές των ανατολικών προσήνεμων τμημάτων λόγω του συνδυασμού της εξασθενημένης στις περιοχές αυτές δυτικής επιφανειακής ροής και της θαλάσσιας αύρας, με αποτέλεσμα ο σχηματισμός κυττάρων να ευνοείται στις περιοχές αυτές.

Επίσης, παρατηρείται ότι περεταίρω αύξηση των δυτικών επιφανειακών ανέμων (4/6 και 5/6), συνεπάγεται στον περιορισμό των συγκλίσεων και επομένως νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης. Επίσης, η ενισχυμένη ροή των κατώτερων ατμοσφαιρικών στρωμάτων συμβάλλει στην καλύτερη οργάνωση των κυψελοειδών νεφών κλειστού τύπου, με αποτέλεσμα να είναι πιο ευδιάκριτα (4/6 βόρεια Ελλάδα). Συμπερασματικά, δεν προκύπτει άμεση συσχέτιση επιφανειακών συγκλίσεων και σχηματισμού MCS.

Σχήμα 4.17. Πεδίο ανέμου στην επιφάνεια και κατακόρυφων κινήσεων στο επίπεδο των 850hPa με βάση τα προγνωστικά δεδομένα του αριθμητικού μοντέλου καιρού SKIRON για την αντιπροσωπευτική περίπτωση της ομάδας Α, την 5/6.



Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η ανάπτυξη νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης που σχετίζονται με τη θαλάσσια αύρα είναι πολύ πιθανή στα ανατολικά προσήνεμα τμήματα αυτά λόγω εξασθένησης της δυτικής επιφανειακής ροής στα τμήματα αυτά αλλά και λόγω απουσίας ετησιών ανέμων. Τα νέφη αυτά δε σχετίζονται με τα MCS της δυτικής και βόρειας Ελλάδας. Η περίπτωση αυτή εμφανίζεται στις 5/6 στην ΒΑ Πελοπόννησο. Είναι χαρακτηριστική η γραμμή νεφών Cu στα παράκτια τμήματα της ΒΑ Πελοποννήσου. Λιγότερο ευδιάκριτη είναι η εικόνα των νεφών αυτών στην περιοχή της ανατολικής Αττικής στις 24/5, επειδή η κορύφωση της θαλάσσιας αύρας που ευθύνεται για το σχηματισμό της χαρακτηριστικής γραμμής νεφών Cu στην περιοχή έλαβε χώρα μια περίπου ώρα νωρίτερα από την εικόνα που παρατίθεται στο σχήμα 4.15. Επομένως η εικόνα των νεφών αυτών παρουσιάζει τάση διάλυσης.

Β) Παρουσία ισχυρής έξαρσης στην ευρύτερη περιοχή Ιταλίας-Ελλάδας.

Η ομάδα αυτή εμφανίζεται στις 29/5, 1/6 και 2/6. Τα κυριότερα συνοπτικά χαρακτηριστικά είναι τα εξής:

- Στο επίπεδο των 500hPa υφίσταται η παρουσία της ράχης της βόρειας Αφρικής και σε συνδυασμό με την παρουσία ισχυρής έξαρσης στην Ιταλία ή την Ελλάδα δημιουργείται αντικυκλωνικό πεδίο ισοϋψών στην Ελλάδα. Επικρατεί ΒΔ ροή στη χώρα. Η παρουσία ψυχρών μαζών (-14°C ως -12°C) στα κεντρικά και βόρεια (29/5), στα ΒΑ (1/6) και στα δυτικά (2/6) φαίνεται να συνδέεται με την ανάπτυξη MCS στις περιοχές αυτές.
- Κύριο χαρακτηριστικό της ομάδας αυτής αποτελεί η παρουσία θερμικών εξάρσεων στην ευρύτερη περιοχή ανάμεσα στην Ιταλία και την Ελλάδα στο επίπεδο των 850hPa

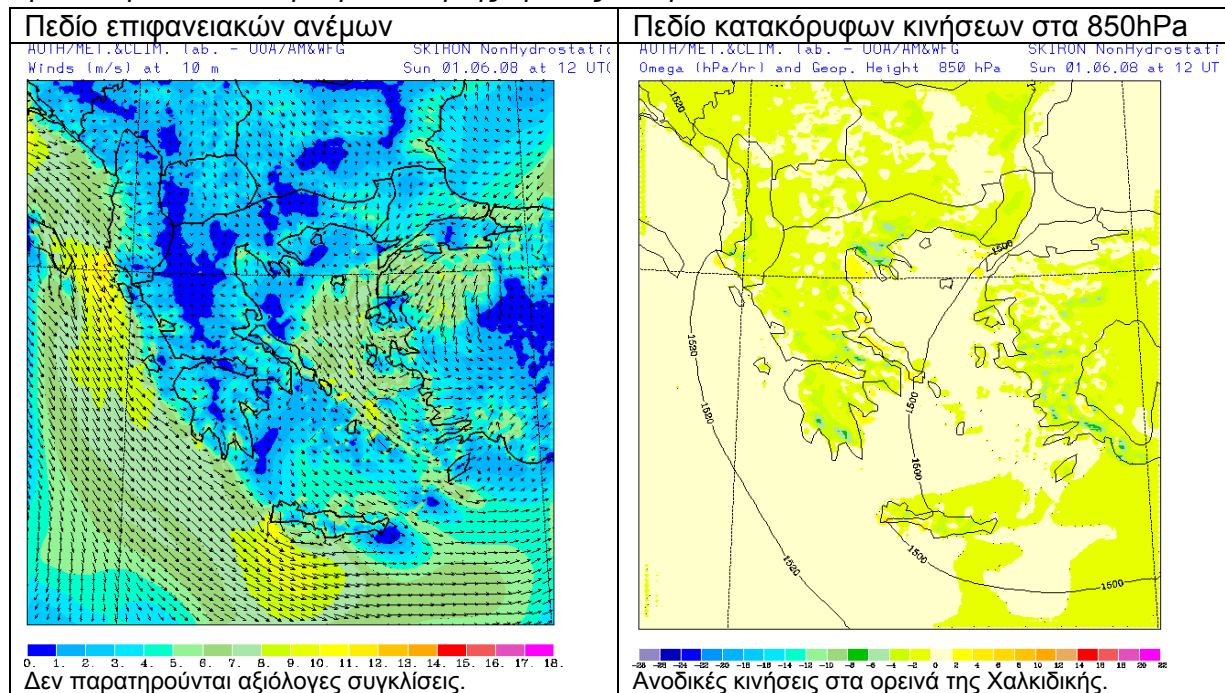
(Σχήμα 4.16). Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τους νότιους ανέμους στη δυτική Ελλάδα έχει ως αποτέλεσμα τη μεταφορά θερμών και υγρών αερίων μαζών καθιστώντας τις περιοχές αυτές ιδιαίτερα ασταθείς.

- Η συνοπτική κατάσταση της επιφάνειας χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη αντικυκλωνικών καταστάσεων στα Βαλκάνια (29/5 και 2/6) ή στην Ιταλία. Η εμφάνιση μετωπικής δραστηριότητας στις 1/6 στη ΒΑ Ελλάδα αποτελεί σημαντικό παράγοντα εμφάνισης MCS. Τέλος, υφίστανται ετησίες άνεμοι, όχι όμως ισχυροί.

Οι περιοχές εμφάνισης MCS είναι τα δυτικά και ΒΑ, κυρίως ορεινά τμήματα, της χώρας. Επίσης δεν παρατηρούνται κυψελοειδή και κυματοειδή νέφη, όπως στην κατηγορία Α. Οι περιπτώσεις των 29/5 και 1/6 θυμίζουν την κατηγορία των αναπτύξεων ορογραφικής προέλευσης.

Η εμφάνιση ετησιών ανέμων σε συνδυασμό με την παρουσία ασθενούς δυτικής επιφανειακής ροής των δυτικών παράκτιων τμημάτων της Ελλάδας συμβάλλει στην ανάπτυξη συγκλίσεων κατά μήκος της οροσειράς της Πίνδου και οδηγεί στην ανάπτυξη των πρώτων κυττάρων. Η μελέτη των animations δείχνει ότι η ανάπτυξη νεότερων κυττάρων λαμβάνει χώρα πίσω από το προπορευόμενο MCS. Η διασπορά τους όμως είναι μικρότερης κλίμακας από αυτήν της κατηγορίας Α. Περαιτέρω καθ' ύψος ανάπτυξη λαμβάνει χώρα είτε λόγω θέρμανσης και μεταφοράς υγρασίας στα κατώτερα στρώματα είτε λόγω ψύξης στη μέση τροπόσφαιρα είτε λόγω εμφάνισης μετωπικής διάταξης πίσω από την περιοχή των αναπτύξεων.

Σχήμα 4.18. Πεδίο ανέμου στην επιφάνεια και κατακόρυφων κινήσεων στο επίπεδο των 850hPa με βάση τα προγνωστικά δεδομένα του αριθμητικού μοντέλου καιρού SKIRON για την αντιπροσωπευτική περίπτωση της ομάδας Β, την 1/6.



Επίσης, διάσπαρτα νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης παρατηρούνται και στον ηπειρωτικό κορμό της χώρας, πλην των δυτικών παράκτιων τμημάτων. Η θαλάσσια αύρα υφίσταται στις περιοχές αυτές δεν οδηγεί όμως στην ανάπτυξη νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης. Θαλάσσια αύρα δεν υφίσταται στα ανατολικά παράκτια τμήματα της Ελλάδας λόγω εμφάνισης ετησιών ανέμων. Εξαίρεση παρατηρείται στις 1/6 και πάλι όμως ο μηχανισμός αυτός δεν είναι δυνατό να οδηγήσει στο σχηματισμό νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης (Σχήμα 4.18).

