



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ  
ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ-ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:  
**ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΙΑΣ  
ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΙΣΧΥΡΗΣ ΧΙΟΝΟΠΤΩΣΗΣ  
ΣΤΗΝ ΑΤΤΙΚΗ**

**ΤΣΙΚΟΥΔΗ ΙΩΑΝΝΑ**  
ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ: 201200220

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΦΛΟΚΑ ΕΛΕΝΑ,  
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Τμήματος Φυσικής ΕΚΠΑ

ΑΘΗΝΑ, Ιούλιος 2017

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

«Συνοπτική Ανάλυση μιας περίπτωσης ισχυρής χιονόπτωσης στην Αττική»

Τον Ιανουάριο του 2017 σημειώθηκε στην Ελλάδα μία περίπτωση έντονης κακοκαιρίας με σημαντικά χαμηλές θερμοκρασίες και χιονοπτώσεις συμπεριλαμβανομένης και της Αττικής. Συγκεκριμένα, από 09 Ιανουαρίου έως 12 Ιανουαρίου στην Αττική επικράτησε ολικός παγετός και παροδικές χιονοπτώσεις κατά τόπους πυκνές στα βόρεια. Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας συνοπτικής κλίμακας καθ' ύψος στην τροπόσφαιρα που οδήγησε στην δημιουργία της χιονόπτωσης στην Αττική. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκαν χάρτες επιφανείας, 850hPa, 500hPa, του μοντέλου ECMWF, εικόνες δορυφόρου, εικόνες πραγματικών δεδομένων καθώς και συνοπτικοί χάρτες επιφανείας, 850hPa, 500hPa. Τα δεδομένα αυτά χορηγήθηκαν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία. Η χιονόπτωση οφείλεται στην σύγκλιση της ψυχρής αέριας μάζας που βρισκόταν βόρεια της Ελλάδας, με τη θερμότερη αέρια μάζα που βρισκόταν στην Αφρική, με ζώνη σύγκλισης πάνω από το Αιγαίο. Ουσιαστικά, η ψυχρή μάζα της Βόρειας Ευρώπης κινήθηκε νότια και η θερμότερη μάζα της Βόρειας Αφρικής, κινήθηκε βορειοανατολικά. Ο σχηματισμός του βαρομετρικού χαμηλού στην περιοχή της Ελλάδας, καθώς και η παραμονή του για μεγάλη διάρκεια, ευνόησε την ψυχρή μεταφορά και το στροβιλισμό της ψυχρής αέριας μάζας, με αποτέλεσμα τον ισχυρό και κατά τόπους ολικό παγετό. Επιπλέον, η σύγκλιση των δύο μαζών, οδήγησε στο σχηματισμό συνεσφιγμένου μετώπου με την Ελλάδα να βρίσκεται στο τριπλό σημείο του, προκαλώντας ισχυρές βροχές και καταιγίδες στην Πελοπόννησο, την Κρήτη τα Δωδεκάνησα και τις Κυκλάδες, αλλά και χιονοπτώσεις στη Θράκη, τη Μακεδονία, τη Θεσσαλία, τις Σποράδες, την Ανατολική και κεντρική Στερεά και την Εύβοια.

## Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	1
Κεφάλαιο 2: Θεωρητική εισαγωγή.....	2
2.1: Χιονοπτώσεις.....	2
2.2: Χιονοπτώσεις στην Ελλάδα.....	5
2.3: Χάρτες Καιρού.....	7
2.4: Βαρομετρικά Συστήματα.....	9
Κεφάλαιο 3: Δεδομένα-Μεθοδολογία.....	12
3.1: Εξεταζόμενη Περίπτωση.....	12
3.2: Πηγές Δεδομένων.....	13
Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα-Συζήτηση.....	15
4.1: Χάρτες Επιφανείας.....	15
4.2: Χάρτες 850 hPa.....	20
4.3: Χάρτες 500 hPa.....	27
4.4: Εικόνες Δορυφόρου.....	31
4.5: Τεφίγραμμα.....	35
4.6: Καιρικά Φαινόμενα.....	38
Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα.....	40
Βιβλιογραφία.....	42

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι χιονοπτώσεις αποτελούν ένα ιδιαίτερο καιρικό φαινόμενο, που επηρεάζει την καθημερινότητα των πολιτών, τις αγροτικές καλλιέργειες, την ενέργεια, τις μεταφορές, τις εγκαταστάσεις και δραστηριότητες αναψυχής. Η πρόγνωση τέτοιων καιρικών φαινομένων είναι ζωτικής σημασίας καθώς μπορεί να προκαλέσουν ζημιές, καθυστερήσεις, καταστροφή τηλεφωνικών και ενεργειακών γραμμών, αυτοκινητιστικά ατυχήματα, ακόμη και θανάτους. Αποτελούν φαινόμενο που απασχολεί κυρίως χώρες της Βόρειας Εύκρατης ζώνης και των δύο πολικών ζωνών.

Επειδή η Ελλάδα ανήκει στην εύκρατη ζώνη, το χιόνι αποτελεί ένα σχετικά σπάνιο φαινόμενο μας. Ωστόσο, εκτός από το γεωγραφικό πλάτος καθορίζεται και από την ορογραφία, με αποτέλεσμα το φαινόμενο να συμβαίνει πιο συχνά σε ορεινές περιοχές, κυρίως της Βόρειας Ελλάδας. Οι μεγαλύτερες τιμές του μέσου ετήσιου αριθμού ημερών χιονιού σημειώνονται στη Δυτική Μακεδονία, όπως στη Φλώρινα (25.2 μέρες), την Κοζάνη (17.8 μέρες) και την Πτολεμαΐδα (17.3 μέρες), ενώ οι ελάχιστες ή μηδαμινές σημειώνονται στα Δωδεκάνησα (Φλόκας, 1997). Η κύρια περίοδος κατά την οποία σημειώνεται χιόνι είναι από το Δεκέμβριο μέχρι και το Φεβρουάριο. Στην Αθήνα καταγράφηκαν 23 περιπτώσεις χιονόπτωσης σε 18 χρόνια (1956-1973), ενώ κάθε φορά που χιονίζει, διαρκεί τρεις το πολύ ημέρες (Prezerakos and Angouridakis, 1986, Πρεζεράκος, 1984). Όταν λοιπόν έχουμε χιονόπτωση στην Αθήνα, οι πολίτες ταλαιπωρούνται και συνήθως είναι απροετοίμαστοι, μιας και πρόκειται για μια απροσδόκητη επίσκεψη. Βέβαια πρέπει να αναφερθεί ότι τις περισσότερες φορές δε δημιουργεί σοβαρά προβλήματα, λόγω της έγκαιρης πρόγνωσης και της δραστηριοποίησης του κρατικού μηχανισμού. Ωστόσο, η μελέτη των χιονοπτώσεων μπορεί να συμβάλλει ουσιαστικά στην πιο σωστή πρόγνωσή τους και συνεπώς στη διευκόλυνση των ανθρώπων.

Σκοπός της εργασίας είναι η ανάλυση της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας συνοπτικής κλίμακας πάνω από την Ελλάδα και τη μελέτη της δομής της ατμόσφαιρας για μία περίπτωση ισχυρής κακοκαιρίας με παγετό, χιονοπτώσεις και καταιγίδες που έπληξε την Αττική τις ημέρες 09-12 Ιανουαρίου 2017. Για τη μελέτη αυτή θα χρησιμοποιήθηκαν συνοπτικοί χάρτες και χάρτες του μοντέλου ECMWF για διάφορες επιφάνειες, θερμοδυναμικά διαγράμματα και εικόνες δορυφόρου.

## 2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

### 2.1 ΧΙΟΝΟΠΤΩΣΕΙΣ

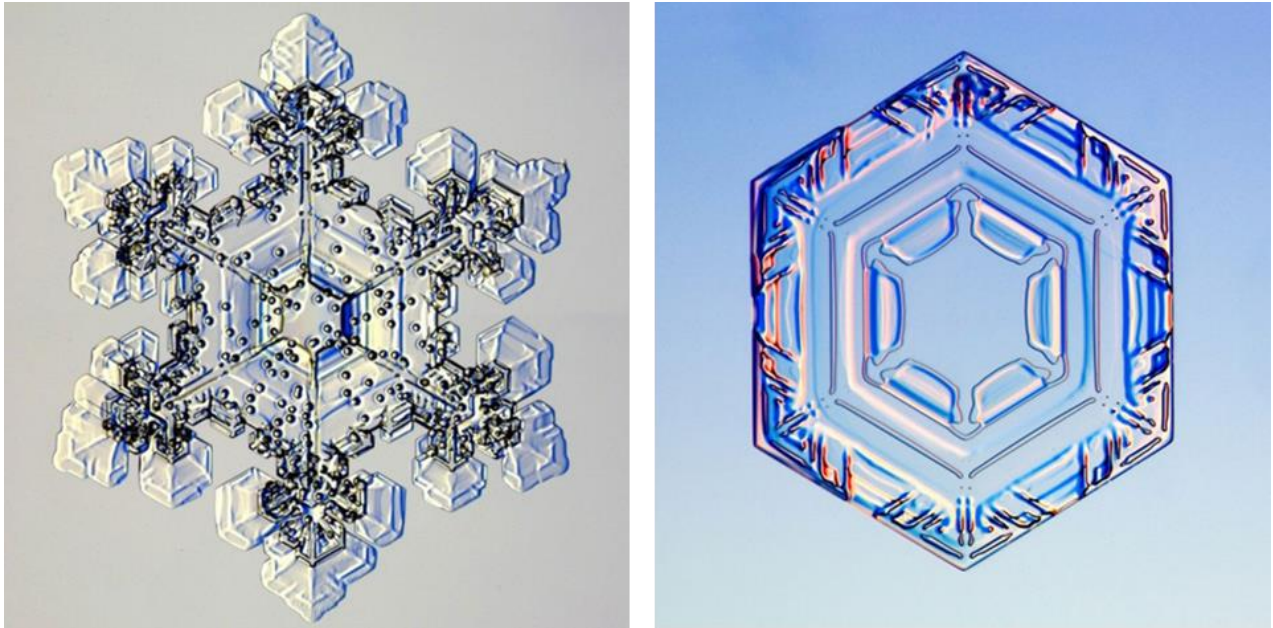
#### 2.1.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΧΙΟΝΙΟΥ

Για τη μελέτη των χιονοπτώσεων, είναι απαραίτητο να αναφερθούμε στον υετό. Πρόκειται για την εναπόθεση προϊόντων ύδατος (σε υγρή ή στερεά μορφή) στο έδαφος, προερχόμενα από συμπύκνωση των υδρατμών της ατμόσφαιρας. Για παράδειγμα η βροχή, το χιονόνερο/χιονόβροχο, οι ψεκάδες, το χαλάζι, το χιόνι, οι χιονόκοκκοι, οι παγοβελόνες και οι παγόκοκκοι αποτελούν μορφές υετού που ονομάζονται υδατώδη μετεωρολογικά κατακρημνίσματα.

Για να συμβεί το φαινόμενο της βροχόπτωσης πρέπει να υπάρχει ένα αρκετά πυκνό ατμοσφαιρικό στρώμα με θερμοκρασία μεγαλύτερη από το σημείο τήξης του νερού ( $T > 0^{\circ}\text{C}$ ) σε ύψος σχετικά κοντά στην επιφάνεια. Αν η συγκέντρωση των ατμοσφαιρικών υδρατμών είναι αρκετά υψηλή, τότε αυτοί μπορούν να υγροποιηθούν και να σχηματίσουν σταγόνες υγρού νερού, αρκετά βαριές ώστε να πέσουν ως την επιφάνεια. Αυτό επιτυγχάνεται είτε με την ελάττωση της θερμοκρασίας, είτε με την αύξηση της πίεσης του ατμοσφαιρικού αέρα, είτε με την αύξηση της συγκέντρωσης της υγρασίας. Κατ'αυτόν τον τρόπο υπερβαίνεται η ικανότητα συγκράτησης των υδρατμών στα νέφη (κολλοειδή διασπορά) κι έχουμε βροχή.

Αναλόγως το χιόνι δημιουργείται σε κάποια στρώματα νεφών, λόγω της συμπύκνωσης των υδρατμών σε θερμοκρασία μικρότερη του σημείου πήξεως ( $T < 0^{\circ}\text{C}$ ), αλλά με πολύ αργό ρυθμό. Το χιόνι λοιπόν, είναι ένα από τα στερεά ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, που αποτελείται από κρυστάλλους πάγου (παγοκρυστάλλους) οι οποίοι αν μεγεθυνθούν, πέφτουν με μεγαλύτερη ταχύτητα και τελικά εγκαταλείπουν το νέφος. Για να υπάρξει χιονόπτωση, πρέπει η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας να είναι μικρότερη ή ίση του μηδενός ( $T \leq 0^{\circ}\text{C}$ ) σε όλα τα υψόμετρα από το νέφος ως το έδαφος. Σε διαφορετική περίπτωση, αν το χιόνι συναντήσει θερμά στρώματα αέρα κατά την πτώση του, προφανώς θα λιώσει και θα φτάσει στην επιφάνεια ως βροχή ή χιονόνερο.

Σε αυτό το σημείο αναφέρεται ότι οι χιονονιφάδες παρουσιάζουν συμμετρία και χαρακτηρίζονται ως fractal, δηλαδή για το σχηματισμό τους επαναλαμβάνεται ένα συγκεκριμένο πρότυπο (pattern). Τα κρυσταλλικά συσσωματώματα των νιφάδων του χιονιού είναι κατά το πλείστον διαφανή με στιλπνές έδρες που αντανακλούν το φως και παρουσιάζουν λευκή μάζα. Το μέγεθος των κρυστάλλων τους είναι 0.25 – 13 mm και πέφτουν μεμονωμένοι ή ενωμένοι σε νιφάδες. Η μορφή τους ποικίλλει ανάλογα με τις συνθήκες σχηματισμού τους και το είδος των νεφών. Γενικά τα σχήματα των κρυστάλλων αυτών ανήκουν στο εξαγωνικό σύστημα με επικράτηση των αστεροειδών μορφών με έξι ακτίνες και ανακλούν τη μαγεία της απόλυτης συμμετρίας της φύσης.



Σχήμα 2.1 (α) Συμμετρία χιονονιφάδας (αστεροειδής μορφή) (β) Συμμετρία χιονονιφάδας (εξαγωνικό σύστημα)  
Πηγή: [www.livescience.com](http://www.livescience.com)

### 2.1.2 ΜΕΤΡΗΣΗ

Η μέτρηση του χιονιού είναι μια σχετικά δύσκολη διαδικασία. Μετριέται είτε με το ύψος του χιονοστρώματος ή με την ισοδύναμη ποσότητα ύδατος που παίρνουμε όταν λιώσουμε (τήξη) το χιόνι που είναι τοποθετημένο μέσα στο ογκομετρικό βροχόμετρο. Επομένως και το χιόνι μετριέται σε mm. Το πάχος του νέου στρώματος του χιονιού στο έδαφος προσδιορίζεται με μέτρηση που γίνεται σε οριζόντια και επίπεδη επιφάνεια με τη βοήθεια ενός βαθμολογημένου κανόνα ή μιας μόνιμα τοποθετημένης κλίμακας. Είναι όμως σημαντικό, να μη μετρηθεί το παλιό προϋπάρχον χιόνι. Όταν το χιόνι λιώνει, κατά τη διέλευσή του από κάποιο ατμοσφαιρικό στρώμα με  $T > 0^{\circ}\text{C}$ , τότε φτάνει στο έδαφος σε μορφή λεπτής και ψυχρής βροχής (χιονόλυτος, ή χιονόβροχος). Εάν το χιόνι σε κάποια περιοχή, δε λιώνει στο σύνολό του, ακόμη και κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών, τότε κάνουμε λόγο για το φαινόμενο των αιωνίων χιόνων. Η ημερήσια και η ετήσια πορεία αυτού του φαινομένου, εξαρτάται από τις αντίστοιχες πορείες της θερμοκρασίας του αέρα, σε συνδυασμό με τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.

### 2.1.3 ΚΛΙΜΑ ΚΑΙ ΧΙΟΝΙ

Μεγάλη κλιματική σημασία παρουσιάζουν:

-Η γραμμή των αιωνίων χιόνων (δηλαδή η γραμμή που χωρίζει τις περιοχές με αιώνια χιόνια, από εκείνες που δεν παρατηρείται το φαινόμενο αυτό) και η πιθανή μετακίνησή της, καθώς μας προϊδεάζει για κάποια αξιόλογη κλιματική μεταβολή.

-Το μέγεθος και η διάρκεια της χιονοκάλυψης, διότι το χιόνι παρουσιάζει μεγάλη λευκάυγεια που επηρεάζει άμεσα το ισοζύγιο της ακτινοβολίας αλλά και δημιουργεί θερμοκρασιακές αναστροφές που λειτουργούν ως «καπάκι» για κάποιες χημικές ουσίες της ατμόσφαιρας. Ακόμη, οι ισχυροί παγετοί, έχουν βλαβερές συνέπειες για την βλάστηση της Γης.

Η μεγάλη ανακλαστική ικανότητα του χιονιού, έχει ως συνέπεια την ανάκλαση τεράστιων ποσοτήτων ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο έδαφος. Η απώλεια αυτής της θερμότητας εμποδίζει την άνοδο της θερμοκρασίας του αέρα πάνω από χιονοσκεπείς περιοχές. Επίσης το χιόνι, εκπέμπει σημαντικές ποσότητες θερμικής ακτινοβολίας ανέφελων νυκτών του χειμώνα, με αποτέλεσμα την περεταίρω πτώση της θερμοκρασίας των παρεδάφινων στρωμάτων.

Η μελέτη του φαινομένου της χιονόπτωσης είναι εξαιρετικής σημασίας, αφού το έδαφος απορροφά από το χιονόστρωμα περισσότερη ποσότητα νερού απότι συμβαίνει με τις βροχές. Μάλιστα, λαμβάνοντας υπόψιν ότι σε ολόκληρη τη Γη κάθε λεπτό του 24ώρου, πέφτει ένα δισεκατομμύριο τόνοι νερού ως βροχή ή χαλάζι ή χιόνι, κατανοούμε το άμεσο αντίκτυπο στον υδρολογικό κύκλο. Στις ορεινές περιοχές του πλανήτη και ιδιαίτερα των μέσων γεωγραφικών πλατών, το χιόνι αποτελεί σημαντικά υπερυψωμένες αποθήκες νερού. Συνεπώς με την έναρξη της θερμής περιόδου, αποδίδεται εκμεταλλεύσιμο νερό κατά πολλούς τρόπους και η μελέτη της υδατικής απορροής λόγω της τήξης χρήζει μελέτης.



Σχήμα 2.1.γ Ο υδρολογικός κύκλος  
Πηγή: [www.water.usgs.gov](http://www.water.usgs.gov)

#### **2.1.4 ΤΟ ΧΙΟΝΙ ΣΤΟΝ ΠΛΑΝΗΤΗ**

Στον πλανήτη μας, το χιόνι παρατηρείται σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη από τον Ισημερινό μέχρι τους πόλους με εξαίρεση τις Ισημερινές και Τροπικές περιοχές όπου πέφτει μόνο στα ψηλά βουνά. Στις εύκρατες περιοχές, κατά τη διάρκεια ψυχρής περιόδου το χιόνι φτάνει μέχρι και τη θάλασσα. Από το γεωγραφικό πλάτος των 40° μέχρι τους πόλους, το χιόνι είναι πυκνό σε όλα τα υψόμετρα, ιδίως κατά τους ψυχρούς μήνες. Στις πολικές περιοχές σχηματίζει ένα πυκνό στρώμα που σκεπάζει μεγάλες εκτάσεις. Τελικά μπορούμε να πούμε ότι όσον αφορά τη γεωγραφική διανομή του χιονιού στη γη, οι χιονοπτώσεις παρουσιάζονται με μεγαλύτερη συχνότητα, η χιονοκάλυψη διαρκεί περισσότερο και το ύψος του χιονοστρώματος είναι μεγαλύτερο, όσο απομακρυνόμαστε από τον Ισημερινό προς τους πόλους και από την επιφάνεια της θάλασσας προς τα ενδότερα και καθ' ύψος.

#### **2.2 ΧΙΟΝΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Η ελληνική περιοχή, η οποία ανήκει στη βόρεια Εύκρατη ζώνη της γης, αποτελεί το νότιο άκρο της Βαλκανικής χερσονήσου της Ευρώπης. Βρίσκεται στο σημείο επαφής των τριών ηπείρων του «Παλαιού κόσμου», της Ευρώπης της Ασίας και της Αφρικής. Μέσα στη Μεσόγειο, αποτελεί τη νοτιότερη κατάληξη της Βαλκανικής Χερσονήσου, της τρίτης προς το νότο προβολής της Ευρώπης. Περιβάλλεται από τη Μεσόγειο θάλασσα και τα πελάγη Αιγαίο, Ιόνιο και Λιβυκό. Χαρακτηρίζεται από ένα πλούσιο ανάγλυφο, με ιδιόμορφο οριζόντιο-κατακόρυφο διαμελισμό. Το δυτικό τμήμα της περιοχής, που αποτελεί τη σπονδυλική στήλη της Χέρσου, είναι το περισσότερο ορεινό με ελάχιστες μικρές πεδιάδες. Εν αντιθέσει, στο ανατολικό τμήμα συγκεντρώνονται οι περισσότερες πεδιάδες, αν και εκεί, πάνω στην ακτή υπάρχει πάλι μία σημαντική πτύχωση. Έτσι το ανάγλυφο διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του κλίματος της Ελλάδας. Συγκεκριμένα, τα βόρεια τμήματα της χώρας, επηρεάζονται περισσότερο από τους παράγοντες που καθορίζουν το κλίμα της ΝΑ Ευρώπης, ενώ τα νότια τμήματά της από το θαλάσσιο μεσογειακό τύπο κλίματος. Το συμπέρασμα είναι ότι ο πολυσχιδής και πολύπλοκος διαμελισμός συντελεί στη διαμόρφωση μωσαϊκών κλιμάτων πάνω από την ελληνική περιοχή, και τα δυναμικά αίτια θα σχετίζονται αφενός με τα βαρομετρικά συστήματα της Ευρώπης και της βαλκανικής, σε συνδυασμό μ' εκείνα της Μεσογείου και της Β. Αφρικής, και αφετέρου με το συνδυασμό των βαρομετρικών συστημάτων του Ατλαντικού από τη μία και της Ασίας από την άλλη μεριά.

Στην Ελλάδα, η κύρια περίοδος που παρατηρείται χιονόπτωση, είναι η χειμερινή περίοδος (Δεκέμβριος, Ιανουάριος, Φεβρουάριος). Τη θερινή περίοδο δεν σημειώνεται χιονόπτωση, ούτε ακόμα και στους ορεινούς όγκους, εκτός λίγων περιπτώσεων (κορυφή Αγ. Αντώνιου του Ολύμπου, 2817μ, καταγράφηκε χιονόπτωση τον Αύγουστο). Γενικά στον ελληνικό χώρο, δεν υπάρχουν περιοχές με αιώνια χιόνια. Αυτό προκύπτει από ειδικές παρατηρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο Επιστημονικό κέντρο Ολύμπου από το έτος 1962 για μία δεκαπενταετία. Ενδεικτικά, οι μεγαλύτερες τιμές του μέσου ετήσιου αριθμού ημερών χιονιού σημειώνονται στη δυτική Μακεδονία, όπως στη Φλώρινα (25.2 ημέρες), στην



Κοζάνη (17.8 ημέρες) και στην Πτολεμαΐδα (17.3 ημέρες). Στο σταθμό της Ρόδου δε σημειώθηκε ούτε μία ημέρα χιονιού κατά την περίοδο 1967-1997.

Κύρια σημεία που αφορούν τις ημέρες χιονιού στην Ελλάδα είναι (Φλόκας, 1997): -Το χιόνι στα ορεινά, εμφανίζεται κατά κανόνα, στη διάρκεια της περιόδου Νοεμβρίου-Απριλίου, ενώ στα μεγαλύτερα υψόμετρα χιονόπτωση σημειώνεται από τον Οκτώβριο μέχρι και το Μάιο. Ειδικότερα στις κορυφές του Ολύμπου (υψόμετρο>2500m) έχουν σημειωθεί χιονοπτώσεις στη διάρκεια ολόκληρης της θερμής περιόδου.

-Οι μεγαλύτεροι αριθμοί ημερών χιονιού σημειώνονται σε μετεωρολογικούς σταθμούς με υψόμετρο>1000m.

-Οι κυρίως χιονοφόροι άνεμοι είναι οι ΒΑ διεύθυνσης, με αποτέλεσμα να σημειώνονται λιγότερες ημέρες χιονιού στους σταθμούς του Ιονίου σε σχέση με τους αντίστοιχους του Αιγαίου.

-Όσο απομακρυνόμαστε από τις ακτές (επίδραση της θερμής Μεσογείου), τόσο ο αριθμός των ημερών χιονιού αυξάνει.

-Όσον αφορά τα παρατηρούμενα ύψη στρώματος χιονιού πάνω από τον ελλαδικό χώρο, προκύπτει ότι αυτά στις πεδινές περιοχές σπάνια ξεπερνούν τα 20cm, ενώ στις ορεινές περιοχές (υψόμετρο>2000m) το μέσο πάχος του χιονιού, κυμαίνεται από 30-100cm.

### **2.2.1 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ**

Σύμφωνα με την μελέτη του Πρεζεράκου (1984), όταν λέμε χιονόπτωση στην Αθήνα, εννοούμε ότι σε μία από τις 8 συνοπτικές παρατηρήσεις ενός 24ώρου του μετεωρολογικού σταθμού του Ελληνικού, αναφέρεται χιόνι στον παρόντα ή και παρελθόντα καιρό, ανεξάρτητα αν το χιόνι στρώνεται στο έδαφος ή λιώνει. Το 24ωρο αυτό, αποτελεί τότε ημέρα χιονιού στην Αθήνα.

Επιπλέον, διαπιστώθηκε πως οι ημέρες χιονιού στην Αθήνα, μπορούν να χωριστούν σε ομάδες συνεχών ημερών: μίας, δύο και τριών συνεχών ημερών. Αυτό δείχνει ότι η επίδραση των βαρομετρικών συστημάτων που προκαλούν το χιόνι στην Αθήνα, διαρκούν από μία έως τρεις ημέρες. Από την εξέταση των ημερήσιων μετεωρολογικών δελτίων της Ελληνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας και της Γερμανικής στις αντίστοιχες ημερομηνίες, διαπιστώθηκε πως την πρώτη ημέρα από τις ομάδες συνεχών ημερών, που έχουν χαρακτηριστεί σαν ημέρες χιονιού της Αθήνας, η συνοπτική κατάσταση στην Ευρώπη ήταν χαρακτηριστική και μπορεί να ταξινομηθεί σε δύο μόνο μορφές.

### Συνοπτική κατάσταση στην Ευρώπη

-Η πρώτη μορφή (μορφή Α), χαρακτηρίζεται από την παρουσία, πρώτον ενός ισχυρού αντικυκλώνα στη δυτική Ευρώπη με κέντρο την περιοχή των Άλπεων και σφήνα υψηλών πιέσεων στα βορειοανατολικά τους, και δεύτερον από την εμφάνιση ενός πεδίου χαμηλών βαρομετρικών πιέσεων στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου, το οποίο οφείλεται βασικά σε ύφεση που ήρθε από τα δυτικά ή δημιουργείται εκεί εξαιτίας ενός μέγιστου τροβιλισμού που φτάνει από βορειοδυτικά. (Landsberg 1977)

-Η δεύτερη μορφή (μορφή Β), χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση ενός ισχυρού αντικυκλώνα μικτού τύπου (Petterssen 1956, Πρεζεράκος 1978) στην ανατολική Ευρώπη, βόρεια της Ελλάδας και ενός πεδίου χαμηλών βαρομετρικών πιέσεων στην ανατολική Μεσόγειο (συμπεριλαμβανομένων των ανατολικών Ελληνικών θαλασσών). Ο συνδυασμός αυτών των συστημάτων προκαλεί πολύ ισχυρούς βορειοανατολικούς ανέμους, που πλήττουν την ανατολική ηπειρωτική Ελλάδα, με ταυτόχρονη εμφάνιση χιονιού ενώ στη δυτική Ελλάδα ο καιρός εμφανίζεται σχεδόν αίθριος.

Ακόμη, από τα συμπεράσματα της προαναφερθείσας εργασίας, αξίζει να αναφερθεί ότι κάθε φορά που χιονίζει στην Αθήνα, αυτό συμβαίνει για τρεις το πολύ ημέρες. Το μέγιστο του πλήθους των περιπτώσεων των ημερών χιονιού στην Αθήνα, είναι τον Ιανουάριο, ενώ το ελάχιστο τον Δεκέμβριο. Η δομή της ατμόσφαιρας πάνω από την Αθήνα 2 μέρες πριν την ημέρα της χιονόπτωσης έως και την ημέρα της χιονόπτωσης, είναι ευσταθής και μάλιστα δυνητικά ευσταθής  $\theta_{\theta w}/\theta z > 0$ . Συγκεκριμένα, την στιγμή των χιονοπτώσεων, εκτός της ευσταθούς στρωμάτωσης έχουμε μία ψυχρή μάζα και αυξημένη σχετική υγρασία. Τέλος, σε όλες τις παρατηρήσεις της ανώτερης ατμόσφαιρας, φαίνεται ότι η θερμοκρασία σε όλες τις στάθμες μειώνεται μια μέρα πριν τη χιονόπτωση και την ημέρα της χιονόπτωσης, ενώ αυξάνεται την ημέρα της λήξης.

### **2.3 ΧΑΡΤΕΣ ΚΑΙΡΟΥ**

Για την πρόγνωση των χιονοπτώσεων, καταφεύγουμε στη μελέτη των χαρτών καιρού, όπου απεικονίζονται καμπύλες με πολύτιμα δεδομένα. Από κάθε χάρτη παίρνουμε διαφορετικές πληροφορίες ανάλογα με το ύψος και το είδος των καμπυλών που απεικονίζει. Οι ισοβαρείς καμπύλες είναι καμπύλες που ενώνουν τους τόπους που έχουν ίδια ατμοσφαιρική πίεση ανηγμένη σε κανονικές συνθήκες, αποτελούν κλειστές καμπύλες και ποτέ δεν τέμνονται. Τις συναντούμε στους χάρτες επιφανείας. Οι ισοϋψείς καμπύλες είναι κλειστές γραμμές που αποτελούν την ορθογώνια προβολή στο επίπεδο του χάρτη του γεωμετρικού τόπου εκείνων των σημείων της γήινης επιφάνειας τα οποία έχουν το ίδιο υψόμετρο σε σχέση με το επίπεδο της θάλασσας. Γενικά, προτιμούμε την απεικόνιση σε ισοβαρική επιφάνεια (πχ χάρτης 850hPa) λόγω απαλοιφής της πυκνότητας που μεταβάλλεται εκθετικά με το ύψος.

### **2.3.1 Χάρτης Επιφανείας**

Οι ισοβαρικοί χάρτες δίνουν την ίδια πληροφορία με τους χάρτες ίσου ύψους. Χαμηλό γεωδυναμικό σε ισοβαρικές επιφάνειες αντιστοιχούν σε χαμηλές πιέσεις σε χάρτες ίσου ύψους. Χαμηλές θερμοκρασίες σε ισοβαρικές επιφάνειες αντιστοιχούν σε χαμηλές θερμοκρασίες σε χάρτες ίσου ύψους. Το ίδιο και για υψηλές θερμοκρασίες και υψηλές θερμοκρασίες. Από το χάρτη επιφανείας βγάζουμε συμπεράσματα για την κατατομή της βαρομετρικής πίεσης και κατά συνέπεια των βαρομετρικών συστημάτων στην επιφάνεια. Η ανάλυσή τους μας πληροφορεί για τον προσδιορισμό των αερίων μαζών και τη θέση των μετώπων.

### **2.3.2 Χάρτης 850 hPa**

Από το χάρτη της ισοβαρικής επιφάνειας των 850hPa (πρώτη βασική ισοβαρική επιφάνεια κοντά στο χάρτη επιφάνειας), υπολογίζουμε τη μεταφορά της θερμοκρασίας και εκτιμούμε τη χαμηλή νέφωση. Ακόμη μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα για ψυχρές εισβολές και χιονοπτώσεις. Τέλος η επιφάνεια 850hPa είναι συνήθως ανεπηρέαστη από την τοπογραφία, αφού το μέσο ύψος που της αντιστοιχεί είναι περίπου 1460 μέτρα (μεγαλύτερο του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος).

### **2.3.3 Χάρτης 700 hPa**

Από το χάρτη της ισοβαρικής επιφάνειας των 700hPa, μπορούμε να προσδιορίσουμε τη νέφωση. Δηλαδή, αν η διαφορά της θερμοκρασίας με τη θερμοκρασία δρόσου είναι μικρότερη από 4°C, τότε η περιοχή θα είναι νεφοσκεπής, αλλιώς (μεγαλύτερη από 4°C) με αίθριες συνθήκες. Ακόμη, πληροφορούμαστε για τη μεταφορά θερμοκρασίας στις ορεινές περιοχές, αφού το μέσο ύψος που αντιστοιχεί σε αυτή την επιφάνεια, είναι 3000 μέτρα (Όλυμπος≈3000m).

### **2.3.4 Χάρτης 500 hPa**

Από το χάρτη της ισοβαρικής επιφάνειας των 500hPa, παίρνουμε μία εικόνα για τη δομή του βαρομετρικού συστήματος και τη θέση του στην επιφάνεια. Δεδομένου ότι αυτά τα συστήματα είναι τρισδιάστατα κι εμείς μελετούμε τις δισδιάστατες τομές τους, στο χάρτη των 500 βλέπουμε πχ την κλίση του άξονα μίας trough, και παράγουμε την κίνηση του αντίστοιχου επιφανειακού χαμηλού. Είναι χάρτης απαλλαγμένος από τοπογραφία αφού το μέσο ύψος αυτής της επιφάνειας αντιστοιχεί στα 5600μέτρα. Η επιφάνεια των 500hPa είναι σημαντική, επειδή μας πληροφορεί και για το στροβιλισμό και τη μεταφορά του. Γενικά για τη σωστή πρόγνωση είναι απαραίτητο να έχουμε πλήρη γνώση για τη μορφή του συστήματος, καθώς αυτό μπορεί να αποκοπεί, να βαθύνει, να ενσωματωθεί σε κάποιο άλλο και να εξαφανιστεί, κι όλα αυτά με τις αντίστοιχες καιρικές συνέπειες.

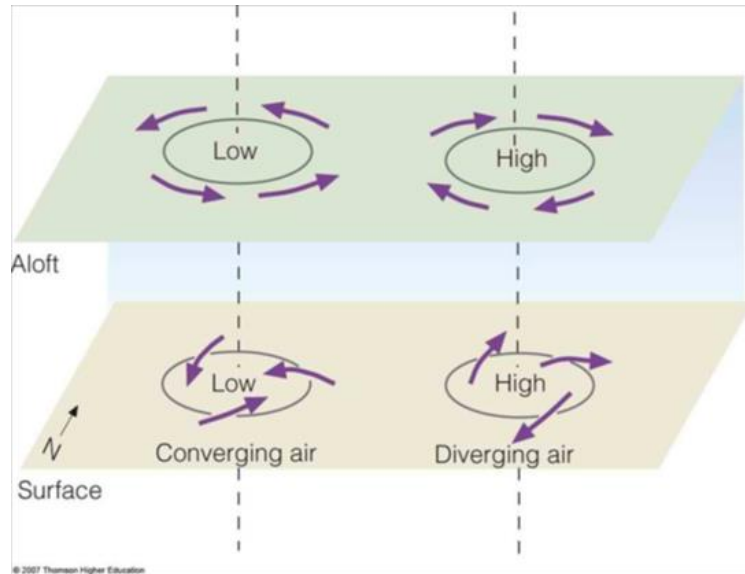
### 2.3.5 Χάρτης 300 hPa

Στο χάρτη της ισοβαρικής επιφάνειας των 300hPa πλοτάρονται οι ισοϋψείς αλλά και οι ισοταχείς καμπύλες οι οποίες ενώνουν σημεία με ίδια ταχύτητα ανέμου. Οι δεύτερες μας δίνουν πληροφορίες για τον αεροχείμαρρο (λεπτό και ισχυρό ρεύμα αέρα που κινείται γύρω από τη γη σε ύψος περίπου της τροπόπαυσης) που σχετίζεται με τα βαρομετρικά συστήματα και τη δομή τους. Από όλα τα παραπάνω, προφανώς για τη μελέτη της χιονόπτωσης χρειαζόμαστε όλους τους προαναφερθέντες χάρτες που θα μας βοηθήσουν να κατανοήσουμε τα συστήματα που προκαλούν τη χιονόπτωση και να αποκτήσουμε μία ιδέα για τη δομή της ατμόσφαιρας.

## 2.4 ΒΑΡΟΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΜΗΛΑ-TROUGH

Η κατανομή της πίεσης στην ατμόσφαιρα, μπορεί να χαρακτηριστεί από κάποια βαρομετρικά συστήματα τα οποία φέρουν κοινή μορφή ισοβαρών καμπυλών και προκαλούν καιρικά φαινόμενα. Γενικά, για την πρόγνωση του καιρού, μπορούμε να βγάλουμε κάποια βασικά συμπεράσματα μελετώντας μεμονωμένα συστήματα πάνω από μία περιοχή, είναι όμως απαραίτητο να συνδυάζεται και με παρατήρηση των γύρω συστημάτων, όπως για παράδειγμα των αντικυκλώνων (high) και των βαρομετρικών σφηνών, καθώς αυτά μπορεί να αλληλεπιδρούν και να σχηματίζουν κάποιο μέτωπο ή γενικά κάποιο ισχυρό καιρικό φαινόμενο. Ακόμη, σκόπιμο είναι να εξετάσουμε την εμμονή ενός συστήματος πάνω από κάποια περιοχή για μεγάλο χρονικό διάστημα (εμποδισμός), διότι επηρεάζει την ατμοσφαιρική κυκλοφορία και μπορεί να δημιουργήσει ακραία φαινόμενα. Συγκεκριμένα, έχουμε την ύφεση (Low) δηλαδή το βαρομετρικό χαμηλό, στο οποίο οι ισοβαρείς είναι κλειστές, κυκλικές ή ελλειπτικές και η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης ελαττώνεται από την περιφέρεια προς το κέντρο. Εν αντιστοιχία, έχουμε την σκάφη χαμηλών πιέσεων (trough), όπου οι ισοβαρείς έχουν σχηματισμό V και συνήθως εισχωρούν ανάμεσα σε δυο περιοχές υψηλών πιέσεων. Από την μελέτη τους μπορούμε να πάρουμε πληροφορίες για την ένταση και τη διεύθυνση του ανέμου, αφού κινείται παράλληλα προς τις ισοβαρείς. Αν το εξεταζόμενο τμήμα της ύφεσης, βρίσκεται μέσα στο στρώμα τριβής, ο άνεμος δεν κινείται ακριβώς παράλληλα, αλλά τέμνει τις ισοβαρείς με μια μικρή γωνία συγκλίνοντας προς το κέντρο. Ως αποτέλεσμα, δημιουργούνται ανοδικές κινήσεις στο κέντρο του συστήματος κι ο αέρας εκτονώνεται αδιαβατικά. Έτσι σχηματίζονται νέφη και υετός. Συνεπώς η ύφεση αποτελεί ένα βαρομετρικό σύστημα, που κύριο χαρακτηριστικό του είναι η κακοκαιρία.