Γ) Ισχυροποίηση των υψηλών γεωδυναμικών υψών της βόρειας Αφρικής στα 500hPa σε συνδυασμό με ασθενή ΒΔ ροή στην Ελλάδα.

Η ομάδα αυτή εμφανίζεται στις 26/6, 27/6, 28/6, 29/6, 30/6, 1/7, 2/7, 3/7 και 12/9. Τα κυριότερα συνοπτικά χαρακτηριστικά είναι τα εξής:

- Στο επίπεδο των 500hPa παρατηρείται ισχυροποίηση της ράχης της βόρειας Αφρικής, στην Ελλάδα όμως υπάρχει ασθενής ΒΔ ροή. Οι ψυχρές μάζες (-12°C ως -9°C) στα δυτικά (πλην 28/6) φαίνεται να συνδέονται με την ανάπτυξη MCS στις περιοχές αυτές. Οι θερμοκρασίες όμως αυτές είναι σαφώς υψηλότερες από τις αντίστοιχες των ομάδων Α και Β. Λόγω της ασθενούς ροής, η διέλευση των ψυχρών μαζών δε συνδέεται από αξιόλογες θερμικές μεταφορές. Εξαίρεση παρατηρείται στις 26/6, 29/6, 1/7 και 12/9. Τέλος, παρατηρείται απόκλιση των ισοϋψών, εκτός από τις 1/7 και 3/7, γεγονός που αποτελεί παράγοντα ενίσχυσης των ανοδικών κινήσεων στα ύψη αυτά.
- Στο επίπεδο των 850hPa ισχύουν τα εξής: Καταρχήν η ροή είναι ΒΑ. Οι θερμοκρασίες στις περιοχές ενδιαφέροντος κυμαίνονται από 18°C ως 21°C , σαφώς μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες των ομάδων Α και Β. Χαρακτηριστικό στοιχείο της ομάδας αυτής αποτελεί η παρουσία ψυχρών μαζών σε περιοχές εμφάνισης MCS. Συγκεκριμένα, στις 29/6, 30/6 και 1/7 παρατηρείται «ψυχρή γλώσσα» από τα βόρεια ενώ στις 2/7 και στις 12/9 υπάρχει ψυχρή μάζα πάνω από την κεντρική και νότια Ελλάδα (Σχήμα 4.16). Τέλος, δεν παρατηρούνται αξιόλογες θερμικές μεταφορές (πλην της 29/6) αφενός λόγω της εξασθενημένης ροής, αφετέρου λόγω ασθενούς βαθμίδας των ισόθερμων.
- Στην επιφάνεια, ο ηπειρωτικός κορμός της χώρας επηρεάζεται από την ασθενούς-μέτριας έντασης ροή του Ιονίου και από τις ετησίες. Σε ορισμένες περιπτώσεις κυριαρχούν οι άνεμοι ανατολικών διευθύνσεων λόγω ισχυροποίησης των μετεμιών (26/6-28/6) και στις υπόλοιπες περιπτώσεις οι άνεμοι είναι μεταβλητοί ασθενείς (29/6-3/7 και 12/9). Επίσης δεν εντοπίζονται νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης που να συνδέονται με μετωπική δραστηριότητα.

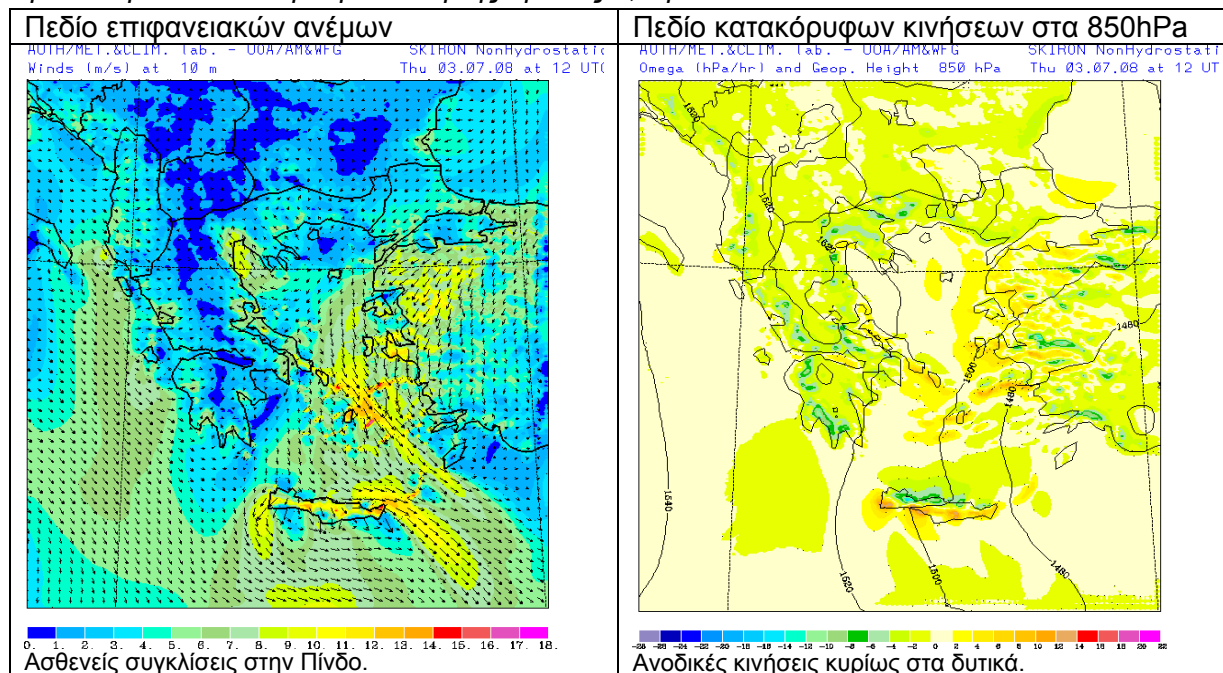
Η ανάπτυξη των πρώτων κυττάρων λαμβάνει χώρα σε ορεινές περιοχές των ΒΔ τμημάτων. Λόγω της μικρότερης έντασης ανέμων στα χαμηλότερα ύψη της τροπόσφαιρας, ευνοείται μεν η δημιουργία περισσότερων κυττάρων, οι ταχύτητες κίνησής τους όμως είναι μικρότερες σε σχέση με την ομάδα Α και επομένως επιβραδύνονται σημαντικά οι συγχωνεύσεις. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η όλη διαδικασία να εξελίσσεται πιο αργά από την ομάδα Α. Η διασπορά των κυττάρων είναι μικρότερης κλίμακας από αυτήν των ομάδων Α και Β. Εδώ επηρεάζονται κυρίως τα δυτικά τμήματα ενώ σε δυο περιπτώσεις (2/7, 3/7) και τα ΒΑ τμήματα, με τα MCS να κινούνται αποκλειστικά σχεδόν πάνω από ορεινές περιοχές. Οι αναπτύξεις πάνω από πεδινές περιοχές όπως και η παρουσία κυψελοειδών νεφών κλειστού τύπου περιορίζονται σημαντικά σε σχέση με την ομάδα Α. Μια ακόμα σημαντική διαπίστωση

είναι ο περιορισμός της θαλάσσιας αύρας στα ανατολικά προσήνεμα λόγω παρουσίας των ετησιών ανέμων. Επομένως η εμφάνιση νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης στις περιοχές αυτές καθίσταται αδύνατη.

Σε περιπτώσεις ισχυρών ετησιών (26/6-28/6), τα MCS κινούνται αποκλειστικά στην οροσειρά της Πίνδου και λίγο πριν το στάδιο της διάλυσής τους είναι δυνατό να επηρεάσουν τα δυτικά παράκτια τμήματα. Σε περιπτώσεις ασθενέστερων ετησιών ανέμων, η παρουσία ασθενούς-μέτριας ροής στα χαμηλά ύψη είναι δυνατό να παρασύρει τα υπάρχοντα MCS προς διάφορες διευθύνσεις και να επηρεάσει διάφορες περιοχές, κοντά όμως στην οροσειρά της Πίνδου ή τον Όλυμπο.

Επίσης, ενίσχυση των ετησιών ανέμων και κατά συνέπεια της ασθενούς-μέτριας ροής ανατολικών επιφανειακών ανέμων στον κεντρικό κορμό της Ελλάδας, οδηγεί σε εξασθένηση των αναπτύξεων στα νότια ηπειρωτικά (26/6-28/6). Ισχύει και το αντίστροφο, δηλαδή εξασθένηση των ανέμων αυτών συνεπάγεται σε αύξηση των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης στα νότια ηπειρωτικά.

Σχήμα 4.19. Πεδίο ανέμου στην επιφάνεια και κατακόρυφων κινήσεων στο επίπεδο των 850hPa με βάση τα προγνωστικά δεδομένα του αριθμητικού μοντέλου καιρού SKIRON για την αντιπροσωπευτική περίπτωση της ομάδας Γ, την 3/7.



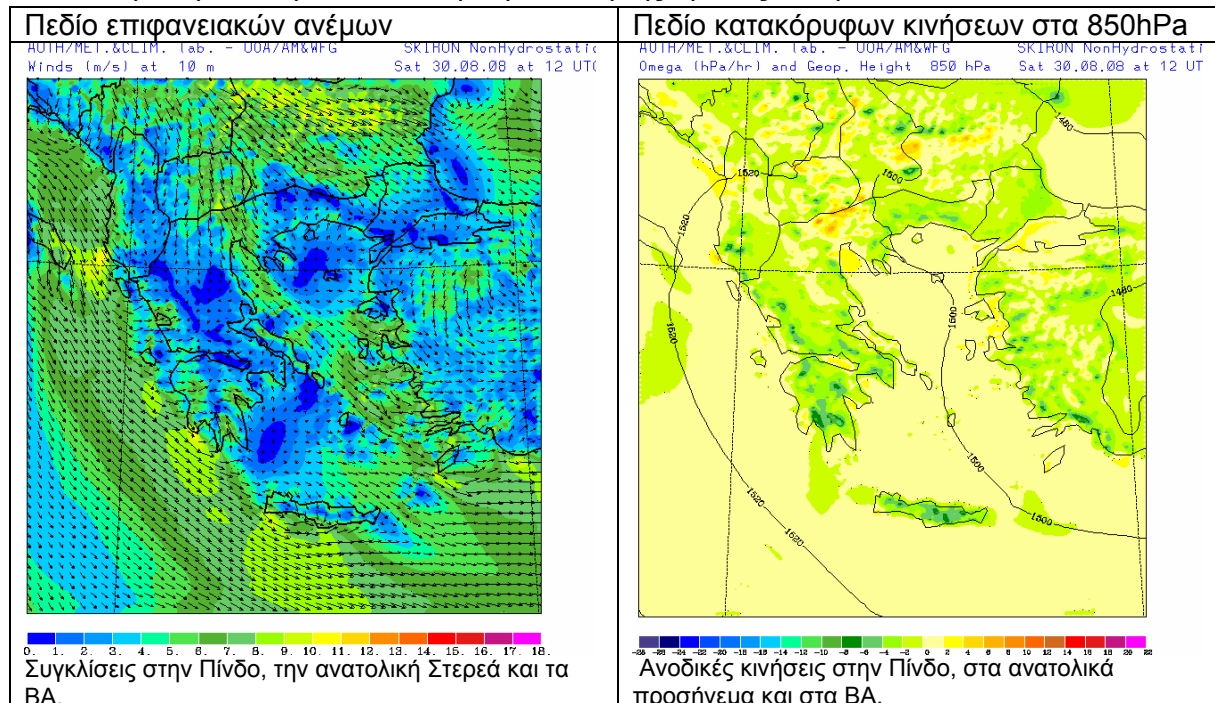
Κρίνεται επίσης σκόπιμο να αναφερθεί ότι στις περιπτώσεις που υφίστανται ετησίες άνεμοι αλλά δεν είναι ισχυροί (29/6-3/7, 12/9) ευνοούνται οι συγκλίσεις στην οροσειρά της Πίνδου και ειδικά στα νότια τμήματά της και στην Πελοπόννησο (Σχήμα 4.19), με αποτέλεσμα την επικράτηση ανοδικών κινήσεων στις περιοχές αυτές.

Δ) Αυλώνας στην Ελλάδα στο επίπεδο των 500hPa

Η ομάδα αυτή εμφανίζεται στην περίπτωση 30/8, 31/8 και στις 1/9. Κυριότερα συνοπτικά στοιχεία είναι τα εξής:

- Στο επίπεδο των 500hPa διαπιστώνεται η ύπαρξη αυλώνα με τη μορφή λεκάνης χαμηλών υψών στην Ελλάδα. Η κατάσταση αυτή συνδέεται από την παρουσία της ισόθερμης των -10°C στη χώρα. Η μετακίνηση του αυλώνα είναι σχετικά αργή και επομένως δε σημειώνονται αξιόλογες θερμικές μεταφορές. Η συνοπτική αυτή κατάσταση σε συνδυασμό με την ύπαρξη στροβίλου στη μέση-ανώτερη ατμόσφαιρα αλλά και την απόκλιση των ισοϋψών στην Ελλάδα, ευνοεί τις ανοδικές κινήσεις στα ύψη αυτά και επομένως την περεταίρω καθ' ύψος ανάπτυξη των υπαρχόντων κυττάρων και τη γέννηση των MCS.
- Στο επίπεδο των 850hPa οι άνεμοι στην Ελλάδα είναι βορείων διευθύνσεων. Επίσης, παρατηρείται ψύξη από τα βόρεια. Η κατάσταση αυτή δεν ενισχύει την ύπαρξη αστάθειας.
- Στην επιφάνεια το πεδίο των ισοβαρών είναι ομαλό και η εμφάνιση των MCS στην κεντρική και νότια Ελλάδα δε σχετίζονται με μετωπική δραστηριότητα. Οι άνεμοι είναι βορείων διευθύνσεων και στη δυτική Ελλάδα δυτικοί. Στις 31/8 επικρατούν ασθενείς ετησίες άνεμοι στη χώρα (Σχήμα 4.20).

Σχήμα 4.20. Πεδίο ανέμου στην επιφάνεια και κατακόρυφων κινήσεων στο επίπεδο των 850hPa με βάση τα προγνωστικά δεδομένα ανάλυσης του αριθμητικού μοντέλου καιρού SKIRON για την αντιπροσωπευτική περίπτωση της ομάδας Δ, την 31/8.



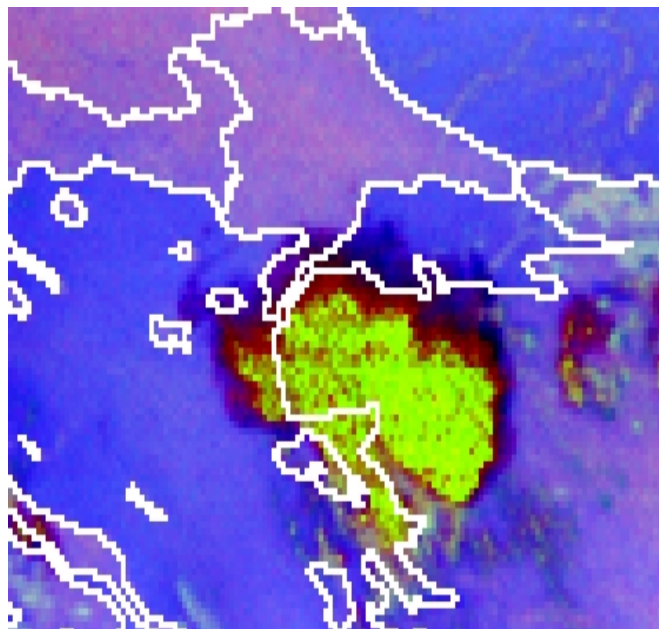
Σύμφωνα με το σχήμα 4.20, η εμφάνιση ενισχυμένης δυτικής-βορειοδυτικής ροής στο Ιόνιο σε συνδυασμό με τη βόρεια επιφανειακή ροή δημιουργεί συγκλίσεις στην Πίνδο. Επίσης, η θαλάσσια αύρα των ανατολικών παράκτιων τμημάτων δημιουργεί τοπικές

συγκλίσεις, που στην Πελοπόννησο και την ανατολική Στερεά είναι έντονες. Οι συγκλίσεις αυτές αποτελούν το σημαντικότερο αίτιο των ανοδικών κινήσεων των κατωτέρων στρωμάτων λόγω και της περιορισμένης αστάθειας.

Λόγω της συνοπτικής κατάστασης στη μέση τροπόσφαιρα, όταν τα κύτταρα των περιοχών αυτών ανέλθουν στα ύψη αυτά, ενισχύεται η περεταίρω ανάπτυξή τους, λόγω και της παρουσίας του στροβίλου των μέσων και ανωτέρων στρωμάτων και προκύπτουν διάσπαρτα καταιγιδοφόρα νέφη σε μικρές σχετικά αποστάσεις μεταξύ τους. Η συγχώνευσή κάποιων εξ αυτών οδηγεί στην δημιουργία MCS. Το κυκλωνικό πεδίο των ισοϋψών συντηρεί την κατάσταση αυτή και το ασθενές πεδίο των ανέμων επιτρέπει και ενισχύει τη διαδικασία των συγχωνεύσεων με αποτέλεσμα την περαιτέρω ενίσχυση των υπαρχόντων MCS και την εξέλιξή τους σε ένα μεγάλο νεφικό σύμπλεγμα, MCC.

Αν και το MCC εξασθένησε το απόγευμα της 31/8, η ψυχρή λίμνη στα ΒΑ (-12°C) συντέλεσε στην επανατροφοδότηση του συστήματος (Σχήμα 4.16). Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τον έντονο στροβιλισμό της μέσης τροπόσφαιρας, όπως φαίνεται και από κανάλι των υδρατμών (Σχήμα 4.15), συνέβαλλε στην εκ νέου ανάπτυξη του MCC, αλλά και στην περεταίρω ισχυροποίησή του. Σημαντικό στοιχείο φαίνεται να αποτελεί και η τροφοδοσία από τα νότια. Το MCC εξασθένησε τις πρωινές ώρες.

Η ισχύς του συμπλέγματος είναι ιδιαίτερα έντονη. Απόδειξη αποτελεί η εικόνα του Night Microphysical (10-9, 9-4, 9) του σχήματος 4.21. Υπενθυμίζεται ότι οι κίτρινες κουκίδες αντιστοιχούν σε διάσπαρτα Cb μέσα στο νεφικό σύστημα, με κύριο χαρακτηριστικό τις πολύ ψυχρές κορυφές ($<-50^{\circ}\text{C}$). Η πολύ μεγάλη συχνότητα των κίτρινων κουκίδων που σχεδόν αλληλεπικαλύπτονται, αποτελεί απόδειξη της ραγδαιότητας του συμπλέγματος.