Ο άνεμος δηλαδή έχει την παρακάτω μορφή:



Σχήμα 2.4.α Σύγκλιση και απόκλιση ανέμου σε επιφάνεια και σε ύψος.

Στην επιφάνεια, όπου η επίδραση της τριβής είναι υπαρκτή και σημαντική, οι γραμμές συγκλίνουν, ενώ σε μεγάλο υψόμετρο που δε μας απασχολεί η τριβή, είναι εντελώς παράλληλες στις ισοβαρείς. Σε χάρτες ισοβαρικής επιφάνειας (πχ 850hPa, 500hPa, 300hPa κτλ) απεικονίζουμε τις ισοϋψείς για τη μορφή των οποίων ισχύουν τα ίδια δεδομένα στην προσαρμογή του βαρομετρικού συστήματος. Δηλαδή και οι ισοβαρείς και οι ισοϋψείς, έχουν την παρακάτω μορφή:



Σχήμα 2.4.β. Μορφή ισοϋψών σε ισοβαρική επιφάνεια.

Στη συνηθέστερη περίπτωση που η ατμόσφαιρα είναι βαροκλιτική, το σύστημα

παρουσιάζει αρνητική κλίση με το ύψος, δηλαδή το ίδιο σύστημα που εντοπίζουμε στην επιφάνεια θα το εντοπίσουμε βορειοδυτικά σε ανώτερες επιφάνειες.

### 3. ΔΕΔΟΜΕΝΑ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

#### 3.1 Εξεταζόμενη περίπτωση

Στην εργασία αυτή θα μελετηθεί η συνοπτική κατάσταση πάνω από την Ελλάδα, για τις ημέρες από Δευτέρα 9/01/2017 έως και Πέμπτη 12/01/2017. Πρόκειται για μία περίπτωση έντονης κακοκαιρίας, στο κέντρο της οποίας ήταν κατά κύριο λόγο η Ελλάδα. Σημειώθηκαν σημαντικά χαμηλές θερμοκρασίες (ολικός παγετός) και χιονοπτώσεις με τις αντίστοιχες συνέπειες. Η μελέτη της περίπτωσης αυτής, είναι σημαντική, καθώς είχε χρόνια να φανεί παρόμοιο καιρικό σύστημα, με τόσο χαμηλές θερμοκρασίες κι εμμονή πάνω από την περιοχή μας για μεγάλη διάρκεια. Η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία έδωσε έγκυρη και έγκαιρη πρόγνωση των καιρικών φαινομένων, με αποτέλεσμα να προετοιμαστεί ο κρατικός μηχανισμός και να μη δημιουργηθούν σοβαρά προβλήματα στην καθημερινή ζωή των πολιτών ούτε σημαντικές κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις. Συγκεκριμένα στην Αθήνα, σημειώθηκαν πυκνές χιονοπτώσεις κι ολικός παγετός. Μόνο σε κάποιες περιοχές, όπως η Ανατολική Εύβοια αποκλείστηκαν περιοχές για πολλές μέρες με πρόβλημα ανεφοδιασμού των πολιτών, λόγω του συνολικού χιονιού που συσσωρεύτηκε από τις δυο προηγούμενες περιπτώσεις χιονόπτωσης που έπληξαν τις περιοχές αυτές και όχι μόνο από τη συγκεκριμένη περίπτωση. Στις περιοχές που επλήγησαν, σύμφωνα με το δελτίο τύπου της ΕΜΥ, ανήκουν ακόμη η Μακεδονία (κυρίως Χαλκιδική), η Θράκη, η Ανατολική Θεσσαλία, οι Σποράδες, η κεντρική και ανατολική Στερεά, τα νησιά του βόρειου και ανατολικού Αιγαίου, καθώς σημειώθηκαν κατά τόπους πυκνές χιονοπτώσεις.



Σχήμα 3.1.α Ιωάννινα 11-1-2017  
Πηγή: [ziakopoulos.blogspot.gr](http://ziakopoulos.blogspot.gr)





Σχήμα 3.1.b Η χιονισμένη αυλή του Ελληνικού 10-1-2017  
Πηγή: [ziakopoulos.blogspot.gr](http://ziakopoulos.blogspot.gr)

### 3.2 Πηγές δεδομένων

Για τη μελέτη της συνοπτικής κατάστασης πάνω από την Ελλάδα τις ημερομηνίες 9/1/2017-10/01/2017, θα χρησιμοποιηθούν χάρτες επιφανείας, 850hPa, 500hPa και 300hPa του μοντέλου ECMWF από το Ευρωπαϊκό Κέντρο Μεσοπρόθεσμων Μετεωρολογικών Προγνώσεων, συνοπτικοί χάρτες της Εθνικής Μετεωρολογικής υπηρεσίας, καθώς και εικόνες δορυφόρου. Πιο συγκεκριμένα:

- **500hPa:** Από 09 Ιανουαρίου 2017 00:00, έως και 11 Ιανουαρίου 2017 00:00, ανά 3 ώρες. Δηλαδή 17 χάρτες του ECMWF μοντέλου που απεικονίζουν ισόθερμες και ισοϋψείς στα 500hPa. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν δύο συνοπτικοί χάρτες των 500hPa, για τις 9 Ιανουαρίου 2017 00:00 & 12:00, και δύο για τις 10 Ιανουαρίου 2017 00:00 & 12:00.
- **850hPa:** Από 09 Ιανουαρίου 2017 00:00+0h, έως και 11 Ιανουαρίου 2017 00:00, ανά 3 ώρες. Χρησιμοποιήθηκαν δηλαδή 17 χάρτες του ECMWF μοντέλου που απεικονίζουν ισόθερμες και ισοϋψείς στα 850hPa.

Ακόμη, δύο συνοπτικοί χάρτες των 850hPa, για τις 9 Ιανουαρίου 2017 00:00 & 12:00, και δύο για τις 10 Ιανουαρίου 2017 00:00 & 12:00.



Τέλος, από 09 Ιανουαρίου 2017 00:00+0h, έως και 11 Ιανουαρίου 2017 00:00, ανά 3 ώρες, χρησιμοποιήθηκαν χάρτες πρόγνωσης ανέμου του μοντέλου ECMWF (17 χάρτες).

- **Επιφάνεια:** Από 09 Ιανουαρίου 2017 00:00+0h, έως και 11 Ιανουαρίου 2017 00:00, ανά 3 ώρες. Χρησιμοποιήθηκαν δηλαδή 17 χάρτες του ECMWF μοντέλου που απεικονίζουν τις ισοβαρείς στην επιφάνεια.

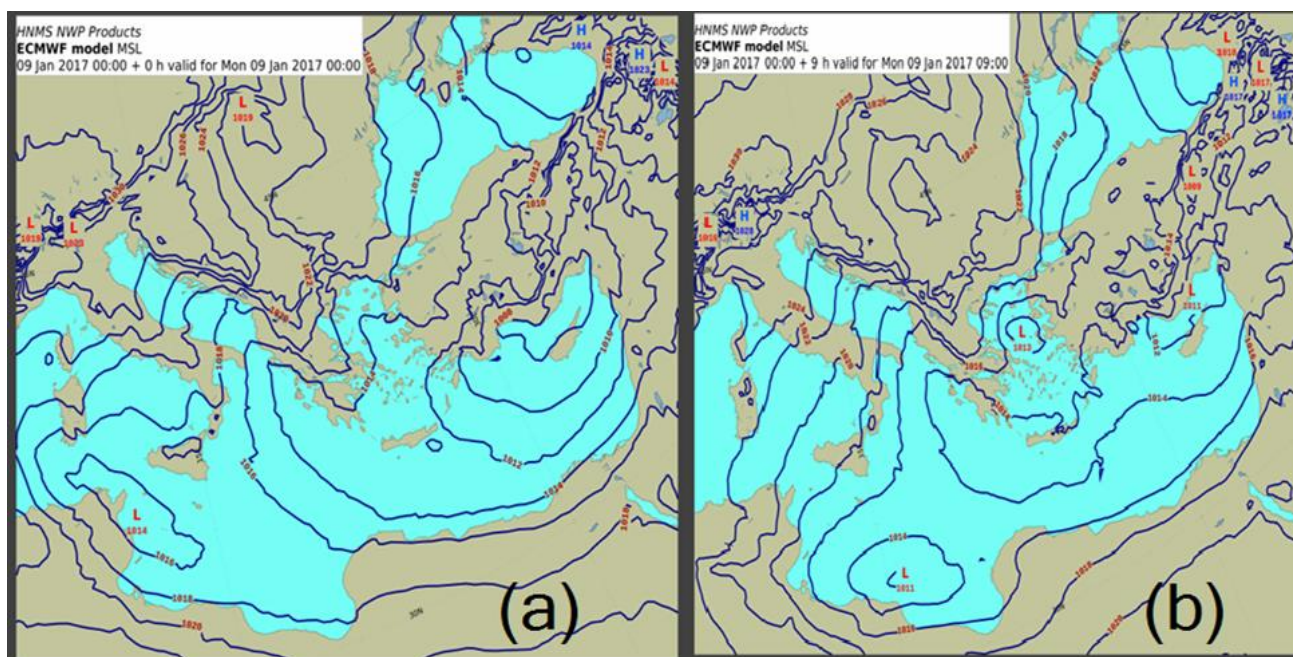
Οι συνοπτικοί χάρτες είναι από 09 Ιανουαρίου 2017 00:00, έως και 09 Ιανουαρίου 2017 21:00, και από 10 Ιανουαρίου 2017 00:00 έως και 15:00, ανά 3 ώρες. Δηλαδή, 14 συνοπτικοί χάρτες επιφανείας που απεικονίζουν ισοβαρείς, μετρήσεις θερμοκρασίας, νέφωσης και υετού.

- **1000hPa:** Από 09 Ιανουαρίου 2017 00:00+0h, έως και 11 Ιανουαρίου 2017 00:00, ανά 3 ώρες για την πρόγνωση του ανέμου. Συνολικά δηλαδή, 17 χάρτες του ECMWF μοντέλου που απεικονίζουν τη διεύθυνση κι ένταση του ανέμου στα 1000hPa.
- **Real Time Weather:** Για τις 9 Ιανουαρίου 2017 από τις 00UTC ως και τις 21UTC ανά 3 ώρες, χρησιμοποιήθηκαν χάρτες που απεικονίζουν πραγματικά δεδομένα πίεσης, νέφωσης, διεύθυνσης κι έντασης ανέμου. Ομοίως για τις 10 Ιανουαρίου 2017 από τις 00UTC μέχρι και τις 18UTC, ανά 3 ώρες.
- **Εικόνες δορυφορικής τηλεπισκόπησης:** Χρησιμοποιήθηκαν 3 εικόνες, μία για το ορατό στο κανάλι των 0,6μm, μία για τους υδρατμούς στο κανάλι των 6,2μm, και μία για το θερμικό υπέρυθρο στο κανάλι των 12μm για τις 10 Ιανουαρίου 2017 00:00.

## 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 4.1 Επιφάνεια

Στις 09 Ιανουαρίου 2017 00:00 (Σχήμα 4.1.a), η πίεση πάνω από την Αθήνα είναι 1016hPa και υπάρχει ένα βαρομετρικό χαμηλό πάνω από τη Λιβύη και την Τυνησία κι ένα πάνω από την Ουγγαρία.

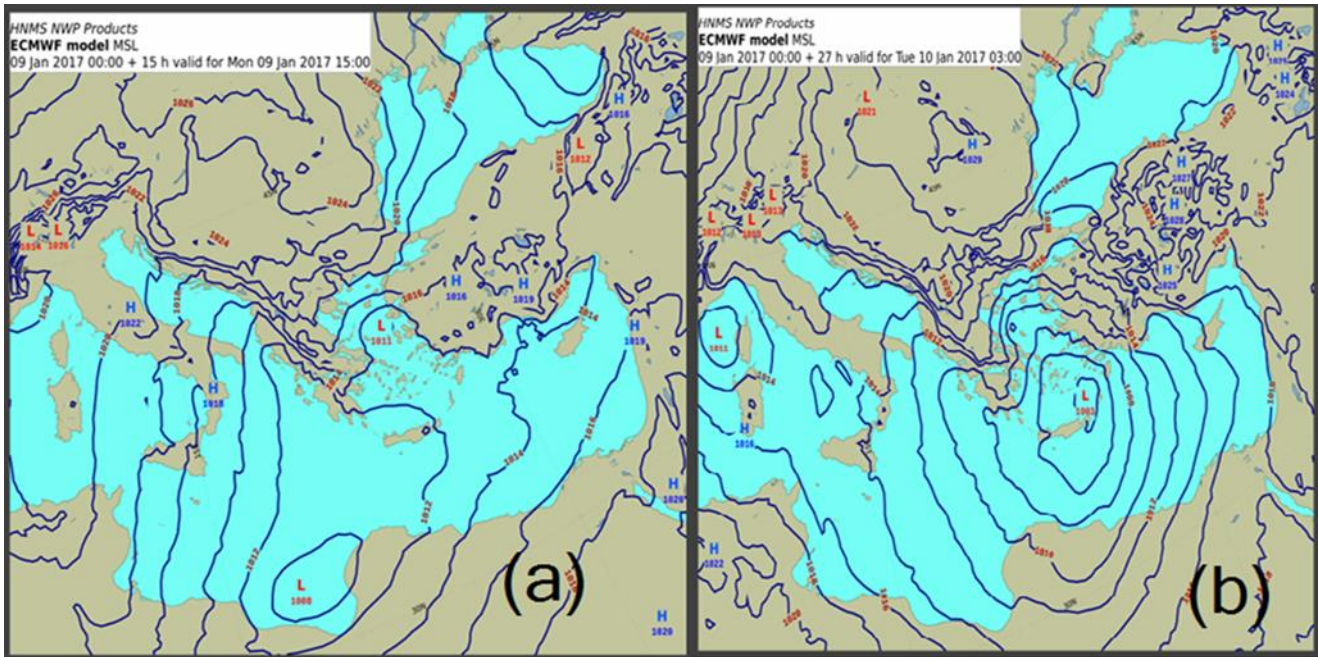


**Σχήμα 4.1:** Χάρτες επιφανείας , όπως προέκυψαν από το ECMWF **a)** 9 Ιανουαρίου 2017, 00:00 UTC **b)** 9 Ιανουαρίου 2017, 09:00 UTC.

Στη συνέχεια, εντός 9 ωρών, δηλαδή στις 09 Ιανουαρίου 2017 09:00 (Σχήμα 4.1.b), παρατηρείται ότι το χαμηλό της Λιβύης κινείται προς τα ανατολικά, ενώ το χαμηλό της Ουγγαρίας κατεβαίνει προς τα νότια, σχηματίζοντας ένα αποκομμένο χαμηλό στο Αιγαίο πέλαγος.

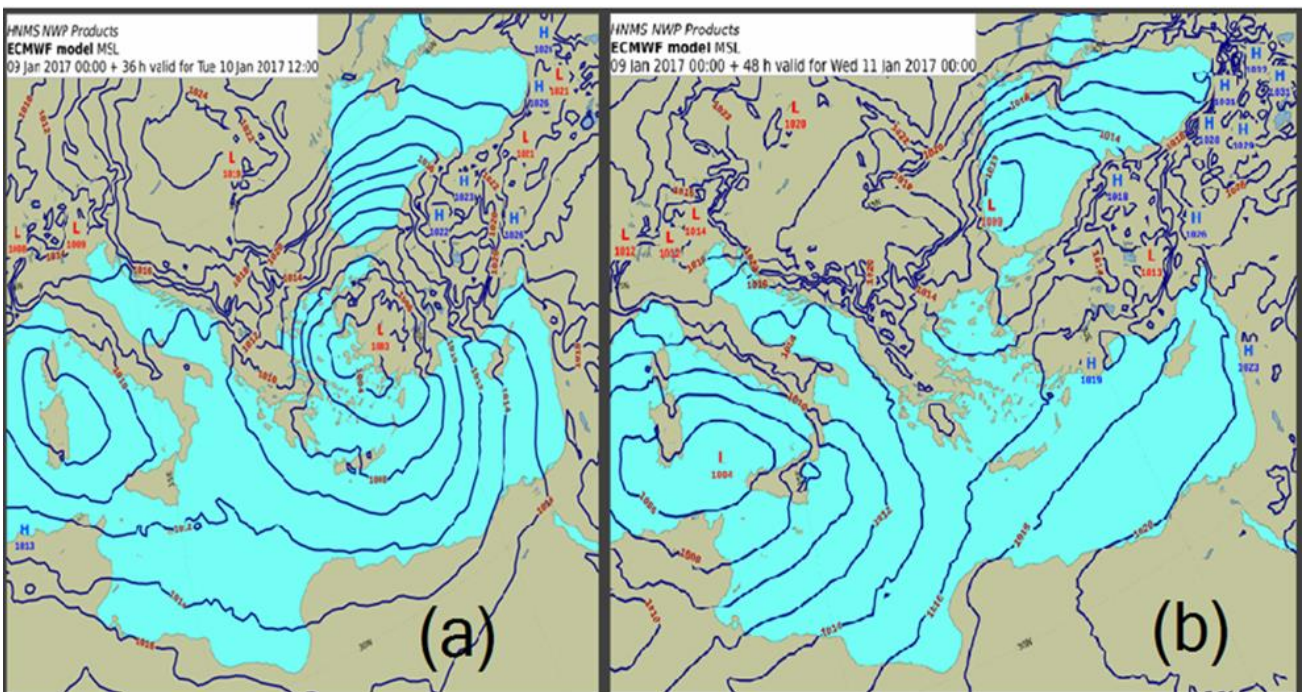
Η κίνηση του χαμηλού της Αφρικής συνεχίζεται και το χαμηλό του Αιγαίου παραμένει (Σχήμα 4.2.a) μέχρι τις 10 Ιανουαρίου 3:00 (σχήμα 4.2.b) όπου θα έχουν ενωθεί όπως φαίνεται παρακάτω. Ουσιαστικά αυτό είναι το σύστημα που προκάλεσε τα φαινόμενα χιονόπτωσης στην Ελλάδα στις 09 και 10 Ιανουαρίου 2017. Παρατηρείται ισχυρή βαροβαθμίδα στον κύριο άξονα της Ελλάδας και στο Αιγαίο, γεγονός που αποτελεί ένδειξη έντονων ανέμων. Αυτό εν συνεχεία, θα έρθει σε συμφωνία με τους συνοπτικούς χάρτες και τους χάρτες ανέμου των 1000hPa.





**Σχήμα 4.2:** Χάρτες επιφανείας , όπως προέκυψαν από το ECMWF **a)** 9 Ιανουαρίου 2017, 15:00 UTC **b)** 10 Ιανουαρίου 2017, 03:00 UTC

Το ενιαίο χαμηλό πλέον εδραιώνεται πάνω από το Αιγαίο και κινείται βορειοανατολικά προς την άνω Τουρκία (Σχήμα 4.3.a) μέχρι που στις 11/01/2017 00:00 (Σχήμα 4.3.b) θα έχει φτάσει στον Εύξεινο πόντο.