Σχήμα 4.21. Δορυφορική εικόνα στο πολυχρωματικό κανάλι *Night Microphysical* (10-9, 9-4, 9) της 1/9, 01:00UTC.

5. Συμπεράσματα

Στα πλαίσια της εργασίας πραγματοποιήθηκε μελέτη νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης της θερμής περιόδου του έτους με χρήση δορυφορικών εικόνων, αλλά και χαρτών συνοπτικής και μέσης κλίμακας. Μελετήθηκαν συνολικά 68 ημέρες εμφάνισης νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης σε συνθήκες αίθριου καιρού. Επίσης, μελετήθηκε η επίδραση των συνοπτικών και μέσης κλίμακας συνθηκών που ευνοούν τη γέννησή τους αλλά και την καθ' ύψος ανάπτυξή τους. Σημαντικό επίσης κομμάτι της εργασίας αυτής αποτέλεσε η μελέτη των πολυκυτταρικών καταιγίδων που αναπτύσσονται στην Ελλάδα τη θερινή περίοδο.

5.1. Φωτοερμηνεία των δορυφορικών εικόνων

Από την εκτενή φωτοερμηνεία των δορυφορικών εικόνων MSG που έλαβε χώρα, προέκυψαν σημαντικά συμπεράσματα σχετικά με τον εντοπισμό των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης, τον προσδιορισμό του είδους τους αλλά και μικροφυσικές ιδιότητες της σύστασής τους. Η μελέτη με βάση animation έδωσε πληροφορίες σχετικά τον κύκλο ζωής τους, την κίνησή τους αλλά και τη διασπορά τους στον ελλαδικό χώρο.

5.1.1 Χαρακτηριστικά των νεφών στο ορατό και το υπέρυθρο

Στα κανάλια αυτά και κυρίως στο ορατό κανάλι υψηλής ανάλυσης (HRV), αναγνωρίζεται ευδιάκριτα το σχήμα και τη μορφή των νεφών. Εντοπίζονται ακόμα και τα μεμονωμένα νέφη Cu. Επίσης, καθίστανται ευδιάκριτα και άλλα χαρακτηριστικά των νεφών. Συγκεκριμένα:

- ✓ Η οργάνωση νεφών Cu σε εκτεταμένες ηπειρωτικές περιοχές κυρίως χαμηλού υψομέτρου με τη μορφή κυψελοειδών νεφών κλειστού τύπου.
- ✓ Η μορφή των anvil Cirrus των Cb και MCS, καθώς παρασύρονται από τους ανέμους της ανώτερης ατμόσφαιρας κατά το στάδιο διάλυσής τους. Η πιο ευδιάκριτη περίπτωση προκύπτει από την εικόνα του υπέρυθρου (11/6).
- ✓ Η παρουσία κυματοειδών νεφών στις ανατολικές πλαγιές της Πίνδου, λόγω ορεινού φραγμού και ενισχυμένης δυτικής ροής των κατώτερων τροποσφαιρικών στρωμάτων (22/5, 23/5).
- ✓ Η μικρή συχνότητα εμφάνισης νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης σε παράκτιες περιοχές λόγω θαλάσσιας αύρας. Ο μηχανισμός αυτός οδηγεί σε ανοδικές κινήσεις στα παράκτια τμήματα, οι οποίες όμως δεν είναι ικανές από μόνες τους να οδηγήσουν στο σχηματισμό νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης. Απαιτείται ο συνδυασμός θαλάσσιας αύρας με μια άλλη ζώνη σύγκλισης. Επίσης, αποτρεπτικό παράγοντα αποτελεί η συχνή εμφάνιση των ετησιών ανέμων.
- ✓ Η σκιά των Cb και των MCS. Η εικόνα αυτή παρατηρείται στη δύση του Ηλίου. Αντίθετα, δεν είναι ευδιάκριτη η σκιά των Cu και TCu.
- ✓ Η ανάπτυξη κυρίως ορογραφικών Sc σε περιπτώσεις χαμηλών θερμοκρασιών στην κατώτερη τροπόσφαιρα, ενισχυμένης δυτικής ροής και ορεινού φραγμού της Πίνδου, εμφανίζεται σε αρκετές περιπτώσεις της ομάδας της ζωνικής ροής των 500hPa του κεφαλαίου της θερμικής αστάθειας, με πιο χαρακτηριστική την περίπτωση της 22/5.

- ✓ Η παρουσία νεφών Ac, σε αρκετές περιπτώσεις που συνοπτική κατάσταση χαρακτηρίζεται από την παρουσία διαταραχών ή μικρότερων κυματώσεων της μέσης-ανώτερης τροπόσφαιρας. Εμφανίζονται κυρίως σε περιπτώσεις του κεφαλαίου 4.1.

5.1.2 Χαρακτηριστικά των νεφών στο κανάλι των υδρατμών

Από το κανάλι των υδρατμών δεν αντλούνται άμεσα πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης. Αντίθετα περιγράφεται η οριζόντια κατανομή της υγρασίας της ατμόσφαιρας αλλά και η ακριβής θέση του αεροχειμάρρου και διερευνάται η σχέση τους με τα νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης, ιδιαίτερα με τα πιο ανεπτυγμένα. Προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- ✓ Στις λιγοστές περιπτώσεις εμφάνισης του αεροχειμάρρου τη θερινή περίοδο στην Ελλάδα, δεν φαίνεται να υπάρχει άμεση συσχέτιση με τα νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης (κεφάλαια 4.1 και 4.2).
- ✓ Αντίθετα, σε περιπτώσεις ανάπτυξης MCS στη βόρεια Ελλάδα, παρατηρείται μεγάλη συχνότητα εμφάνισης του αεροχειμάρρου στη βόρεια Ελλάδα ή στα νότια Βαλκάνια. Η ανάπτυξη MCS φαίνεται να ευνοείται είτε πολύ κοντά στον αεροχείμαρρο είτε λίγο πιο μακριά από αυτόν, στην κυκλωνική μεριά του. Η εμφάνισή του συνδυάζεται συνήθως με την παρουσία διαταραχών ή μικρότερων κυματώσεων στη μέση τροπόσφαιρα, ευνοώντας την ανάπτυξη πολυκυτταρικών καταιγίδων.
- ✓ Παρατηρείται συσχέτιση μεταξύ των στροβίλων της μέσης-ανώτερης ατμόσφαιρας με την ανάπτυξη MCS και MCC (30/8, 31/8, 1/9).
- ✓ Δεν διαπιστώνεται εξάρτηση ανάμεσα στο σχηματισμό νεφών κατακόρυφης και στο διαχωριστικό όριο ξηρών-υγρών περιοχών της μέσης και ανώτερης ατμόσφαιρας. Αν και η συσχέτιση αυτή θεωρείται δεδομένη με βάση τη θεωρία της δορυφορικής μετεωρολογίας (παράγραφος 2.4.2.2), η επιβεβαίωσή της στην Ελλάδα θεωρείται επισφαλής. Αιτία αποτελεί η έντονη ανομοιογένεια του ανάγλυφου της Ελλάδας, από την οποία πηγάζουν σημαντικότεροι παράγοντες διαμόρφωσης του θερμοκρασιακού επιφανειακού πεδίου που είναι δυνατό να οδηγήσει σε τοπικές συγκλίσεις (ορογραφία, θαλάσσια αύρα) και επομένως στη γέννηση νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης.
- ✓ Προκύπτει συσχέτιση ανάμεσα στην εμφάνιση ανεπτυγμένων κυττάρων και υγρών περιοχών στην μέση-ανώτερη τροπόσφαιρα. Αν και η υγρασία θεωρείται ότι επιβραδύνει το ρυθμό θέρμανσης των παρεδάφιων στρωμάτων, η καθ' ύψος ανάπτυξη των κυττάρων ευνοείται, όταν αυτά συναντούν υγρές αέριες μάζες στη μέση και ανώτερη ατμόσφαιρα. Η παραπάνω συνθήκη δεν είναι και αναγκαία, καθώς παρατηρήθηκαν και περιπτώσεις ανάπτυξης καταιγιδόφρων νεφών εντός ξηρών περιοχών της μέσης και ανώτερης ατμόσφαιρας.

5.1.3 Χαρακτηριστικά των νεφών στα πολυχρωματικά κανάλια

Η μελέτη των πολυχρωματικών καναλιών επιβεβαιώνει την ύπαρξη των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης και συμβάλλει στον ακριβέστερο προσδιορισμό τους, επομένως αποτελεί ένα εργαλείο το οποίο μπορεί να λειτουργήσει συμπληρωματικά στις υπόλοιπες μεθόδους φωτοερμηνείας των εικόνων του MSG. Επίσης, δίνει σημαντικές πληροφορίες

σχετικές με τη μικροφυσική των νεφών αλλά και την κατανομή των θερμουρομετρικών ατμοσφαιρικών παραμέτρων. Συγκεκριμένα:

- ✓ Οι χρωματικοί συνδυασμοί «Convective Storms», «Day Microphysical» και «Night Microphysical» βοηθούν σημαντικά στον εντοπισμό νεφών με χαρακτηριστικά ισχυρής κατακόρυφης ανάπτυξης. Με βάση την ανάλυση, τα Cb παρατηρούνται σε 10 περιπτώσεις του κεφαλαίου 4.1. Στο κεφάλαιο 4.2 αναπτύσσονται με μικρότερη συχνότητα (11 φορές), σε μεγαλύτερο όμως σύνολο περιπτώσεων. Επίσης, στις περισσότερες από τις προηγούμενες περιπτώσεις τα Cb αναπτύσσονται σε ορεινές περιοχές.
- ✓ Ο χρωματικός συνδυασμός «Day Microphysical» βοηθάει στην εύκολη διάκριση Cu-TCu. Τα TCu εμφανίζουν ροζ αποχρώσεις, πιο σκούρες όμως από αυτές των Cu.
- ✓ Ο χρωματικός συνδυασμός «Day Microphysical» βοηθάει στην εύκολη διάκριση TCu-Cb, λόγω του έντονου κεραμιδί χρώματος των Cb.
- ✓ Αντιθέτως, ο διαχωρισμός Cu-Sc με το συνδυασμό «Day Microphysical» είναι δύσκολος, λόγω της μικρής διαφοράς των υψών των κορυφών τους η οποία έχει ως αποτέλεσμα να συμπεριφέρονται με παρόμοιο τρόπο στο κανάλι του υπερύθρου (μπλε στο συνδυασμό RGB). Η διαφοροποίησή τους προκύπτει από το σχήμα τους.
- ✓ Είναι δύσκολη η διάκριση των «ενεργότερων» σημείων εντός των MCS με το συνδυασμό «Day Microphysical». Όσο μεγαλύτερες είναι οι διαστάσεις των MCS, τόσο πιο ευδιάκριτες είναι οι περιοχές αυτές.
- ✓ Η διάκριση των «ενεργότερων» σημείων εντός των MCS επιτυγχάνεται καλύτερα με το συνδυασμό «Convective Storms». Για καλύτερα αποτελέσματα απαιτείται περεταίρω μείωση της χωρικής διακριτικής ικανότητας του ανιχνευτή.
- ✓ Γενικά, ο εντοπισμός των MCS είναι πιο εύκολος με το συνδυασμό «Convective Storms», λόγω των έντονων κίτρινων αποχρώσεων που αυτά παρουσιάζουν.
- ✓ Η διάκριση TCu-Cb είναι δύσκολη με το συνδυασμό «Convective Storms», όταν πρόκειται για όχι ιδιαίτερα ανεπτυγμένα καταιγιδοφόρα νέφη.
- ✓ Η ανάπτυξη MCS και Cb ευνοείται εντός των περιοχών με μπλε αποχρώσεις (χαμηλές θερμοκρασίες της μέσης και ανώτερης τροπόσφαιρας) στο χρωματικό συνδυασμό «Air Mass».
- ✓ Τέλος, καθίσταται δυνατή η λεπτομερής παρακολούθηση της εξέλιξης των ανεπτυγμένων κυττάρων τη νύχτα, με τη χρήση του πολυχρωματικού καναλιού «Night Microphysical». Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση της 1/9.

5.1.4 Κύκλος ζωής των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης

Σε σχέση με τον κύκλο ζωής των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- ✓ Η γέννηση νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης αίθριου καιρού λαμβάνει χώρα εξολοκλήρου την ημέρα, με αποκορύφωμα τις μεσημεριανές ώρες. Τα πρώτα κύτταρα αναπτύσσονται στις 7:00-8:00 UTC περίπου. Όταν όμως πρόκειται για νέφη

κατακόρυφης ανάπτυξης ορογραφικής προέλευσης, η αρχική διαδικασία ανάπτυξης λαμβάνει χώρα λίγο αργότερα, μεταξύ 8:00 και 9:00 UTC περίπου.

- ✓ Τα κύτταρα αναπτύσσονται αρχικά σε ορεινές περιοχές σε όλες τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν, λόγω μικρότερης ενέργειας που απαιτείται για την ανύψωση τους.
- ✓ Σε περιπτώσεις νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης ορογραφικής προέλευσης, τα πρώτα κύτταρα αναπτύσσονται κατά μήκος της κορυφογραμμής της Πίνδου. Αντίθετα, η κατανομή των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης θερμικής προέλευσης τις πρωινές ώρες εξαρτάται από το πεδίο των επιφανειακών ανέμων.
- ✓ Τυπικός χρόνος ζωής των Cu-TCu είναι 2-3 ώρες, των Cb 3-4 ώρες και των MCS μέχρι και 6 ώρες περίπου. Γενικά, όσο μικρότερου ύψους είναι τα νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης, τόσο μικρότερος είναι ο χρόνος ζωής τους. Επίσης τόσο μικρότερες είναι και οι αποστάσεις που διανύουν, αφενός λόγω των ασθενέστερων ανέμων στα χαμηλά ύψη, αφετέρου λόγω της σύντομης ζωής τους. Πρέπει όμως να ληφθούν υπόψη και οι συχνές συγχωνεύσεις των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης είτε μεταξύ τους είτε σπανιότερα με άλλα νέφη.
- ✓ Η διάλυση των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης πραγματοποιείται τις απογευματινές ή τις πρώτες βραδινές ώρες. Σε περιπτώσεις όμως καταιγιδοφόρων νεφών ή MCS είναι δυνατή η διατήρησή τους και μέχρι αργά το βράδυ. Αυτό συμβαίνει επειδή τα ήδη τα Cb και τα MCS κινούνται με σχετικά μεγάλες ταχύτητες και συγχωνεύονται είτε μεταξύ τους είτε με άλλα νέφη κοντινών περιοχών, με αποτέλεσμα την περεταίρω αύξηση του χρόνου ζωής τους. Τις βραδινές ώρες είναι δυνατό να επηρεάσουν και θαλάσσιες περιοχές.
- ✓ Τέλος, σε περιπτώσεις νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης ορογραφικής προέλευσης, είναι πολύ χαρακτηριστική η τάση διάλυσής τους όταν μετακινούνται πάνω από πεδινές περιοχές.

5.2. Επίδραση συνοπτικών παραγόντων στη μελέτη νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης

Με βάση την πληροφορία που εξήχθη από τη μελέτη της συνοπτικής κατάστασης, όπως η κατανομή των ισοϋψών και των θερμοκρασιών στα επίπεδα των 500hPa και των 850hPa, αλλά και το πεδίο ανέμου στην επιφάνεια της γης, πραγματοποιήθηκε μια επιμέρους κατηγοριοποίηση των περιπτώσεων. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν αναφέρονται παρακάτω.

Καταρχήν, η ζωνική ροή στο επίπεδο των 500hPa συνοδεύεται σε αρκετές περιπτώσεις από ρηχούς αυλώνες και διέλευση σχετικά ψυχρών αερίων μαζών από την Ελλάδα. Η ροή αυτή συνδέεται γενικά από μέτριους-ισχυρούς δυτικούς ανέμους στην επιφάνεια οι οποίοι αποτελούν αποτρεπτικό παράγοντα του μηχανισμού της ορογραφίας στην Πίνδο, γι' αυτό και η συνοπτική αυτή κατάσταση απουσιάζει από το κεφάλαιο των ορογραφικών αναπτύξεων. Επίσης, η διέλευση ψυχρών μαζών στη μέση τροπόσφαιρα ενισχύει σημαντικά την αστάθεια η οποία καθίσταται πλέον από μόνη της ικανός παράγοντας δημιουργίας έντονων ανοδικών κινήσεων (κεφάλαιο 4.1 ομάδα Α, κεφάλαιο 4.3 ομάδα Α).

Η παρουσία οξείων αυλώνων ή λεκανών γεωδυναμικών υψών της μέσης τροπόσφαιρας οδηγεί πολύ συχνά στην ανάπτυξη καταιγιδοφόρων νεφών ή και MCS (κεφάλαιο 4.1 ομάδα Β, κεφάλαιο 4.2 ομάδες Δ και Ε, κεφάλαιο 4.3 ομάδα Δ).

Η ΒΔ ροή στο επίπεδο των 500hPa αποτελεί την κυριότερη συνοπτική κατάσταση του κεφαλαίου των ορογραφικών αναπτύξεων. Κατά την επικράτησή της, ευνοούνται ιδιαίτερα οι τοπικές κυκλοφορίες, όπως ο μηχανισμός της ορογραφίας. Επίσης, κατά την παρουσία της προκύπτουν κάποιοι άλλοι παράγοντες διαμόρφωσης συνθηκών που συμβάλλουν ή όχι στη δημιουργία νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης. Συγκεκριμένα:

- ✓ Η παρουσία ψυχρών μαζών δυτικά ή βορειοδυτικά της Ελλάδας στο επίπεδο των 500hPa φαίνεται να σχετίζεται με την ανάπτυξη καταιγιδοφόρων νεφών στα δυτικά ή ΒΔ τμήματα της χώρας ή MCS (κεφάλαιο 4.3 ομάδα Γ).
- ✓ Η παρουσία έντονων θερμικών μεταφορών από τα ΝΔ στο επίπεδο των 850hPa λόγω παρουσίας θερμικών εξάρσεων στην περιοχή ανάμεσα στην Ιταλία και την Ελλάδα αποτελούν ισχυρή ένδειξη ανάπτυξης καταιγιδοφόρων νεφών (κεφάλαιο 4.2 ομάδα Α) και MCS (κεφάλαιο 4.3 ομάδα Β) στα δυτικά ορεινά τμήματα.
- ✓ Επίσης, η παρουσία ψυχρής γλώσσας από τα βόρεια στο επίπεδο των 850hPa αποτελεί αποτρεπτικό παράγοντα εμφάνισης θερμικής αστάθειας με αποτέλεσμα τα νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης να περιορίζονται στα ΒΔ ορεινά (κεφάλαιο 4.2 ομάδα ΣΤ).