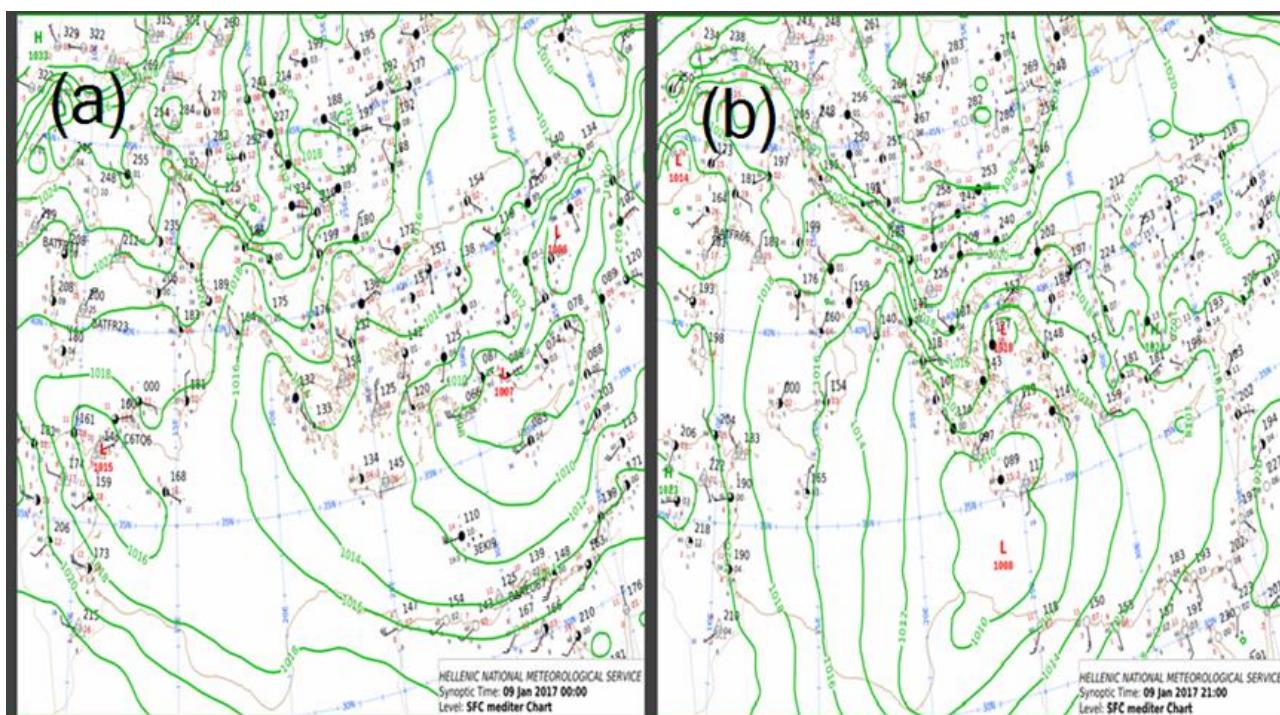


**Σχήμα 4.3:** Χάρτες επιφανείας , όπως προέκυψαν από το ECMWF **a)** 10 Ιανουαρίου 2017, 12:00 UTC **b)** 11 Ιανουαρίου 2017, 00:00 UTC

Η ανάλυση των συνοπτικών χαρτών επιφανείας που προέκυψαν από την EMY είναι σε συμφωνία με το μοντέλο του ECMWF. Πιο συγκεκριμένα, στις 09 Ιανουαρίου 00:00,



φαίνεται το αρχικό χαμηλό πάνω από τη Λιβύη και το χαμηλό που πρόκειται να σχηματιστεί στο Αιγαίο υπό την επίδραση του συστήματος που υπάρχει πάνω απ'την Τουρκία (Σχήμα 4.3.a). Στις 21:00 της ίδιας ημέρας, το χαμηλό πάνω από το Αιγαίο έχει σχηματιστεί, ενώ το χαμηλό της Αφρικής κινείται ανατολικά (Σχήμα 4.3.b).

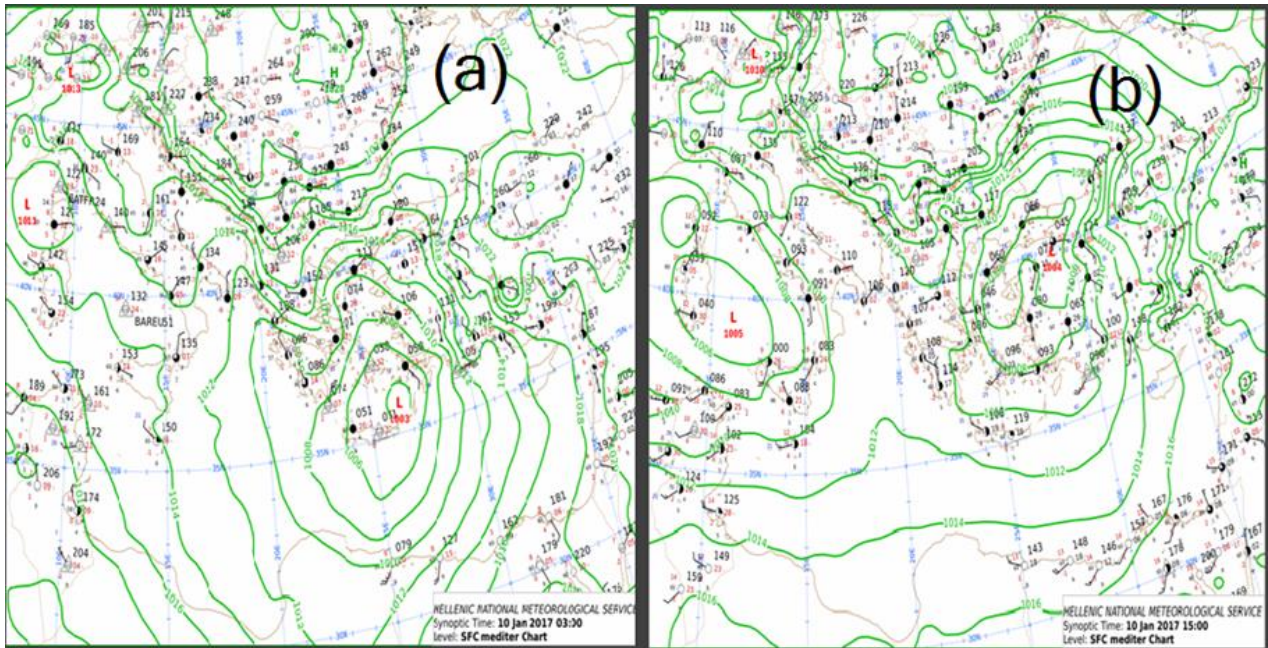


**Σχήμα 4.4:** Ανάλυση επιφανείας όπως προέκυψε από EMY **a)** 9 Ιανουαρίου 00:00 **b)** 9 Ιανουαρίου 21:00.

Η εν λόγω ένωση, πραγματοποιείται μέχρι τις 3:00 της 10 Ιανουαρίου (Σχήμα 4.5.a). Επίσης παρατηρείται η εμμονή του συστήματος μέχρι τις 15:00 της 10 Ιανουαρίου όπου αρχίζει να απομακρύνεται προς το Βορρά (Σχήμα 4.5.b).

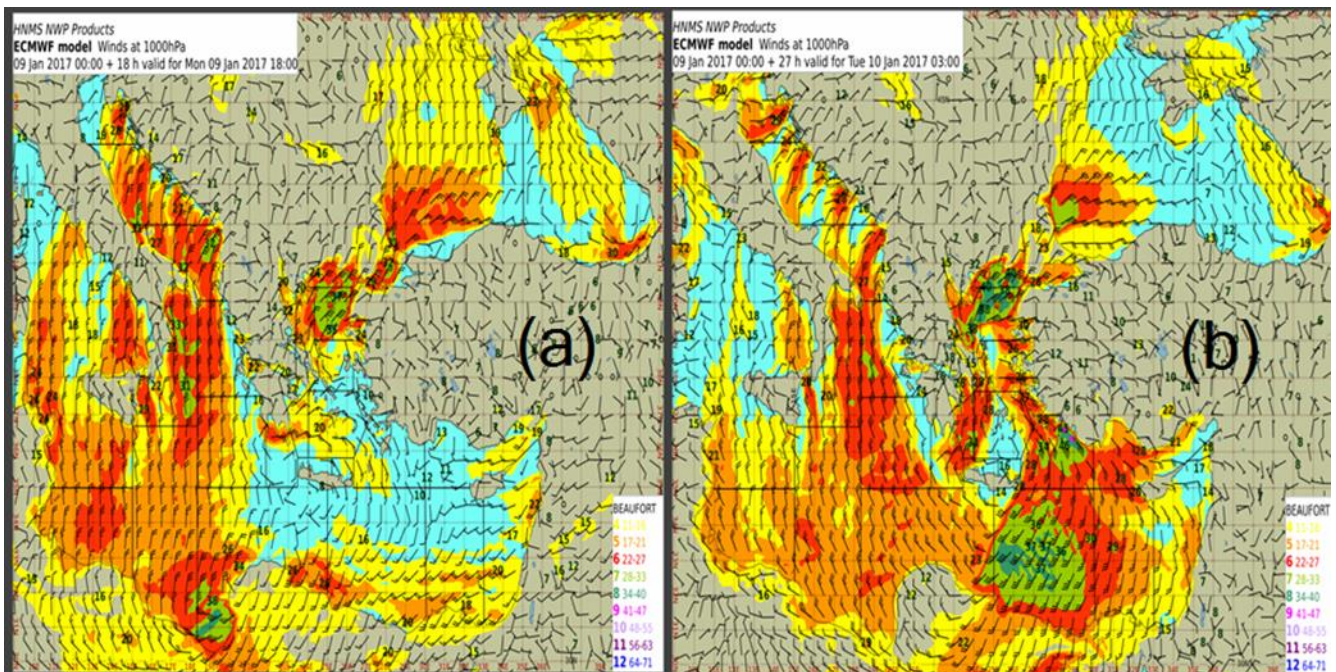
Από τις συνοπτικές παρατηρήσεις, αξίζει να αναφερθούν οι έντονες νεφώσεις (8/8) και οι απότομες μεταβολές της διεύθυνσης ανέμου οι οποίες προϋδεάζουν την ύπαρξη πιθανού μετώπου στην ελλαδική περιοχή. Αυτό ωστόσο, θα κριθεί πιο τεκμηριωμένα στους χάρτες των 850hPa & 500hPa. Επίσης, η διεύθυνση του ανέμου ακολουθεί την κυκλωνική φορά του βαρομετρικού χαμηλού με ένταση που κυμαίνεται από 8 έως περίπου 17 knots. Στην Εύβοια και στο σύμπλεγμα των Σποράδων, παρατηρείται βόρειος άνεμος ενώ στη δυτική Κρήτη, νότιος. Θυελλώδεις νότιοι και νοτιοανατολικοί άνεμοι σημειώθηκαν ακόμη στο ανατολικό Αιγαίο.





**Σχήμα 4.5:** Ανάλυση επιφανείας όπως προέκυψε από ΕΜΥ **a)** 10 Ιανουαρίου 03:00 **b)** 10 Ιανουαρίου 15:00.

Πολύ κοντά στην επιφάνεια, βρίσκεται και η ισοβαρική επιφάνεια των 1000hPa στην οποία μελετώνται οι άνεμοι. Στο παρακάτω σχήμα, φαίνονται τα δύο χαμηλά πάνω από την Αφρική και την Ελλάδα με τον άνεμο να ακολουθεί την κυκλωνική τους φορά (Σχήμα 4.6.α), καθώς και το έντονο χαμηλό που σχηματίστηκε πάνω απ'την Ελλάδα (Σχήμα 4.6.β).



**Σχήμα 4.6:** Ισοβαρικός χάρτης των 1000hPa όπως προέκυψε από το μοντέλο του ECMWF όπου πλοτάρεται το διάνυσμα του ανέμου **a)** 9 Ιανουαρίου 18:00 **b)** 10 Ιανουαρίου 3:00.

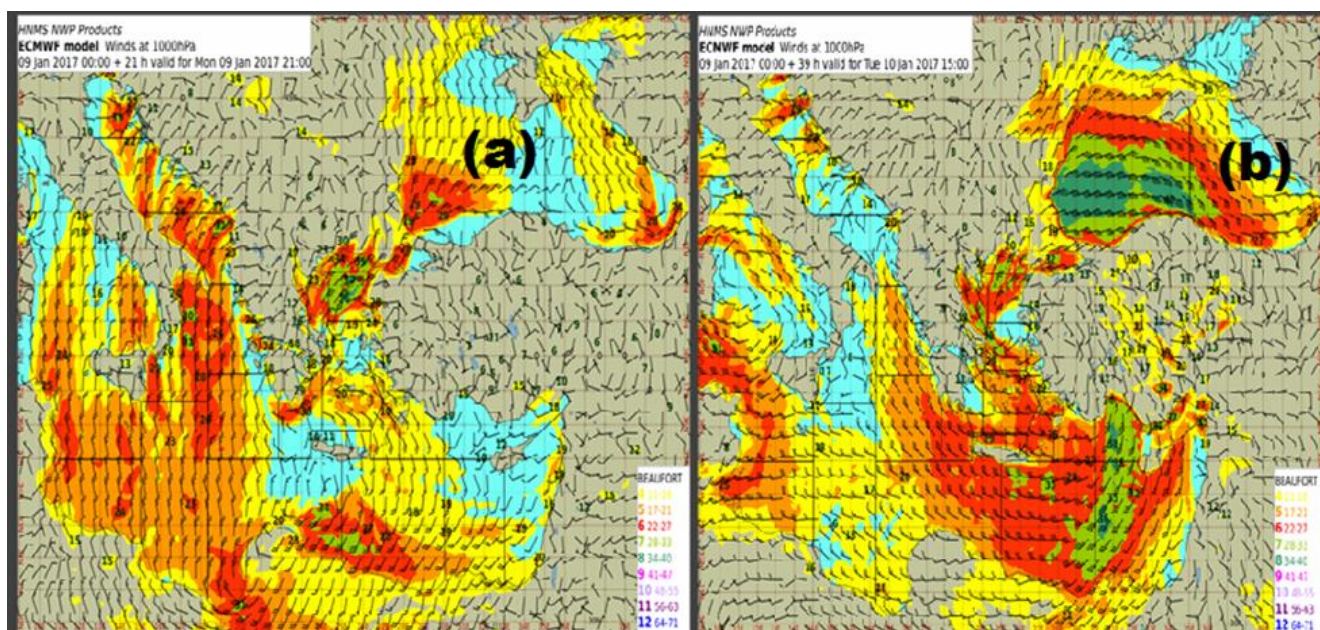
Στο Ιόνιο, ο άνεμος είναι βόρειος και χαρακτηρίζεται ως μέτριος προς ισχυρό, με ένταση



από 17 έως 27 knots, ή αλλιώς από 5 ως 6 Beaufort (πορτοκαλί περιοχή Σχήμα 4.6.a). Στο Αιγαίο είναι νότιος-νοτιοανατολικός και πιο ασθενής με ένταση έως το πολύ 16 κόμβους (κίτρινη περιοχή Σχήμα 4.6.a). Παρατηρείται έτσι, η κυκλωνική φορά του ανέμου υπό την επίδραση του χαμηλού.

Στη συνέχεια, όπου το χαμηλό βαθαίνει πλησιάζει κι άλλο την Ελλάδα, οι βόρειοι άνεμοι παραμένουν πάνω απ'το Ιόνιο, και σημειώνονται επίσης βόρειοι πάνω από το δυτικό Αιγαίο πέλαγος έντασης 17-27 knots. Νότιοι και σχεδόν θυελλώδεις άνεμοι έως 33 knots, σημειώνονται στο ανατολικό Αιγαίο (κόκκινη & πράσινη περιοχή Σχήμα 4.6.b).

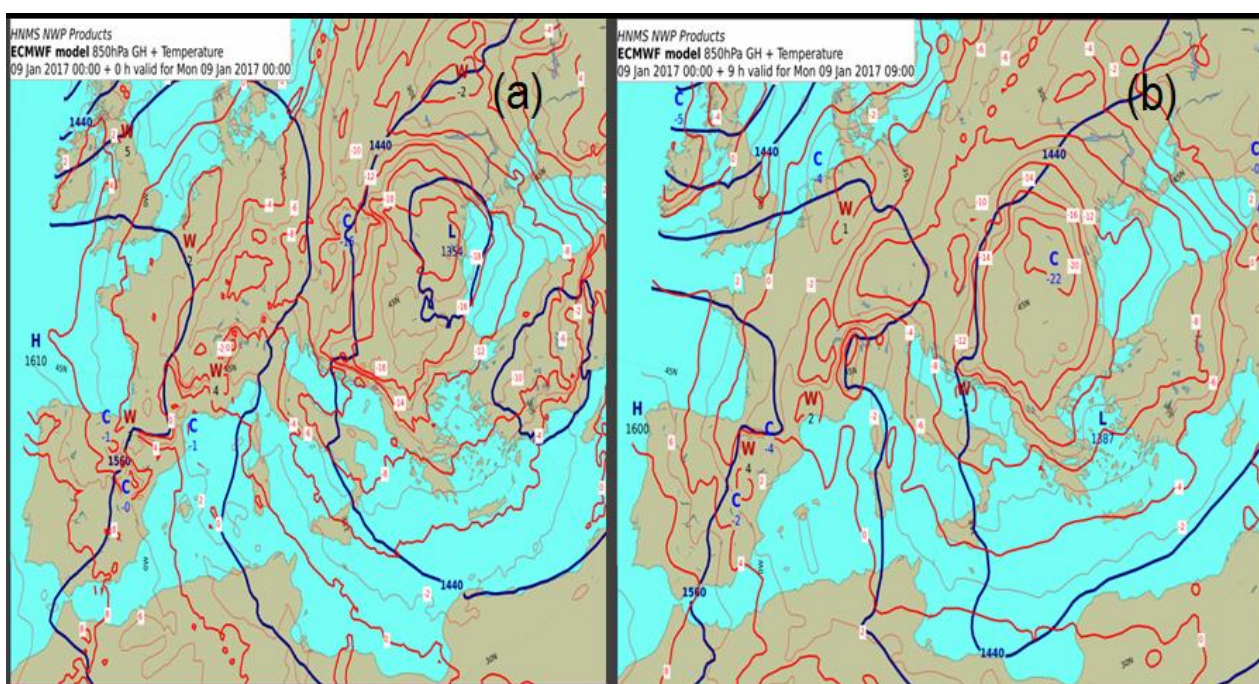
Στο σχήμα 4.7 φαίνεται η εμμονή του συστήματος πάνω από την Ελλάδα. Ενώ έχει σχηματιστεί κανονικά στις 9 Ιανουαρίου 21:00 (Σχήμα 4.7.a), παραμένει και ενισχύεται μέχρι και τις 10 Ιανουαρίου 15:00 (Σχήμα 4.7.b). Επιπλέον τα διανύσματα του ανέμου που πλοτάρονται στο χάρτη των 1000hPa, αναδεικνύουν εμφανώς την κυκλωνική φορά του χαμηλού.



**Σχήμα 4.7:** Ισοβαρικός χάρτης των 1000hPa όπως προέκυψε από το μοντέλο του ECMWF όπου πλοτάρεται το διάνυσμα του ανέμου **a)** 9 Ιανουαρίου 21:00 **b)** 10 Ιανουαρίου 15:00.