5.3. Επίδραση της επιφανειακής ροής στη μελέτη νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης

Το πεδίο των επιφανειακών ροών αποτελεί την αιτία δημιουργίας τοπικών συγκλίσεων που οδηγεί στη γένεση των νεφικών κυττάρων, με την περεταίρω ανάπτυξή τους να εξαρτάται από τη συνοπτική κατάσταση της μέσης και κατώτερης τροπόσφαιρας. Επίσης, επιβεβαιώνεται το γεγονός ότι η παρουσία των ετησίων ανέμων αποτελεί ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες διαμόρφωσης του καιρού της Ελλάδας κατά τους θερινούς μήνες. Στο Ιόνιο και τη δυτική Ελλάδα υπάρχει μεγάλη συχνότητα εμφάνισης δυτικών-βορειοδυτικών ανέμων. Με βάση τα δεδομένα αυτά, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- ✓ Μέτριοι-ισχυροί δυτικοί άνεμοι αποτρέπουν πλήρως το μηχανισμό της θαλάσσιας αύρας στα δυτικά παράκτια τμήματα, όπως και το μηχανισμό της ορογραφίας στην Πίνδο και δημιουργούν σημαντικές ανοδικές κινήσεις στις δυτικές πλαγιές της Πίνδου και καθοδικές στις ανατολικές. Αν και η εξασθένηση των ανέμων με την απόσταση που διανύουν πάνω από ηπειρωτικές περιοχές πρέπει να θεωρείται δεδομένη, υπερτερεί μια δυτική συνιστώσα στα ανατολικά προσήνεμα που υπερισχύει του μηχανισμού της θαλάσσιας αύρας. Επομένως παρατηρείται πλήρης απουσία συγκλίσεων στον κεντρικό ηπειρωτικό κορμό της χώρας.
- ✓ Μικρότερης έντασης δυτικοί άνεμοι οδηγούν και πάλι σε αποτροπή του μηχανισμού της θαλάσσιας αύρας στα δυτικά προσήνεμα. Επίσης, περιορίζεται σημαντικά και ο μηχανισμός της ορογραφίας στην Πίνδο. Η ζώνη ανοδικών κινήσεων στη δυτική προσήνεμη πλευρά της Πίνδου και των καθοδικών στην ανατολική υφίσταται, είναι όμως μικρότερης ισχύος. Στα ανατολικά προσήνεμα, οι ασθενούς έντασης δυτικοί

άνεμοι σε συνδυασμό με τη θαλάσσια αύρα (λόγω απουσίας ετησιών ανέμων) αλλά και ορεινούς φραγμούς μικρότερου υψομέτρου, οδηγούν σε τοπικές συγκλίσεις. Νωρίς το πρωί, η κατανομή των πρώτων νεφικών κυττάρων είναι ακανόνιστη.

- ✓ Όταν η προερχόμενη από τα δυτικά συνοπτική ροή εξασθενεί και οι ετησίες άνεμοι δεν είναι ιδιαίτερα ενισχυμένοι, στα κεντρικά ηπειρωτικά υπερισχύουν οι τοπικές κυκλοφορίες. Νωρίς το πρωί, τα πρώτα κύτταρα αναπτύσσονται στην κορυφογραμμή της Πίνδου.
- ✓ Όταν οι άνεμοι στα ανατολικά προσήνεμα είναι Α-ΒΑ ασθενούς-μέτριας εντάσεως, τότε ο μηχανισμός της ορογραφίας στην Πίνδο δεν διαταράσσεται, δεν αποτρέπεται όμως και η γέννηση νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης πάνω από πεδινές περιοχές. Επίσης συγκλίσεις παρατηρούνται και σε περιοχές των δυτικών παρακτίων περιοχών είτε λόγω ύπαρξης της θαλάσσιας αύρας είτε λόγω ύπαρξης δυτικής ροής προερχόμενης από το Ιόνιο. Νωρίς το πρωί, τα πρώτα κύτταρα αναπτύσσονται στην κορυφογραμμή ή στην ανατολική Πίνδο.
- ✓ Περαιτέρω ισχυροποίηση των Α-ΒΑ ανέμων, αποτελούν αποτρεπτικό παράγοντα θέρμανσης των επιφανειακών στρωμάτων και δημιουργίας τοπικών συγκλίσεων. Νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης περιορίζονται στα ΒΔ ορεινά λόγω ελαχιστοποίησης της επίδρασης των ετησιών ανέμων.

Όσον αφορά στα ΒΑ ορεινά, οι αναπτύξεις στην περιοχή αυτή ευνοούνται είτε λόγω εμφάνισης συγκλίσεων μεταξύ της ροής Β-ΒΔ προέλευσης και της θαλάσσιας αύρας των ΒΑ παρακτίων τμημάτων είτε λόγω ενίσχυσης του μηχανισμού της θαλάσσιας αύρας και εξασθένησης των ανέμων της βόρειας πλευράς. Όμως, ενίσχυση των νοτιάδων στα ΒΑ παράκτια, αποτελεί αποτρεπτικό παράγοντα γέννησης νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης. Επίσης, αποτρεπτικό παράγοντα αποτελεί η ενίσχυση των ετησιών ανέμων αφενός γιατί εμποδίζουν το μηχανισμό της ορογραφίας, αφετέρου γιατί περιορίζουν σημαντικά τη θαλάσσια αύρα στα ΒΑ παράκτια. Με βάση τα παραπάνω, παρατίθενται τα παρακάτω σχήματα 5.1, 5.2 και 5.3 στα οποία απεικονίζονται συνολικά οι συνοπτικές καταστάσεις που παρατηρήθηκαν, καθώς και η σχέση τους με τη χωρική κατανομή των καταιγιδοφόρων νεφών και των MCS.

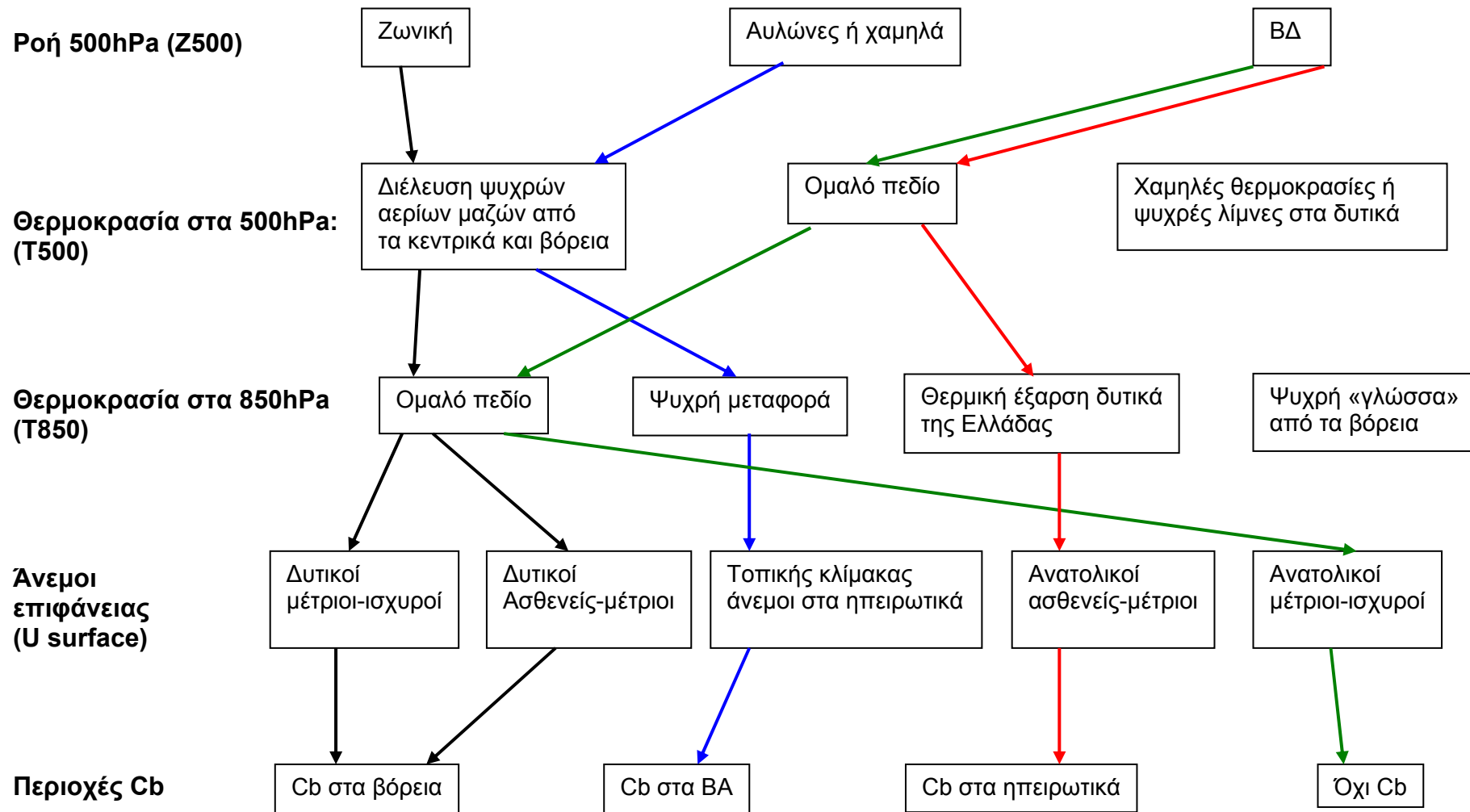
5.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η παράθεση των προαναφερθέντων συμπερασμάτων αποτελεί απόδειξη της επίτευξης των αντικειμενικών στόχων της μελέτης νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης θερινής περιόδου για την Ελλάδα. Ωστόσο, στην κατεύθυνση αυτή, κρίνεται σημαντική η αναφορά ορισμένων σημείων, των οποίων η διερεύνηση απαιτεί περαιτέρω μελέτη ή βελτίωση του τεχνικού πλαισίου των δεδομένων. Συγκεκριμένα:

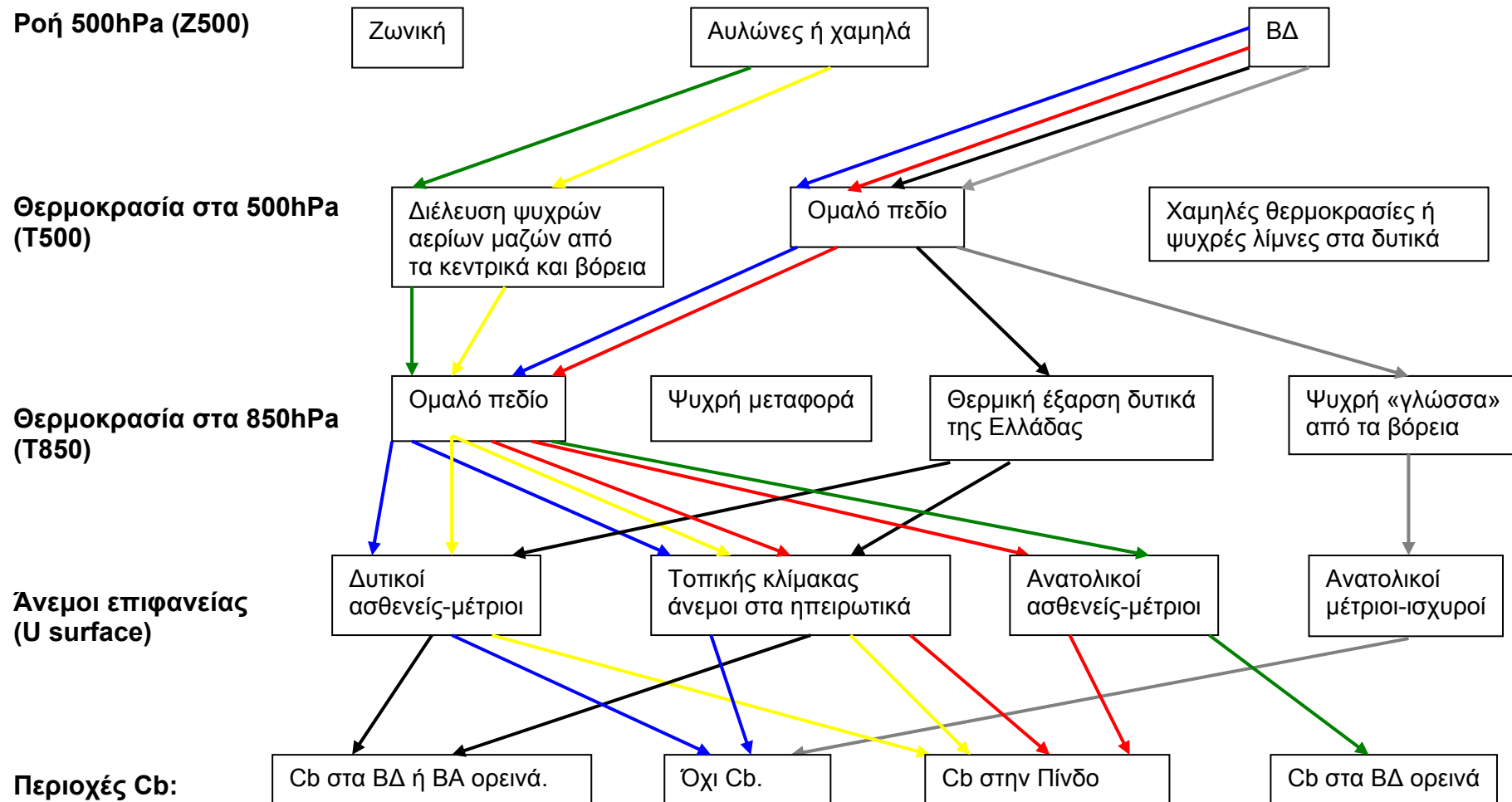
- ✓ Η «κατηγοριοποίηση» του καιρού θερινής περιόδου της Ελλάδας δεν θα πρέπει να θεωρηθεί πλήρης, καθώς και δεν αποτέλεσε στόχο της μελέτης, αλλά χρησιμοποιήθηκε ως ένα βοηθητικό εργαλείο για τη κατηγοριοποίηση των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης που εμφανίζονται τη θερμή περίοδο του έτους με βάση τα χαρακτηριστικά τους σε δορυφορικές εικόνες. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε μελέτη συγκεκριμένων συνοπτικών παραμέτρων συγκεκριμένων ισοβαρικών επιπέδων για τη θερινή περίοδο ενός έτους. Ωστόσο ο συνδυασμός τους με άλλες

συνοπτικές παραμέτρους που δεν μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία και η επέκταση της χρονικής περιόδου μελέτης, είναι δυνατό να οδηγήσει σε διαφορετικά αποτελέσματα.

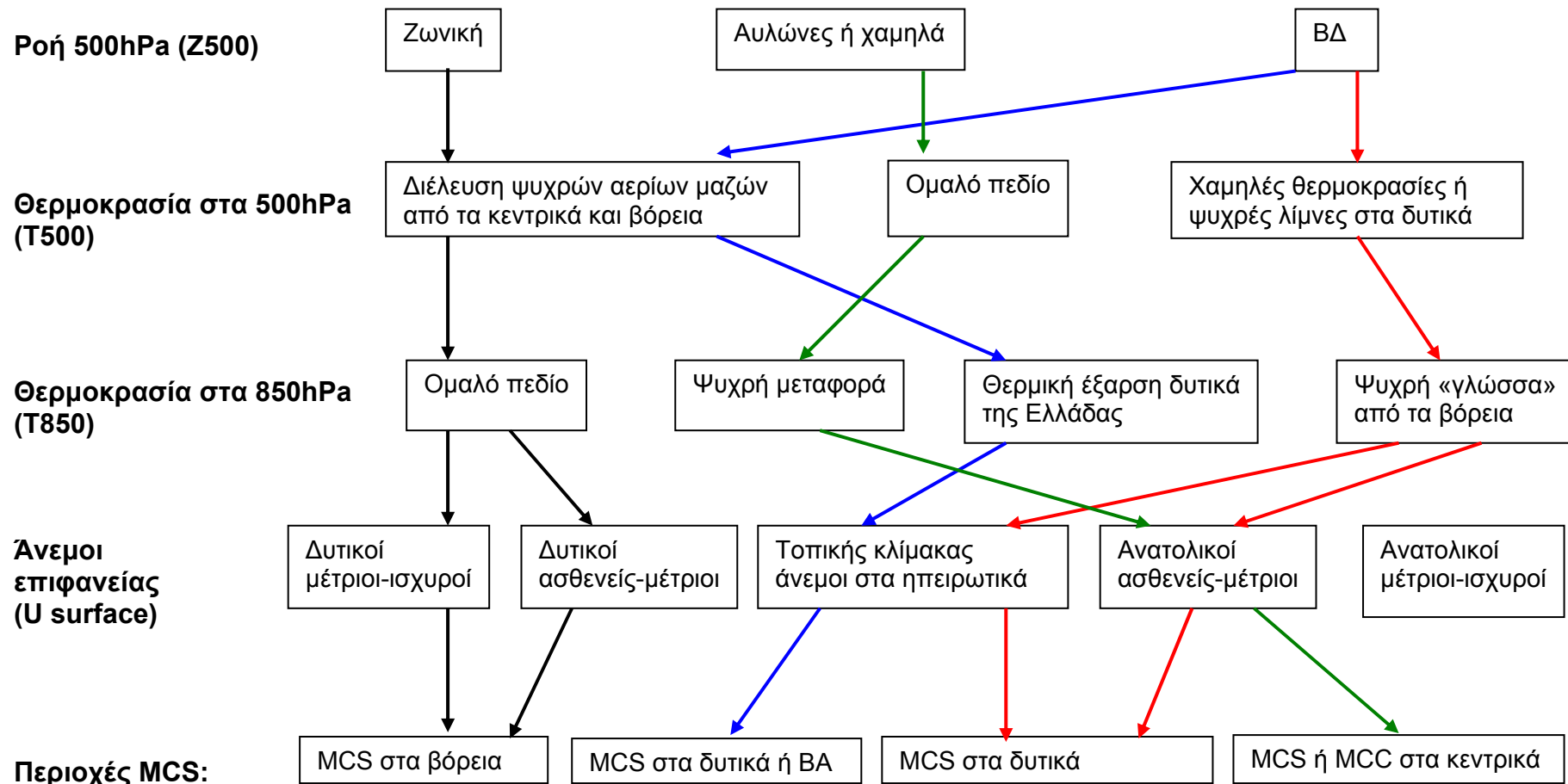
- ✓ Δεν μπορεί με τα μέσης κλίμακας δεδομένα να προσομοιωθεί ικανοποιητικά η συμπεριφορά του Ολύμπου, του Πηλίου και των ορεινών της Χαλκιδικής ως προς την εμφάνιση νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης. Το αντίθετο ισχύει για μελέτη μεγαλύτερων περιοχών (πχ Πίνδος και ΒΑ ορεινά). Επομένως, απαιτείται περαιτέρω μείωση της χωρικής ανάλυσης του μοντέλου μέσης κλίμακας. Όσον αφορά στη χωρική κλίμακα των δορυφορικών δεδομένων, αυτή κρίνεται ικανοποιητική.
- ✓ Τέλος, η μελέτη της συμβολής της ακτογραφίας στο σχηματισμό νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης σε παράκτιες περιοχές απαιτεί περαιτέρω βελτίωση της χωρικής ανάλυσης του μοντέλου μέσης κλίμακας, λόγω έντονης ανομοιογένειας του ανάγλυφου της χώρας μας.