## 4.2 850 hPa

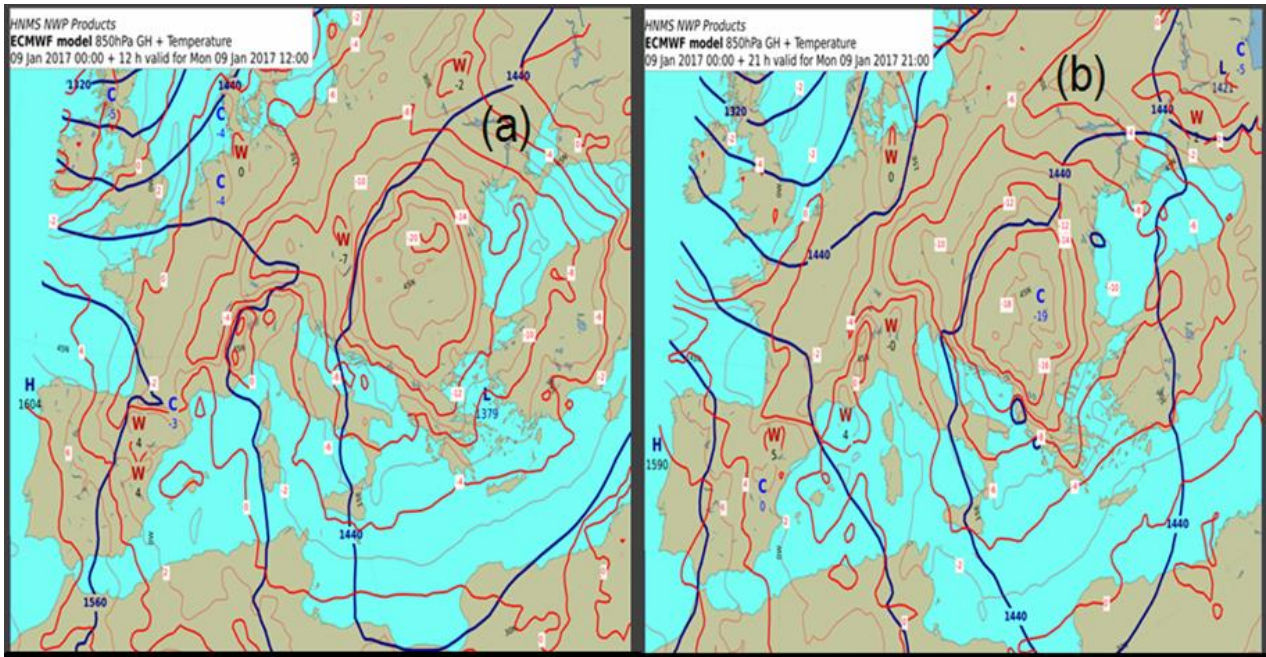
Στις 09 Ιανουαρίου 00:00 (Σχήμα 4.8a) υπάρχει ένα χαμηλό πάνω από τη Ρουμανία (με γεωδυναμικό ύψος 1354 gpm) κι άλλο ένα πάνω από τη δυτική Τουρκία, ενώ πάνω από την Ελλάδα υπάρχουν οι ισόθερμες των  $-12^{\circ}\text{C}$  και  $-8^{\circ}\text{C}$ . Εντός εννέα ωρών, δηλαδή στις 09 Ιανουαρίου 09:00 (Σχήμα 4.8b), τα δύο αυτά χαμηλά έχουν ενωθεί και κινηθεί νοτιοδυτικά, πάνω από το Αιγαίο Πέλαγος. Βόρεια της Ελλάδας (Ουκρανία- Πολωνία) οι ισόθερμες είναι πυκνές και με χαμηλές θερμοκρασίες (από  $-10^{\circ}\text{C}$  και  $-18^{\circ}\text{C}$ ), γεγονός που αποτελεί ένδειξη ψυχρής και ξηρής αέριας μάζας. Από τις 00:00 έως τις 09:00, σημειώνεται θερμή μεταφορά από νότο, καθώς στις 09:00, πάνω από την Ελλάδα βρίσκεται η ισόθερμη των  $-6^{\circ}\text{C}$ .



**Σχήμα 4.8** Χάρτες 850 hPa, όπως προέκυψαν από το ECMWF **a)** 9 Ιανουαρίου 2017, 00:00 UTC **b)** 9 Ιανουαρίου 2017, 09:00 UTC.

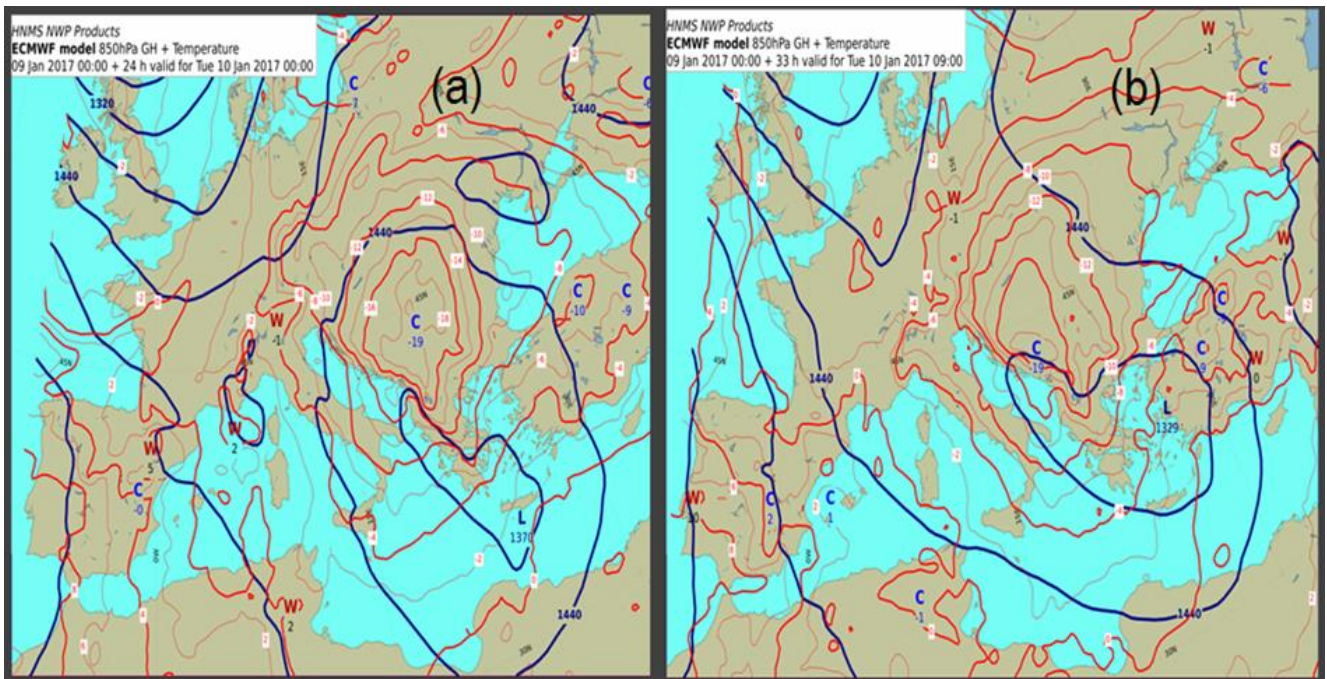
Μέχρι και τις 09 Ιανουαρίου 12:00, το χαμηλό που προέκυψε από την ένωση των δύο επιμέρους προαναφερθέντων χαμηλών βρίσκεται πάνω από το Αιγαίο (Σχήμα 4.9a). Η ψυχρή μάζα του Βορρά ( $-19^{\circ}\text{C}$ ) κατεβαίνει νότια προς την Ελλάδα (Σχήμα 4.9b), με αποτέλεσμα να βρίσκεται η ισόθερμη των  $-12^{\circ}\text{C}$  πάνω από τη Βόρεια Ελλάδα και η  $-8^{\circ}\text{C}$  πάνω από την κεντρική. Συνεπώς στις 09 Ιανουαρίου 21:00, σημειώνεται ψυχρή μεταφορά από το Βορρά.





**Σχήμα 4.9** Χάρτες 850 hPa, όπως προέκυψαν από το ECMWF **a)** 9 Ιανουαρίου 2017, 12:00 UTC **b)** 9 Ιανουαρίου 2017, 21:00 UTC.

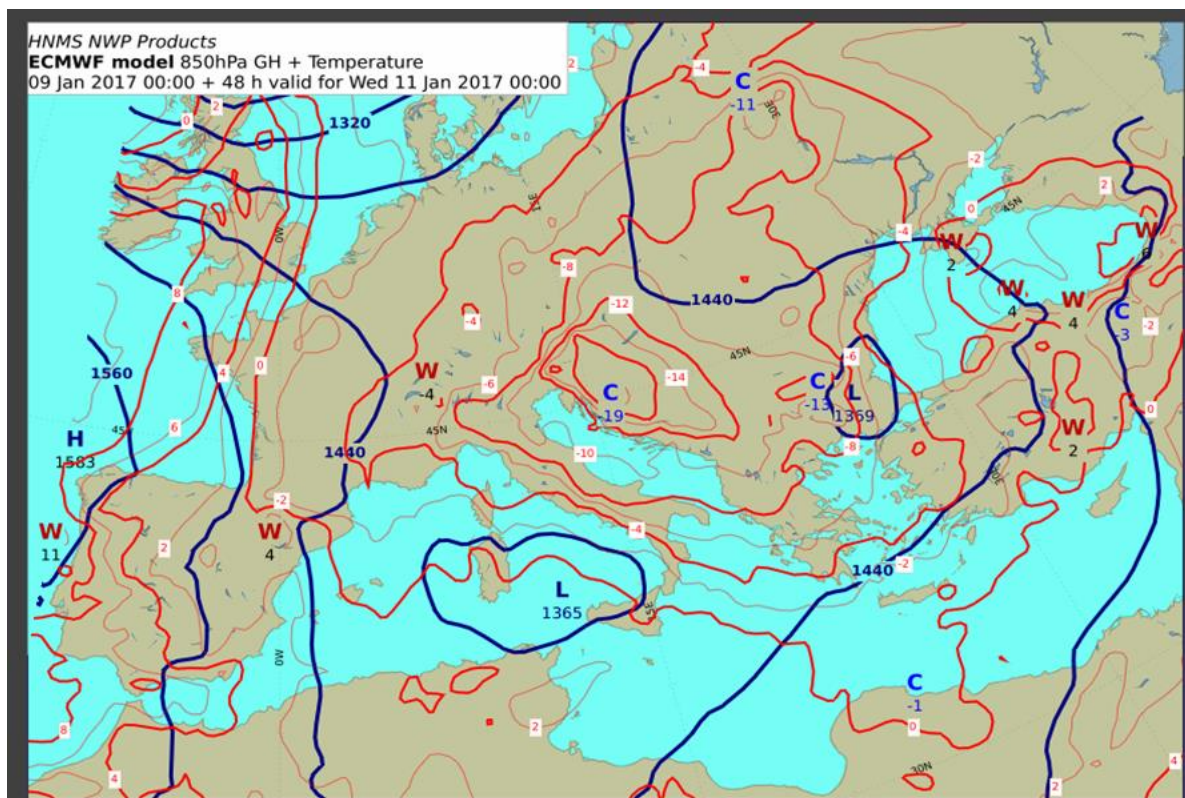
Την Τρίτη 10 Ιανουαρίου 00:00, το χαμηλό βρίσκεται ακόμη πάνω από την Ελλάδα (Σχήμα 4.10a) έχοντας κινηθεί νοτιότερα. Πάνω από την Αθήνα βρίσκεται η ισόθερμη των  $-4^{\circ}\text{C}$ , ενώ η πυκνωση και κάμψη των ισόθερμων πάνω από τον κεντρικό άξονα της Ελλάδας, αποτελεί ένδειξη μετώπου. Μέχρι και τις 9:00 UTC (Σχήμα 4.10b), το χαμηλό παραμένει στροβιλιζόμενο κυκλωνικά πάνω από την Ελλάδα, ενώ η ψυχρή μάζα του Βορρά εξακολουθεί να κατεβαίνει.



**Σχήμα 4.10** Χάρτες 850 hPa, όπως προέκυψαν από το ECMWF **a)** 10 Ιανουαρίου 2017, 00:00 UTC **b)** 10 Ιανουαρίου 2017, 9:00 UTC.



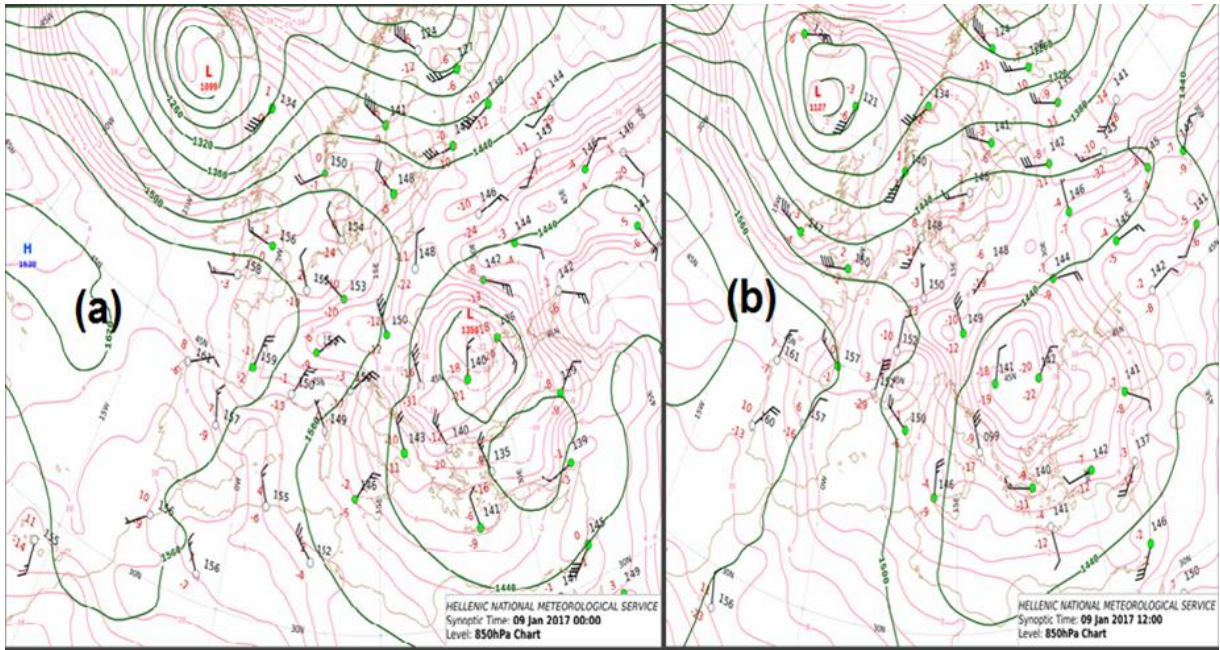
Το σύστημα αυτό παραμένει πάνω από την Ελλάδα, μέχρι και τις 11 Ιανουαρίου 00:00 (Σχήμα 4.11), όταν αρχίζει να κινείται βορειοανατολικά προς τον Εύξεινο πόντο κι εγκαταλείπει την Ελλάδα. Επιπλέον, σημειώνεται θερμή μεταφορά από το Νότο, καθώς πάνω από την Πελοπόννησο, βρίσκεται η ισόθερμη των  $-2^{\circ}\text{C}$ .



Σχήμα 4.11 Χάρτες 850 hPa, όπως προέκυψαν από το ECMWF για τις 11 Ιανουαρίου 2017, 00:00 UTC.

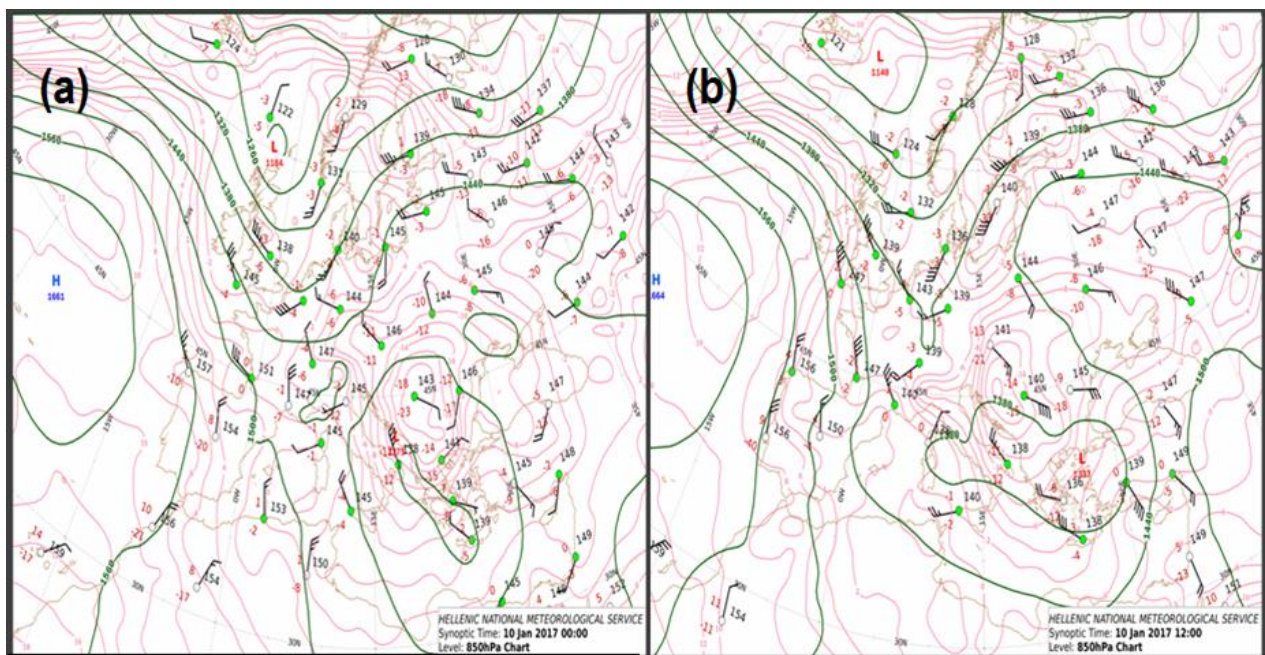
Η ανάλυση των συνοπτικών χαρτών των 850hPa που προέκυψαν από την ΕΜΥ είναι σε συμφωνία με το μοντέλο του ECMWF. Στις 9 Ιανουαρίου 00:00 (Σχήμα 4.12a), φαίνονται τα 2 χαμηλά πάνω από τη Ρουμανία και την Τουρκία. Ο άνεμος ακολουθεί την κυκλωνική τους φορά και συγκεκριμένα αυτός που επηρεάζει την Ελλάδα από το χαμηλό της Τουρκίας είναι βόρειος, σημειώνεται στο Αιγαίο και στην Κρήτη κι έχει ένταση από 10 ως 25 κόμβους, ενώ από το χαμηλό της Ρουμανίας είναι βορειοδυτικός ίδιας περίπου έντασης. Μετά την ένωσή τους, στις 12:00 (Σχήμα 4.12b), ο άνεμος ακολουθεί την κυκλωνική φορά του ενιαίου πλέον χαμηλού, με δυτική διεύθυνση πάνω από την Ελλάδα και ένταση 15 knots. Οι ισόθερμες, είναι πυκνές, άρα το μέτωπο έχει ήδη σχηματιστεί, και οι θερμοκρασίες που σημειώνονται πάνω από την Ελλάδα ( από  $-11^{\circ}\text{C}$  έως  $-20^{\circ}\text{C}$ ) μαρτυρούν την μετακίνηση της ψυχρής αέρας μάζας του Βορρά προς τα κάτω. Ακόμη, πρέπει να σημειωθούν οι πιο υψηλές θερμοκρασίες που υπάρχουν νοτιότερα της Ελλάδας (περίπου  $-4^{\circ}\text{C}$ ), οι οποίες βάσει της μελέτης από την ανάλυση στην επιφάνεια, προέρχονται από μία θερμή μάζα πάνω από τη Λιβύη και την Αίγυπτο.





**Σχήμα 4.12:** Ανάλυση επιφανείας 850hPa όπως προέκυψε από ΕΜΥ **a)** 9 Ιανουαρίου 00:00 **b)** 9 Ιανουαρίου 12:00.

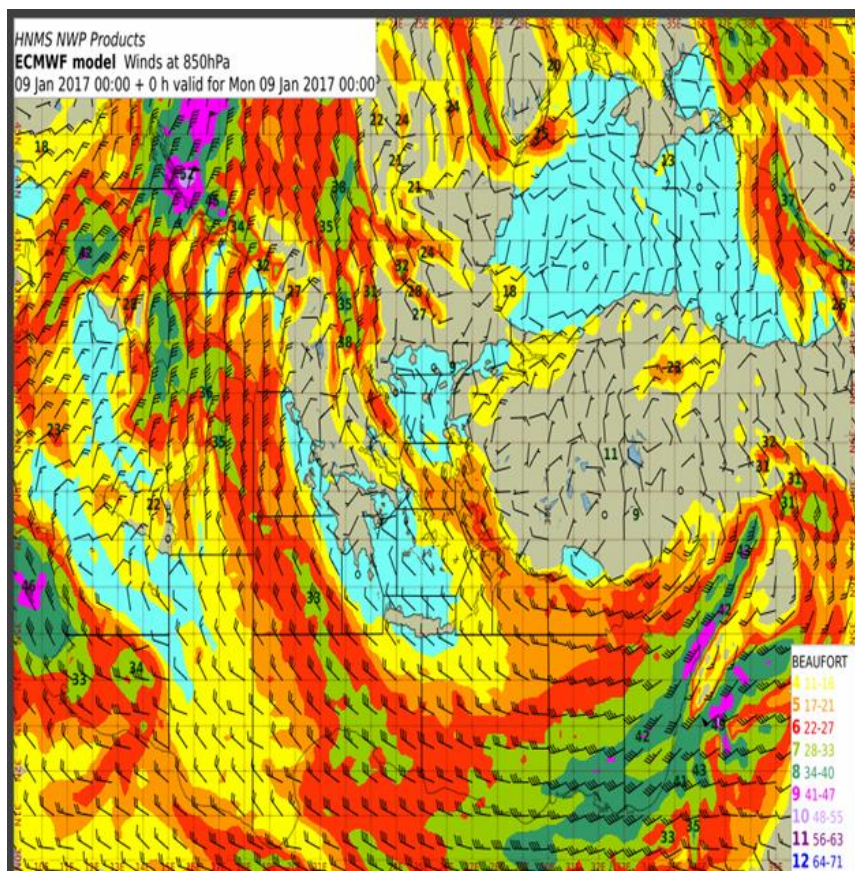
Στις 10 Ιανουαρίου 00:00 (Σχήμα 4.13a) φαίνεται και πάλι το χαμηλό, η πύκνωση των ισόθερμων καμπυλών κι επιπλέον παρατηρείται μεταβολή της διεύθυνσης του ανέμου σε βορειοδυτική στην αριστερή πλευρά της Ελλάδας (κεντρική και Ιόνιο) έντασης περίπου 10 κόμβων, και νοτιοανατολική στη δεξιά πλευρά της Ελλάδας (κεντρική και Αιγαίο), λίγο μικρότερης έντασης. Έπειτα, στις 12:00 (Σχήμα 4.13b), το χαμηλό υπάρχει ακόμα, οι ισόθερμες αραιώνουν, αλλά η ένταση του ανέμου δυναμώνει χωρίς να μεταβάλλεται η διεύθυνση. Συγκεκριμένα, πάνω από την Κρήτη ο άνεμος σημειώνεται βορειοανατολικός με ένταση 30 knots.



**Σχήμα 4.13:** Ανάλυση επιφανείας 850hPa όπως προέκυψε από ΕΜΥ **a)** 10 Ιανουαρίου 00:00 **b)** 10 Ιανουαρίου 12:00.



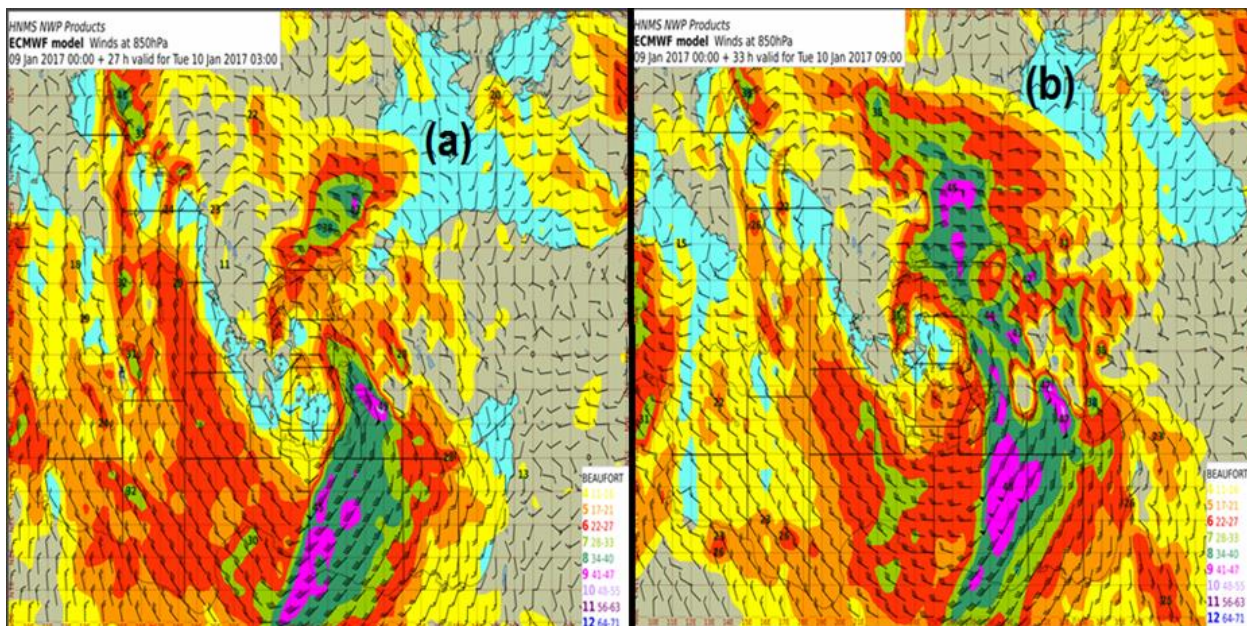
Το μοντέλο ECWMF για την πρόγνωση ανέμων στα 850hPa, δίνει πληροφορίες για τον άνεμο, που συμφωνούν με τη μέχρι τώρα μελέτη.



**Σχήμα 4.14:** Ισοβαρικός χάρτης των 850hPa όπως προέκυψε από το μοντέλο του ECMWF όπου πλοτάρεται το διάνυσμα του ανέμου για τις 09 Ιανουαρίου 00:00.

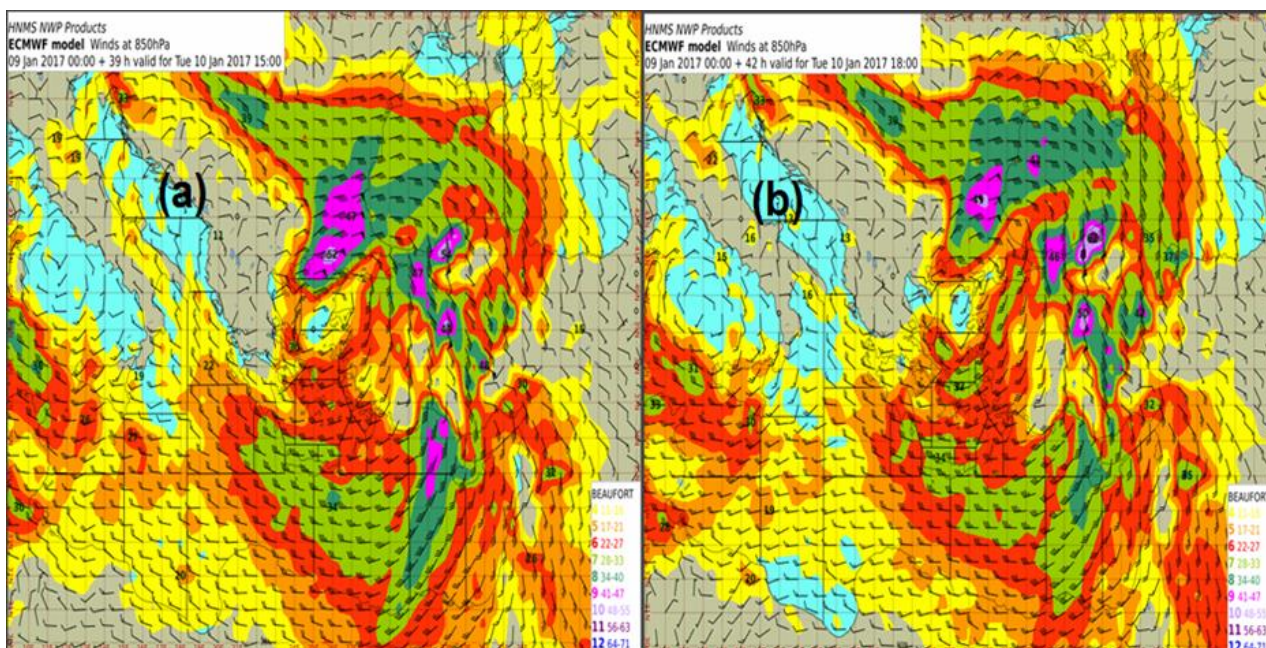
Ψυχρή μεταφορά σημειώνεται προς την Ελλάδα από τα Βόρεια (Σχήμα 4.14), ενώ θερμή μεταφορά παρατηρείται από την Αφρική. Η μεταφορά της ψυχρής αυτής μάζας, είναι και η αιτία που στις 09 και 10 Ιανουαρίου υπήρξε παγετός κατά τόπους ισχυρός και στα κεντρικά και βόρεια ηπειρωτικά χαρακτηρίστηκε ολικός. Ο άνεμος ακολουθεί την κυκλωνική φορά του σχηματιζόμενου χαμηλού, έχοντας βορειοδυτική διεύθυνση στο Ιόνιο και νοτιοανατολική στο Αιγαίο. Ο άξονας της trough βρίσκεται ακριβώς πάνω από την Ελλάδα.





**Σχήμα 4.15:** Ισοβαρικός χάρτης των 850hPa όπως προέκυψε από το μοντέλο του ECMWF όπου πλοτάρεται το διάνυσμα του ανέμου **a)** 10 Ιανουαρίου 03:00 **b)** 10 Ιανουαρίου 09:00.

Στο σχήμα 4.15a, παρατηρείται νοτιοανατολικός άνεμος έντασης από 22 έως 33 knots πάνω από το Αιγαίο, ενώ στο 4.16a, έχει γίνει νοτιοδυτικός έντασης 22-27 κόμβων. Σχηματίστηκε δηλαδή θερμό μέτωπο πάνω από το Αιγαίο. Επιπλέον στο σχήμα 4.15b, ο άνεμος πάνω από την Πελοπόννησο είναι βορειοδυτικός έντασης 17 έως 27 knots, ενώ στο σχήμα 4.16b, έχει γίνει νότιος νοτιοδυτικός. Σχηματίστηκε δηλαδή ψυχρό μέτωπο πάνω από το Ιόνιο και την Πελοπόννησο. Με χρονολογική σειρά, πρώτα σχηματίστηκε το θερμό μέτωπο στις 10 Ιανουαρίου 03:00 (σχήμα 4.15a) πάνω από το Αιγαίο κι εν συνεχεία, το ψυχρό στις 10 Ιανουαρίου 09:00 (σχήμα 4.15b).



**Σχήμα 4.16:** Ισοβαρικός χάρτης των 850hPa όπως προέκυψε από το μοντέλο του ECMWF όπου πλοτάρεται το διάνυσμα του ανέμου **a)** 10 Ιανουαρίου 15:00 **b)** 10 Ιανουαρίου 18:00.

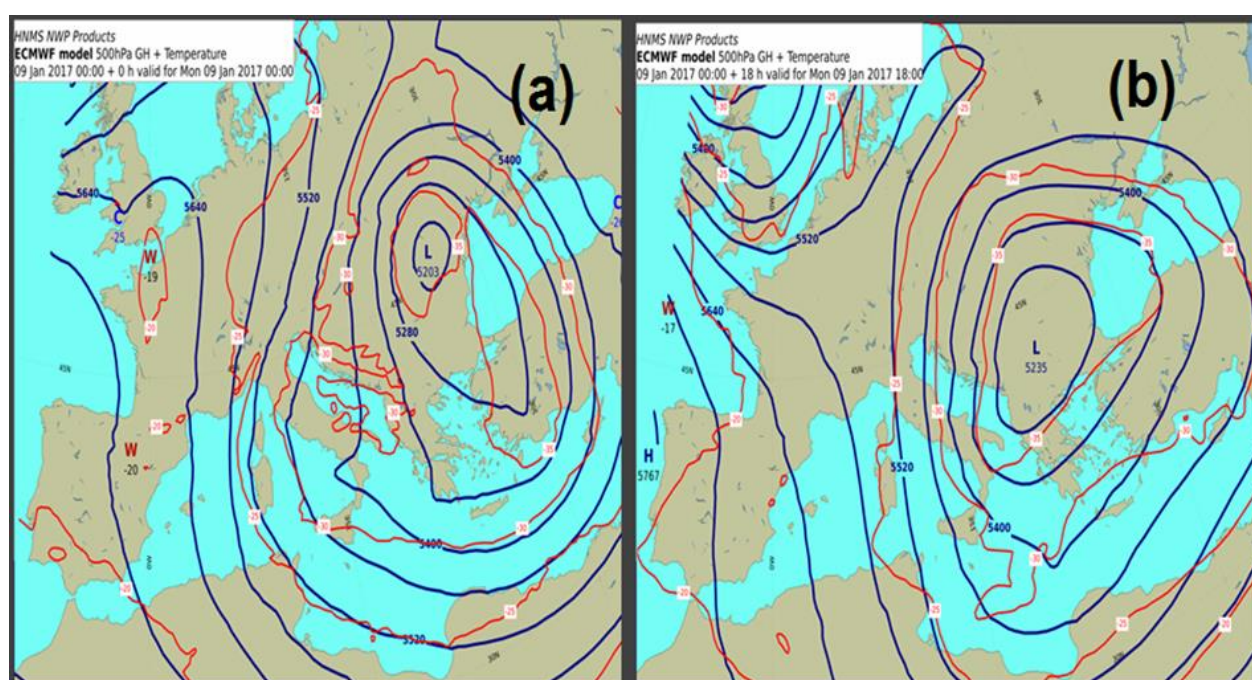
Οι θυελλώδεις νότιοι άνεμοι που παρατηρούνται, ώθησαν τη θερμή μάζα που βρισκόταν πάνω από την Αφρική προς την Ελλάδα, ενώ η βορειοδυτική ροή, ευνόησε τη μεταφορά ψυχρού και ξηρού αέρα προς την Ελλάδα. Σχηματίστηκε έτσι ένα συνεσφιγμένο μέτωπο, με ζώνη σύγκλισης πάνω από την Εύβοια και τις Σποράδες. Πρόκειται για ψυχρή σύσφιξη: ο ηπειρωτικός ψυχρός και ξηρός άνεμος που έρχεται από τα Βόρεια, συναντά το θερμό μέτωπο με θαλάσσιο αέρα που έχει εμπλουτιστεί με υγρασία από τον κόλπο του Σαρωνικού. Η θερμή μάζα έτσι, ολισθαίνει πάνω στην ψυχρή, προκαλείται συμπύκνωση υδρατμών και δημιουργούνται νέφη. Έπειτα πέφτει βροχή, η οποία λόγω της ψυχρής μάζας που βρίσκεται από κάτω, και μέσω της οποίας περνά πριν πέσει στην επιφάνεια, μετατρέπεται σε χιόνι.

Η παραπάνω ένωση των δύο μαζών και η σύγκλιση που δημιουργήθηκε, προκάλεσαν σύμφωνα και με το δελτίο τύπου της ΕΜΥ, χιονοπτώσεις κατά τόπους πυκνές στην κεντρική και ανατολική Μακεδονία, στη Θράκη, στην ανατολική Θεσσαλία, στην Εύβοια και στις Σποράδες, στην κεντρική και ανατολική στερεά Ελλάδα καθώς και στο βόρειο και ανατολικό Αιγαίο. Στην Πελοπόννησο, στις Κυκλάδες και στην Κρήτη σημειώθηκαν χιονοπτώσεις κατά περιόδους και τοπικές καταιγίδες. Ουσιαστικά η κεντρική Ελλάδα βρισκόταν στο τριπλό σημείο του συνεσφιγμένου μετώπου και ακριβώς κάτω από τη ζώνη σύγκλισης της θερμής μάζας της Αφρικής και της ψυχρής μάζας της βόρειας Ευρώπης.



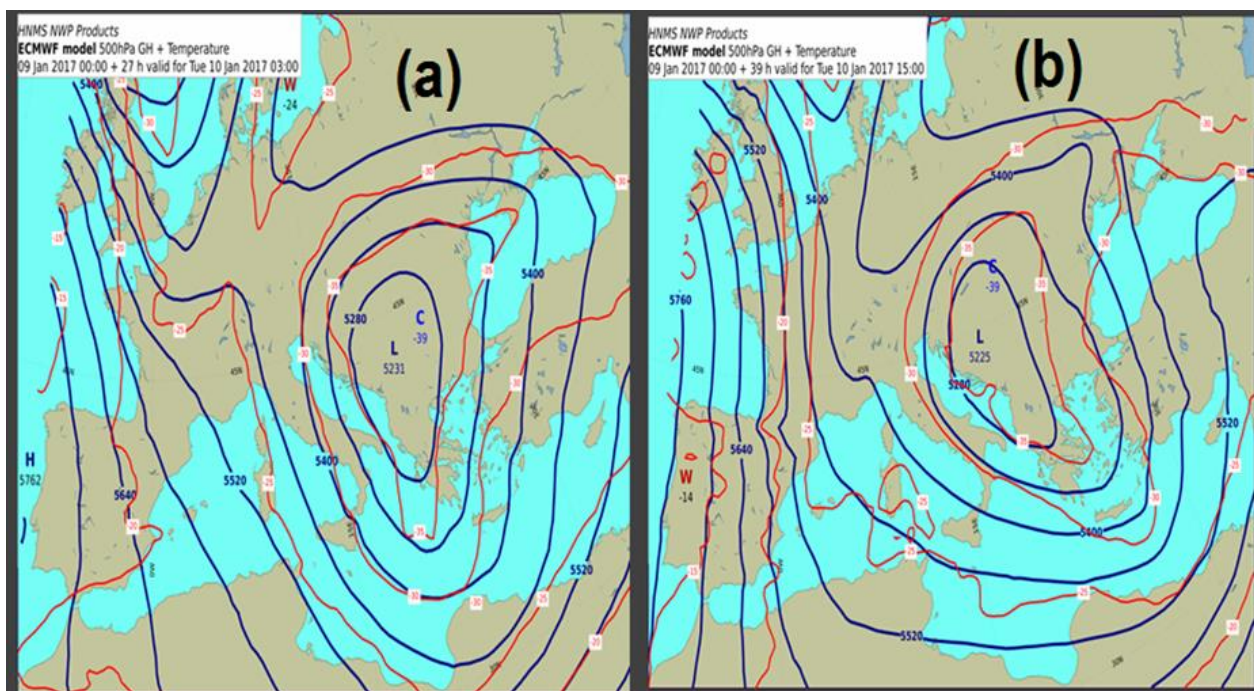
### 4.3 500hPa

Στις 09 Ιανουαρίου 00:00 (Σχήμα 4.17a), φαίνεται το χαμηλό που μελετήθηκε στην επιφάνεια και στα 850hPa, πάνω από τη Ρουμανία. Φαίνεται να έχει δύο διαφορετικούς άξονες, έναν νοτιοανατολικά πάνω από την Τουρκία, κι έναν νοτιοδυτικότερα. Αυτό συμβαίνει διότι σε χαμηλότερες επιφάνειες υπήρχαν δύο επιμέρους χαμηλά τα οποία ενώθηκαν και όπως έχει προαναφερθεί, η επιφάνεια των 500hPa, βοηθά στην κατανόηση της τρισδιάστατης μορφής του συστήματος. Πράγματι, εντός 18 ωρών (Σχήμα 4.17b), η ένωση έχει πραγματοποιηθεί, ο άξονας της trough είναι νοτιοδυτικός, κι επειδή παρουσιάζει αρνητική κλίση καθ' ύψος, είδαμε ότι σε χαμηλότερες επιφάνειες βρίσκεται νοτιοανατολικά της Ρουμανίας, δηλαδή πάνω από το Αιγαίο. Πάνω από την Ελλάδα υπάρχει η ισόθερμη των  $-35^{\circ}\text{C}$ , άρα η ψυχρή μάζα έχει ήδη αρχίσει να κατεβαίνει.