Σχήμα 5.1. Δυνατοί συνδυασμοί των συνοπτικών παραμέτρων, Z500, T500, T850 και U surface, και η σχέση τους με τα Cb στις περιπτώσεις του κεφαλαίου 4.1. Οι μαύρες γραμμές αντιστοιχούν στην ομάδα Α, οι μπλε στην ομάδα Β, οι κόκκινες στην ομάδα Γ και οι πράσινες στην ομάδα Δ.



Σχήμα 5.2. Δυνατοί συνδυασμοί των συνοπτικών παραμέτρων, Z500, T500, T850 και U surface, και η σχέση τους με τα Cb στις περιπτώσεις του κεφαλαίου 4.2. Οι μαύρες γραμμές αντιστοιχούν στην ομάδα Α, οι μπλε στην ομάδα Β, οι κόκκινες στην ομάδα Γ, οι πράσινες στην ομάδα Δ, οι κίτρινες στην ομάδα Ε και οι γκρι στην ομάδα ΣΤ.



Σχήμα 5.3. Δυνατοί συνδυασμοί των συνοπτικών παραμέτρων, Z500, T500, T850 και U surface, και η σχέση τους με τα MCS στις περιπτώσεις του κεφαλαίου 4.3. Οι μαύρες γραμμές αντιστοιχούν στην ομάδα Α, οι μπλε στην ομάδα Β, οι κόκκινες στην ομάδα Γ και οι πράσινες στην ομάδα Δ.

Αναφορές

- Bader, M.J., Forbes, J.R. Grant, R.B.B. Lilley and A.J Waters, 1996, 'Images in weather forecasting, A practical guide for interpreting satellite and radar imagery'. Academic Press.
- Conway, E.D. and The Maryland Space Grant Consortium, 1997, 'An introduction to satellite image interpretation'. The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London.
- Rao, P.K., S. J. Holmes, R. K. Anderson, J. S. Winston, P. E. Lehr, 1990, 'Weather Satellites: Systems Data and Environmental Applications'. American Meteorological Society, Lancaster Press, Boston.
- Fritsch, J.M. and G.S. Forbes, 'Severe Convective Storms: Mesoscale Convective Systems', American Meteorological Society, Meteorological Monographs, Nov 2001. vol. 28, issue 50, pp. 323-358.
- Robert A. Houze, Jr., S.A. Rutledge, M.I. Biggerstaff, and B.F. Smull, 'Interpretation of Doppler Weather Radar, Displays of Midlatitude Mesoscale Convective systems'. American Meteorological Society, Meteorological Monographs, Jun1989. vol. 70, pp. 608-619.
- Weisman, M.L., and R. Rotunno, 2004: 'A Theory for Strong Long-Lived Squall Lines' Revisited. *J. Atmos. Sci.*, 61, pp. 361–382.
- Weisman, M.L., and R. Rotunno, 2005: Reply. *J. Atmos. Sci.*, 62, pp. 2997–3002.
- Weisman, M.L., J. B. Klemp, and R. Rotunno, 1988, 'Structure and evolution of numerically simulated squall lines'. *J. Atmos. Sci.*, 45, pp. 1990–2013.
- Rotunno, R., J. B. Klemp, and M. L. Weisman, 1988: 'A theory for strong, long-lived squall Lines'. *J. Atmos. Sci.*, 45, pp. 463–485.
- Τ.Ι. Μακρογιάννης, Χ.Σ. Σαχσαμάνογλου, 2004, 'Μαθήματα Γενικής Μετεωρολογίας', Εκδόσεις ΧΑΡΙΣ.
- Κ. Καρτάλης, Χ. Φείδας, 2003, 'Σημειώσεις του μαθήματος Δορυφορική Μετεωρολογία και Κλιματολογία'. Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τομέας Μετεωρολογίας.
- Χ. Φείδας, 'Αξιολόγηση των κλιματικών προϊόντων βροχής του δορυφόρου TRMM στον ελληνικό χώρο'. Πρακτικά του 9^{ου} Συνεδρίου Μετεωρολογίας, Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας, 28-31 Μαΐου 2008, Θεσσαλονίκη. pp. 273-280.
- Δ. Μπαμπζέλης, Θ. Καρακώστας, 'Σχέση των χαρακτηριστικών των νεφών με τη θερμοκρασία και τον υετό στη Θεσσαλία'. Πρακτικά του 10^{ου} Διεθνούς Συνεδρίου Μετεωρολογίας, Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας, 25-28 Μαΐου 2010, Πάτρα. pp. 96-104.
- Δ. Φόρης, Σ. Σπανός, 'Κριτήρια για Χαλαζόπτωση με βάση Δείκτες Αστάθειας και ενδείξεις του Radar'. Πρακτικά του 10^{ου} Διεθνούς Συνεδρίου Μετεωρολογίας, Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας, 25-28 Μαΐου 2010, Πάτρα. pp. 204-211.

- C. Cartalis, N Chrysoulakis, H Feidas, N Pitsitakis, 'Categorization of cold period weather types in Greece on the basis of photointerpretation of NOAA/AVHRR imagery', *International Journal of Remote Sensing*, vol. 10, pp. 345-351.
- M. V. Sioutas, H. A. Flokas, 'Hail Storms in Northern Greece: Synoptic Patterns and Thermodynamic Environment', *Theor. Appl. Climatol.*, 2003. Vol. 75, pp. 189-202.
- Μ. Γιαννούλη, Π. Πέννας, Θ. Καρακώστας, 'Συνοπτικές Καταστάσεις κατά την περίοδο του Εθνικού Προγράμματος Χαλαζικής Προστασίας'. Πρακτικά του 5^{ου} Πανελληνίου Επιστημονικού Συνεδρίου Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας Φυσικής της Ατμόσφαιρας, 28-30 Σεπτεμβρίου 2000, Θεσσαλονίκη. pp. 267-274.
- Β. Κοτρώνης, Κ. Λαγουβάρδος, Γ. Κάλλος, 'Ζώνες Σύγκλισης πάνω από την ελλαδική χερσόνησο και Ανάπτυξη Καταιγίδων τη θερινή περίοδο'. Πρακτικά του 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας Φυσικής της Ατμόσφαιρας, 29-30 Σεπτεμβρίου 1996, Αθήνα. pp. 38-44.
- Σ. Κολιός, Χ. Φεΐδας, 'Χαρακτηριστικά των Μέσης Κλίμακας Συστημάτων Κατακόρυφης Ανάπτυξης στην περιοχή της Μεσογείου κατά τη θερμή περίοδο'. Πρακτικά του 9^{ου} Συνεδρίου Μετεωρολογίας, Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας, 28-31 Μαΐου 2008, Θεσσαλονίκη. pp. 115-122.
- Π. Φραγκούλη, Δ. Ζιακόπουλος, Κ. Λαγουβάρδος και Μ. Αναδρανιστάκης, 'Θερμοδυναμικές Παράμετροι Καταιγίδων'. Πρακτικά του 5^{ου} Πανελληνίου Επιστημονικού Συνεδρίου Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας Φυσικής της Ατμόσφαιρας, 28-30 Σεπτεμβρίου 2000, Θεσσαλονίκη. pp. 195-202.
- Α. Τουρναβίτη, 2003, 'Μελέτη Συνοπτικών, Δυναμικών και Μικροφυσικών Χαρακτηριστικών των Χαλαζοκαταιγίδων στο βορειοελλαδικό χώρο', Διδακτορική Διατριβή Ειδίκευσης, Τμήμα Γεωλογίας, Σχολή Θετικών Επιστημών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Μ. Μπαλάμη, 2001, 'Φυσική Μελέτη Θερινών Καταιγίδων'. Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης, Τμήμα Γεωλογίας, Σχολή Θετικών Επιστημών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Π. Κοντογιάννη, 2008, 'Μελέτη της Θαλάσσιας Αύρας στην Ευρύτερη Περιοχή της Θεσσαλονίκης με τη χρήση Αριθμητικού Μοντέλου Μέσης Κλίμακας', Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης, Τμήμα Γεωλογίας, Σχολή Θετικών Επιστημών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

EUMETSAT ANNUAL REPORTS 2004, 2005.

Zamg, 2009, Manual of satellite meteorology. <http://www.zamg.ac.at/docu/Manual/SatManu/main.htm?/docu/Manual/SatManu/>

Atmos UCLA, 2011, Mesoscale Dynamics. <http://www.atmos.ucla.edu/~fovell/AOSC115/rkw.ppt>

Colostate, 2011, Department of atmospheric science. <http://www.atmos.colostate.edu>

XRIT manual, 2008. http://www.alblas.demon.nl/wsats/software/man_xrit2pic.html