**Σχήμα 4.27:** Χάρτες 500hPa, όπως προέκυψαν από το ECMWF **a)** 9 Ιανουαρίου 2017, 00:00 UTC **b)** 9 Ιανουαρίου 2017, 18:00 UTC.

Στη συνέχεια, φαίνεται η στροφή του άξονα της trough από νοτιοδυτικά προς τα νοτιοανατολικά (Σχήμα 4.18a – 4.18b). Στις 10 Ιανουαρίου 15:00 UTC, ο άξονας της trough έχει φτάσει ακριβώς πάνω από την Ελλάδα, με αποτέλεσμα να βρίσκεται στο μέγιστο στροβιλισμού. Αυτό είναι απόλυτα λογικό, διότι στην επιφάνεια έχει σχηματιστεί συσφικμένο μέτωπο, με τριπλό σημείο κάτω από τον άξονα της trough.

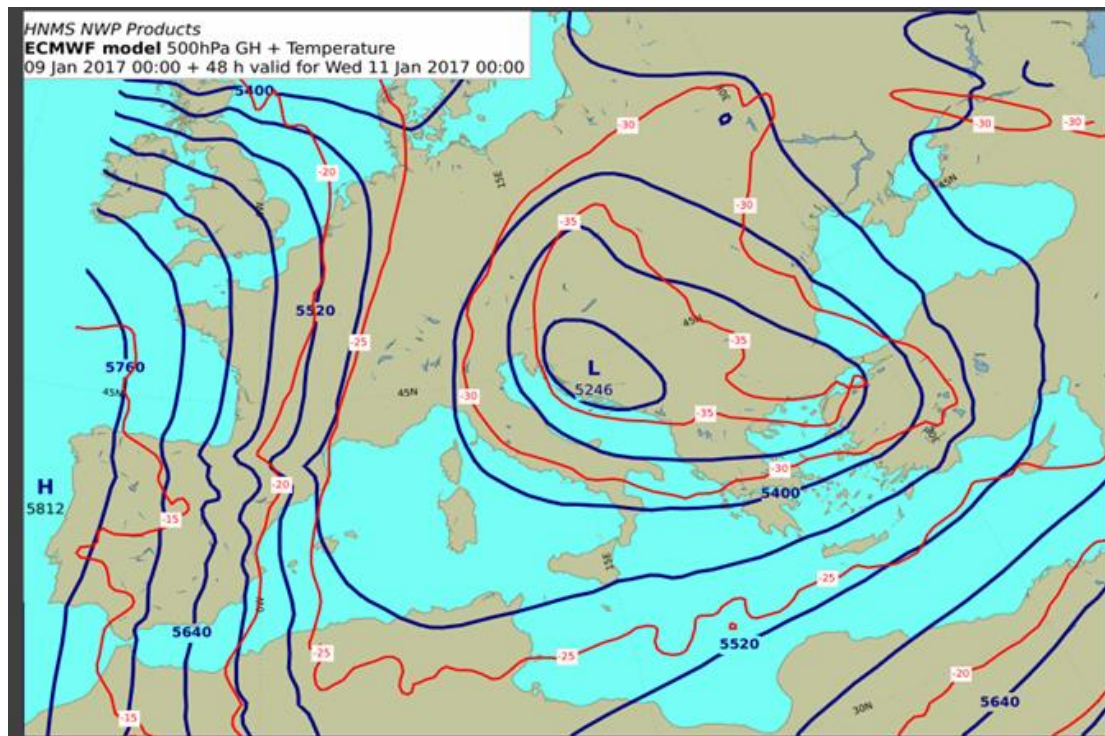


**Σχήμα 4.18:** Χάρτες 500hPa, όπως προέκυψαν από το ECMWF **a)** 10 Ιανουαρίου 2017, 03:00 UTC **b)** 10 Ιανουαρίου 2017, 15:00 UTC.

Ουσιαστικά, αυτή η παραμονή του συστήματος πάνω από την Ευρώπη, με άξονα πάνω από την Ελλάδα, στροβιλίζει κυκλωναία την ψυχρή μάζα, ευνοώντας την ψυχρή μεταφορά. Παράλληλα, το σύστημα με τη μεγάλη του έκταση, στέλνει την λιγότερο ψυχρή και υγρή μάζα της Αφρικής προς τα βορειοανατολικά. Ως αποτέλεσμα οι δύο διαφορετικές μάζες συγκλίνουν πάνω από την Ελλάδα, προκαλώντας το σχηματισμό μετώπου συνοδευόμενο από χιονοπτώσεις και καταιγίδες.

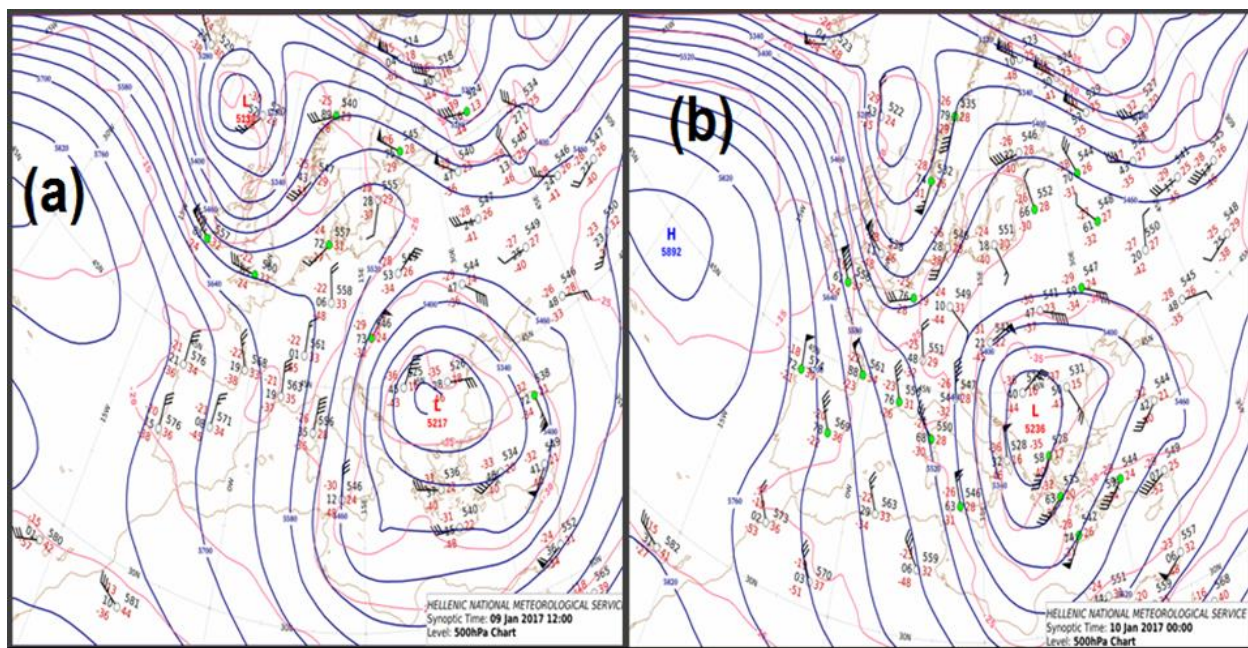
Τέλος στις 11 Ιανουαρίου 2017 (Σχήμα 4.19), έχει γίνει ανατολικός με νότιους ανέμους στο ύψος της Ελλάδας. Πρόκειται για το στάδιο που το σύστημα οδεύει βορειοανατολικά, με τα φαινόμενα σταδιακά να εξασθενούν. Μπορεί το χαμηλό να φαίνεται ακόμη πάνω από την Ελλάδα, αλλά σε κατώτερες επιφάνειες φάνηκε να αποχωρεί προς τον Εύξεινο Πόντο.





Σχήμα 4.19: Χάρτης 500hPa, όπως προέκυψε από το ECMWF για τις 11 Ιανουαρίου 2017, 00:00 UTC.

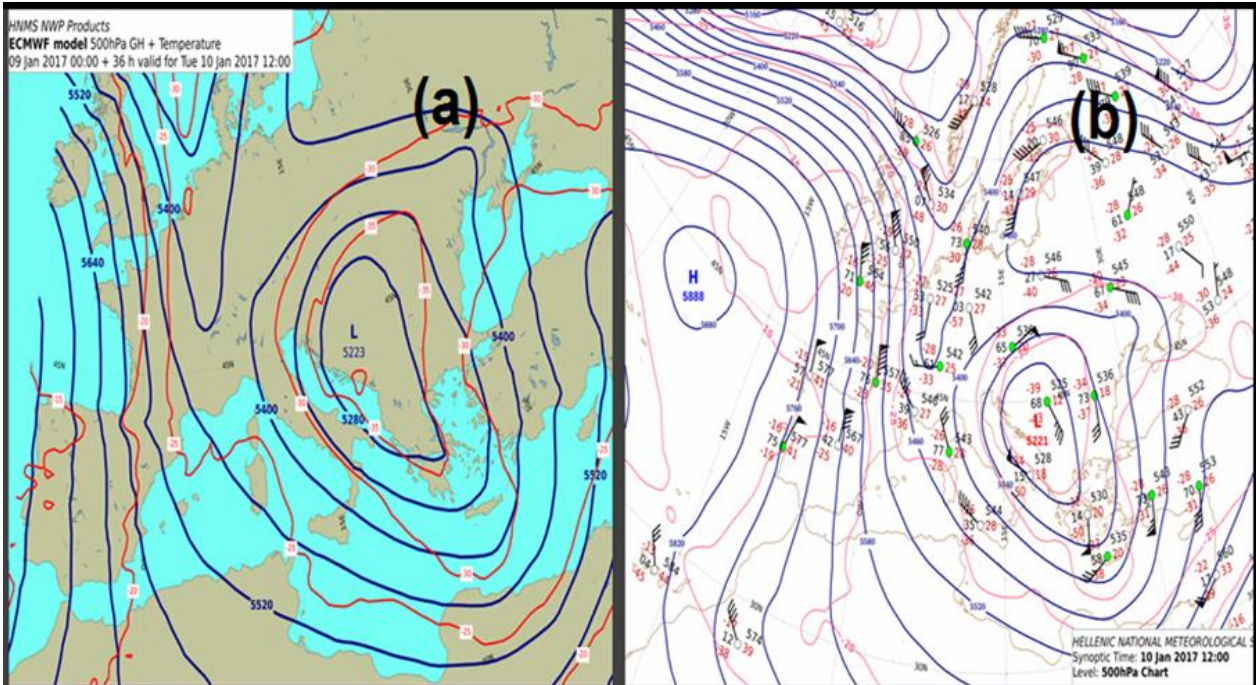
Η ανάλυση των συνοπτικών χαρτών των 500hPa που προέκυψαν από την ΕΜΥ είναι σε συμφωνία με το μοντέλο του ECMWF. Στις 09 Ιανουαρίου 12:00 UTC (Σχήμα 4.20α) φαίνεται το χαμηλό με τους δύο άξονες πάνω από τη Ρουμανία, ενώ εντός 12 ωρών (Σχήμα 4.20b) έχει σχηματιστεί και ο άξονάς του είναι νοτιοδυτικός, με την Ελλάδα να βρίσκεται κάτω από θετική μεταφορά στροβιλισμού. Επιπλέον, φαίνονται οι έντονοι άνεμοι από 35 μέχρι και 55 κνoτς πάνω από το Αιγαίο και την Κρήτη.



Σχήμα 4.20: Ανάλυση 500hPa όπως προέκυψε από ΕΜΥ α) 9 Ιανουαρίου 2017 12:00 β) 10 Ιανουαρίου 2017 00:00.



Ο συνοπτικός χάρτης για τις 10 Ιανουαρίου 12:00 (Σχήμα 4.21a) σε συμφωνία με τον αντίστοιχο του ECMWF (Σχήμα 4.21b), απεικονίζει το σύστημα να έχει αποκτήσει τον νοτιοανατολικό του άξονα, ο οποίος βρίσκεται ακριβώς πάνω από την Ελλάδα με το μέγιστο του στροβιλισμού και όλα τα σχετικά καιρικά φαινόμενα που προαναφέρθηκαν.



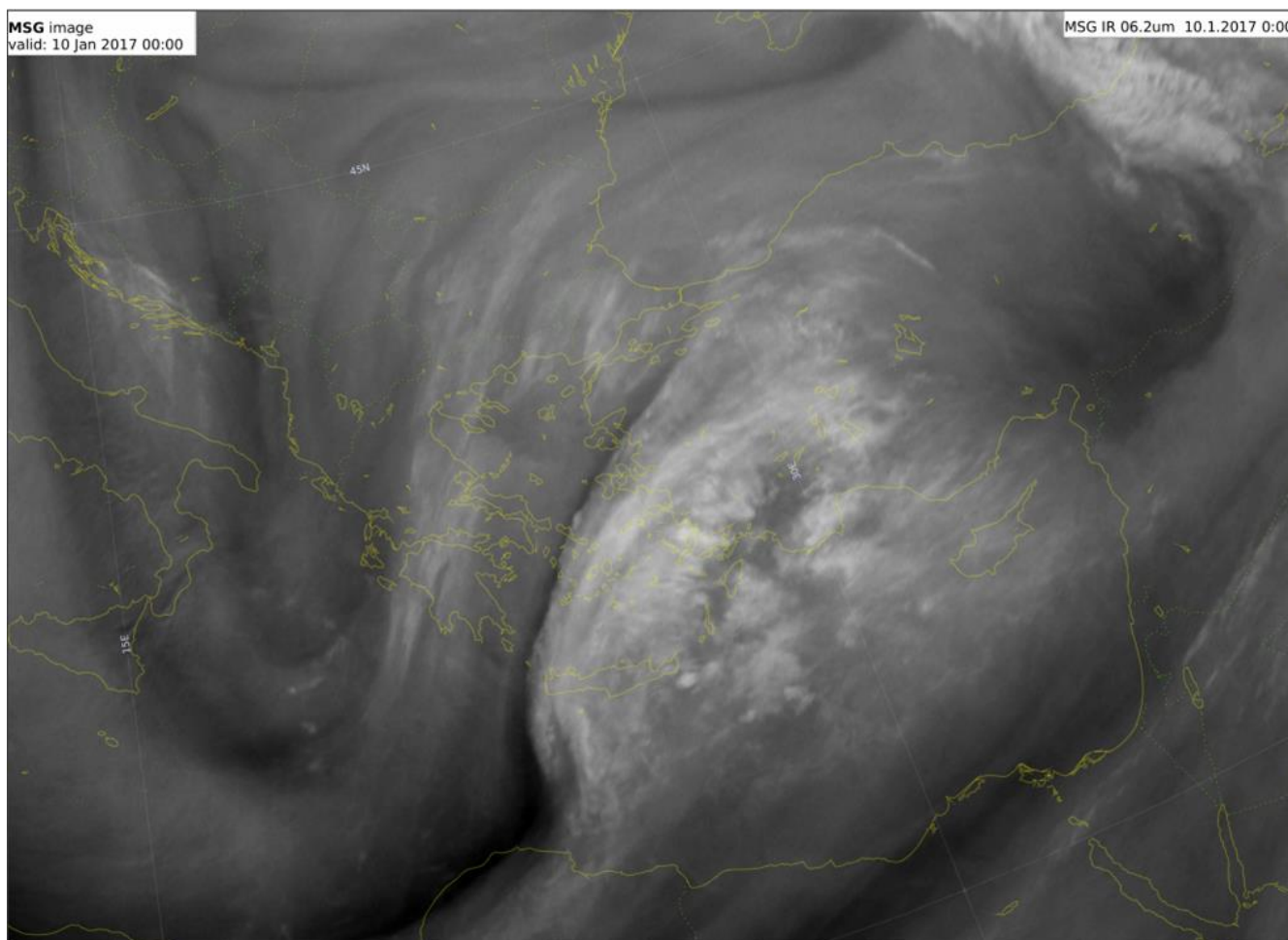
**Σχήμα 4.21:** a) Χάρτης 500hPa, από το ECMWF για τις 10 Ιανουαρίου 12:00 b) Ανάλυση 500hPa από EMY 10 Ιανουαρίου 12:00.

Αφού το σύστημα αποχωρήσει προς τα βορειοανατολικά (προς τον Εύξεινο πόντο), τα φαινόμενα σύμφωνα και με το δελτίο της EMY σταδιακά υποχωρούν και περιορίζονται στα νησιά του Βόρειου και ανατολικού Αιγαίου. Εκεί πλέον πραγματοποιείται αρνητική μεταφορά στροβιλισμού καθώς ο άξονας της trough ουσιαστικά βρίσκεται πάνω από την Τουρκία (Σχήμα 4.19).

## 4.4 Εικόνες δορυφόρου

### 4.4.1 Κανάλι των υδρατμών

Το κανάλι των υδρατμών ανήκει στο φασματικό εύρος του ορατού και αντιστοιχεί περίπου στα 6,3μm. Οι εικόνες του καναλιού των υδρατμών βοηθούν στη διάκριση περιοχών με σχεδόν μηδενική (γκρι σκούρο) έως και ιδιαίτερα υψηλή (γκρι ανοιχτό) περιεκτικότητα σε υδρατμούς.



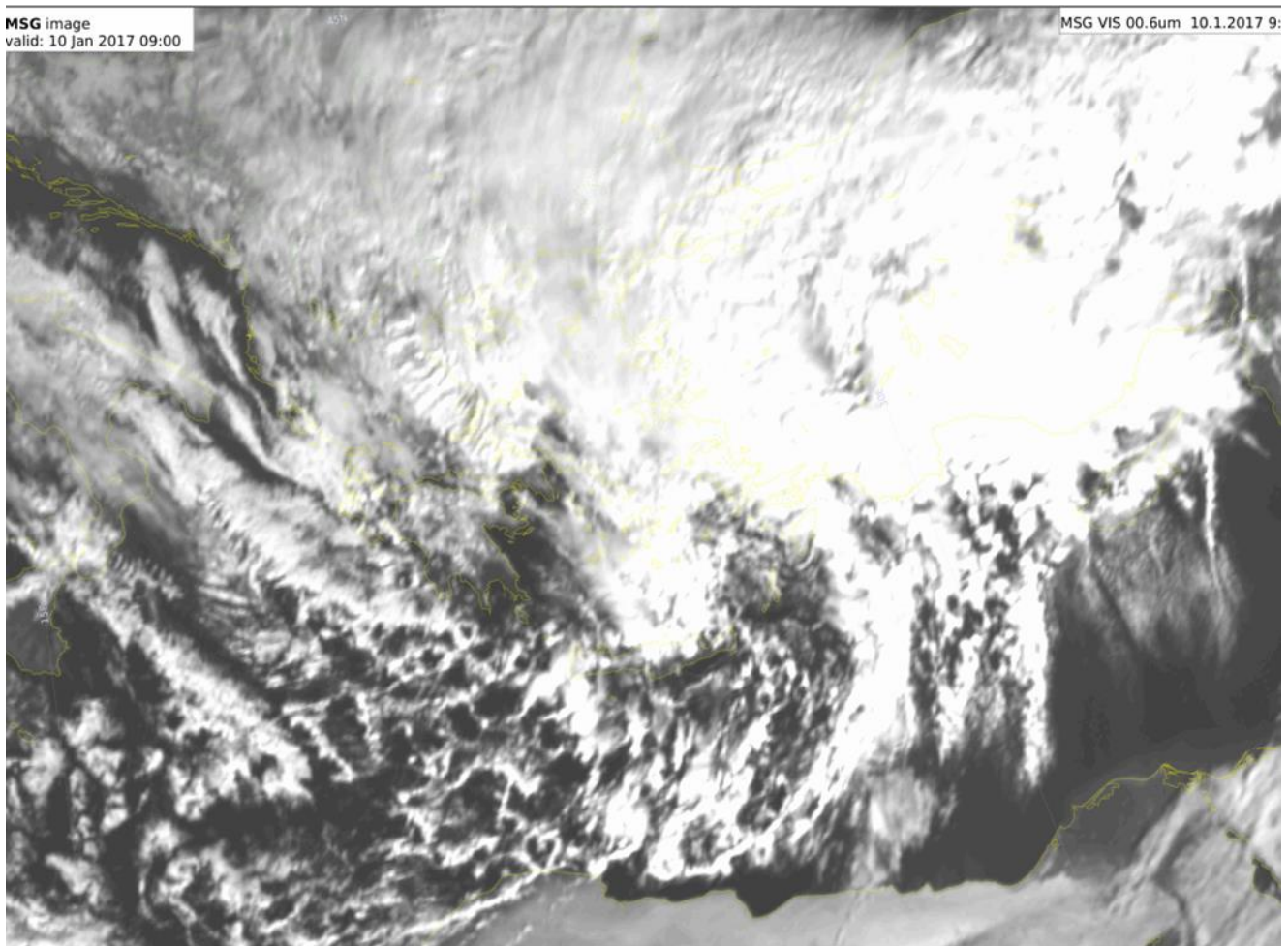
Σχήμα 4.22 Αποτύπωση της ελλαδικής περιοχής στο κανάλι των υδρατμών, 10 Ιανουαρίου 2017 00 UTC.

Για την εικόνα που λήφθηκε στις 10 Ιανουαρίου 2017 00:00 UTC (Σχήμα 4.22), είναι φανερή η περιοχή όπου γίνεται η σύγκλιση της ψυχρής ξηρής αέριας μάζας από το Βορρά και της θερμότερης και υγρής αέριας μάζας από την Αφρική. Η περιοχή που είναι πιο λευκή και σχηματίζει αυτή τη «ζώνη» με έκταση στο Αιγαίο, είναι πλούσια σε υδρατμούς, αφού η θερμή μάζα ολισθαίνει πάνω από την ψυχρή, υφίσταται συμπύκνωση και δημιουργούνται υδρατμοί. Επιπλέον η περιοχή αυτή είναι θέση ύφεσης, όπως θα φανεί και στο κανάλι του ορατού. Το βαρομετρικό χαμηλό, λόγω σύγκλισης στην επιφάνεια, δημιουργεί κατακόρυφη απόκλιση αέριων μαζών (ανοδικές κινήσεις) οδηγώντας έτσι στη συμπύκνωση και δημιουργία υδρατμών. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι σ' αυτό το κανάλι η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε υδρατμούς που φαίνεται, είναι μεταξύ των επιπέδων πίεσης 700-

300hPa. Σε συμφωνία με τα παραπάνω και με το δελτίο τύπου της ΕΜΥ, σημειώθηκαν χιονοπτώσεις στην κεντρική και ανατολική Μακεδονία, τη Θράκη την Ανατολική Θεσσαλία, τις Σποράδες, την κεντρική και ανατολική Στερεά, την Εύβοια, το βόρειο και ανατολικό Αιγαίο, την Πελοπόννησο τις Κυκλάδες και την Κρήτη. Επιπλέον καταιγίδες σημειώθηκαν στη Νότια Πελοπόννησο, την Κρήτη τα Δωδεκάνησα, τις Κυκλάδες και τα νησιά του Ανατολικού Αιγαίου. Γενικά, φαίνεται η έντονη δραστηριότητα υετού (χιονοπτώσεις και καταιγίδες) που σημειώθηκε στις 9 και 10 Ιανουαρίου 2017 και οι συνθήκες κακοκαιρίας που επικράτησαν.

#### 4.4.2 Κανάλι ορατού (0.58 - 0.68 $\mu\text{m}$ )

Στο κανάλι του ορατού, θα εντοπιστούν οι υφέσεις, οι οποίες στο κανάλι των υδρατμών φαίνονται λευκές λόγω υψηλής περιεκτικότητας σε υδρατμούς.



**Σχήμα 4.23** Αποτύπωση της ελλαδικής περιοχής στο κανάλι του ορατού, 10 Ιανουαρίου 2017 09 UTC.

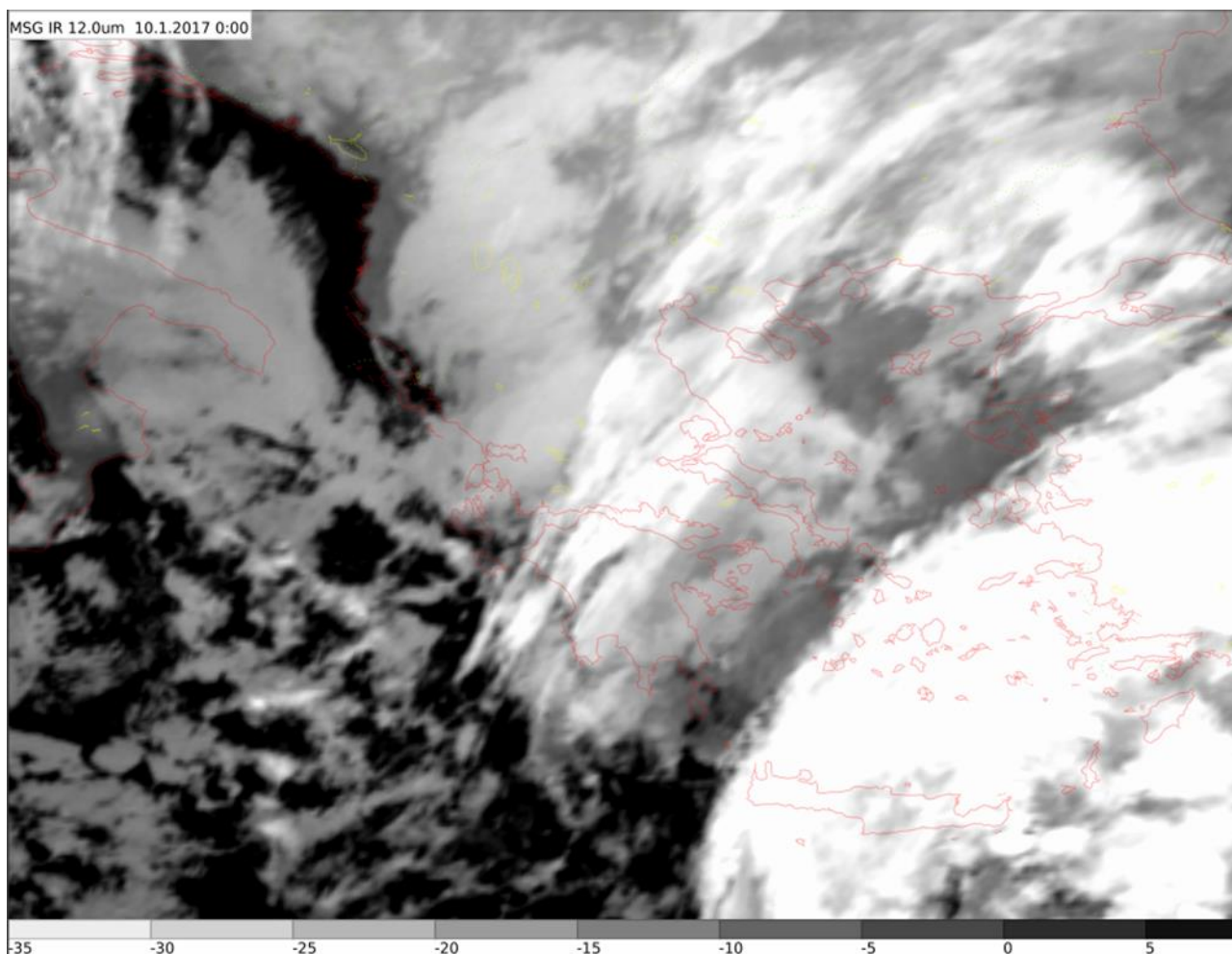
Παρατηρείται η ύφεση και η παρουσία πολλών νεφών πάνω από το Αιγαίο Πέλαγος, τη Θράκη και τη Μακεδονία (Σχήμα 4.23). Περιοχές που εμφανίζονται ιδιαίτερα λευκές στο κανάλι του ορατού, ίσως να μην εμφανίζονται λευκές στο κανάλι των υδρατμών (δηλαδή με



υψηλή περιεκτικότητα σε υδρατμούς), όπως για παράδειγμα πάνω από την Τουρκία. Αυτό συμβαίνει διότι τα νέφη που φαίνονται στο κανάλι του ορατού, ενδεχομένως να βρίσκονται κάτω από το επίπεδο πίεσης των 700hPa και συνεπώς να μην υπάρχουν στο κανάλι των υδρατμών. Επιπλέον είναι φανερή η ύφεση πάνω από τη βόρεια Ελλάδα, αλλά και τη Βουλγαρία. Αυτό έρχεται σε συμφωνία με την ανάλυση που έγινε από τους χάρτες του μοντέλου ECMWF στα 850hPa και 500hPa (Σχήμα 4.10 και Σχήμα 4.18 αντίστοιχα), καθώς παρατηρούνται συστήματα στις αντίστοιχες περιοχές.

#### 4.4.3 Κανάλι θερμικού υπέρυθρου (11.5 - 12.5 μm)

Στην εικόνα του θερμικού υπέρυθρου καταγράφεται η ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια της Γης, τα νέφη (τις κορυφές τους) και αέριες χημικές ενώσεις που αποτελούν συστατικά της ατμόσφαιρας. Οι σκουρόχρωμες περιοχές αντιστοιχούν σε υψηλές θερμοκρασίες επιφάνειας ενώ οι λευκές περιοχές σε νέφη ψυχρά και κατά συνέπεια χαμηλά.



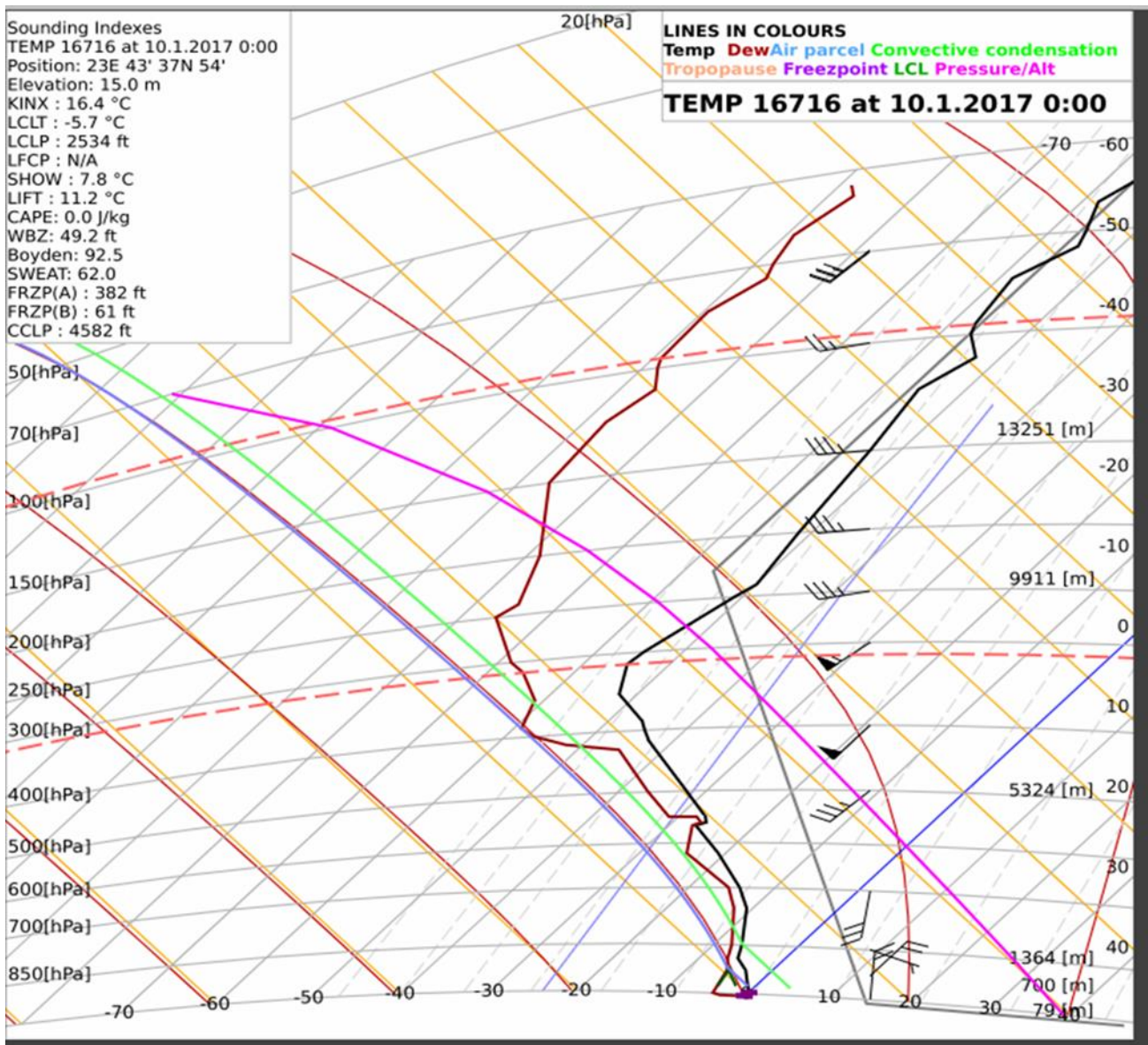
**Σχήμα 4.24** Αποτύπωση της ελλαδικής περιοχής στο κανάλι του θερμικού υπέρυθρου, 10 Ιανουαρίου 2017 00 UTC.

Στο σχήμα 4.24, πάνω από την Κεντρική Ελλάδα (Βόρεια Εύβοια, Μακεδονία, Στερεά και βορειοδυτική Πελοπόννησος) το έντονο λευκό χρώμα, υποδηλώνει την ύπαρξη ψυχρών

νεφών με μεγάλη περιεκτικότητα σε παγοκρυστάλλους οι οποίοι λόγω της μεγάλης λευκαύγειάς τους ανακλούν την υπέρυθη ακτινοβολία με αποτέλεσμα το εν λόγω λευκό χρώμα στην εικόνα. Αυτό έρχεται σε συμφωνία με τις χιονοπτώσεις που σημειώθηκαν και προαναφέρθηκαν. Επιπλέον στην περιοχή σύγκλισης των δύο αέριων μαζών παρατηρούνται ψυχρά νέφη με κατακόρυφη δομή. Οι περιοχές στο Θρακικό πέλαγος και στο βόρειο Αιγαίο εμφανίζονται λίγο γκριζωπές και στο κανάλι του υπέρυθρου και στο κανάλι των υδρατμών, ενώ εμφανίζονται ολόλευκες στο κανάλι του ορατού. Αυτό σημαίνει ότι στην περιοχή αυτή, υπάρχουν χαμηλότερα νέφη. Τέλος, το έντονο λευκό χρώμα που φαίνεται σε διάφορες περιοχές στο σχήμα 4.24, σημαίνει την ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό συμφωνεί με τις χαμηλές θερμοκρασίες που σημειώθηκαν στις 09-10 Ιανουαρίου. Μάλιστα σύμφωνα και με το δελτίο τύπου της ΕΜΥ, σημειώθηκε παγετός, ο οποίος στα κεντρικά και βόρεια ηπειρωτικά ήταν ολικός.

#### 4.5 ΤΕΦΙΓΡΑΜΜΑ

Το τεφίγραμμα είναι ένα θερμοδυναμικό διάγραμμα με βασικούς άξονες τη θερμοκρασία (T) και την εντροπία (S). Συμβάλλει στην πρόγνωση φαινομένων μέσης κλίμακας και στη διαδικασία ανάλυσης των αέριων μαζών καθώς και στην παρακολούθηση του μετασχηματισμού που υφίστανται κατά την κίνησή τους. Το εν λόγω διάγραμμα που χαράχθηκε για τις 10 Ιανουαρίου 2017 00:00 από τη ραδιοβόληση στο μετεωρολογικό σταθμό του Ελληνικού (23°43' E 37°54' N), φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 4.25 Τεφίγραμμα όπως προέκυψε για τις 10 Ιανουαρίου 2017 00:00

KINX:16.4°C

Ο δείκτης KINX ( $T_{850} + T_{d850} - T_{500} - T_{700} - T_{d700}$  °C) χρησιμεύει στην πρόγνωση καταιγίδων. Όσο μεγαλύτερη τιμή έχει, τόσο καλύτερη η πιθανότητα καταιγίδας. Η τιμή

16.4°C, αντιστοιχεί σε πιθανότητα να εμφανιστεί καταιγίδα, περίπου 20%. Αυτό είναι λογικό, αφού στην Αττική στις 10 Ιανουαρίου, σημειώθηκαν παροδικές χιονοπτώσεις.

LCLT: -5.7°C

LCLP: 2534 ft

Το ύψος στο οποίο η αέρια μάζα πάνω από την Αττική, θα γίνει κορεσμένη (δηλαδή η τάση των υδρατμών θα είναι μέγιστη και η σχετική υγρασία θα είναι 100%), ονομάζεται στάθμη συμπύκνωσης (Lifting Condensation Level). Συγκεκριμένα, είναι 2534 ft, ή 772.4 m, και θα αποτελεί τη βάση των νεφών. Αφού η βάση τους είναι περίπου στα 700m, πρόκειται για Κατώτερα νέφη. Δεδομένων των συνθηκών που επικράτησαν, πιθανοί είναι οι στρωματοσρωείτες (Stratocumulus, Sc) ή τα μελανοστρώματα (Nimbostratus, Ns). Τα πρώτα, αποτελούνται από νεφοσταγονίδια και παγοκρυστάλλους, ενώ μπορεί να προκαλέσουν βροχόπτωση ή χιονόπτωση ασθενούς έντασης. Τα δεύτερα, είναι τα πιο βροχοφόρα και η βροχή ή το χιόνι που παράγουν, έχουν μικρή ένταση αλλά μεγάλη διάρκεια. Προφανώς αυτά δεν είναι τα μόνα νέφη, όπως φάνηκε και στις εικόνες δορυφόρου. Σε μεγαλύτερα υψόμετρα αναμένονται άλλου είδους νέφη και μάλιστα κατακόρυφης ανάπτυξης όπως υψιστρώματα (Altostratus, As). Το γεγονός ότι η στάθμη συμπύκνωσης ξεκινά περίπου στα 700m (ή αλλιώς η αέρια μάζα γίνεται κορεσμένη στους - 5.7°C), δείχνει ότι η συμπύκνωση ξεκινά από μικρό ύψος.

SHOW : 7.8 °C

Ο δείκτης showalter index ( $T_{500} - T'_{850} > 500$ ), έχει την τιμή 7.8°C, η οποία δεν αντιστοιχεί σε μεγάλη πιθανότητα για καταιγίδα. Αυτό έρχεται σε συμφωνία με τον δείκτη KINX, αφού στην Αττική σημειώθηκε χιονόπτωση. Επιπλέον, η σχετικά μεγάλη τιμή του υποδηλώνει συνθήκες ευστάθειας.

LIFT : 11.2 °C

Ο δείκτης αυτός αποτελεί παράμετρο για τις συνθήκες ευστάθειας στην ατμόσφαιρα. Η θετική του τιμή υποδηλώνει ευσταθή ατμόσφαιρα, και άρα έρχεται σε συμφωνία με το δείκτη SHOW.

CAPE : 0.0 J/kg

Πρόκειται για την ενέργεια (Convective Available Potential Energy ) που είναι διαθέσιμη σε ένα δείγμα αέρα, όταν αυτό έχει φτάσει στο επίπεδο ελεύθερης κατακόρυφης μεταφοράς (Level of free convection). Η τιμή 0.0 J/kg, δηλώνει συνθήκες ευστάθειας.

#### SWEAT : 62.0

Ο δείκτης αυτός συνδυάζει αρκετές παραμέτρους και χαρακτηρίζει την πιθανότητα για ακραία καιρικά φαινόμενα (Severe Weather Threat). Η τιμή 62.0 δηλώνει μικρή πιθανότητα εμφάνισης.

FRZP (A) : 382 ft

FRZP (B) : 61 ft

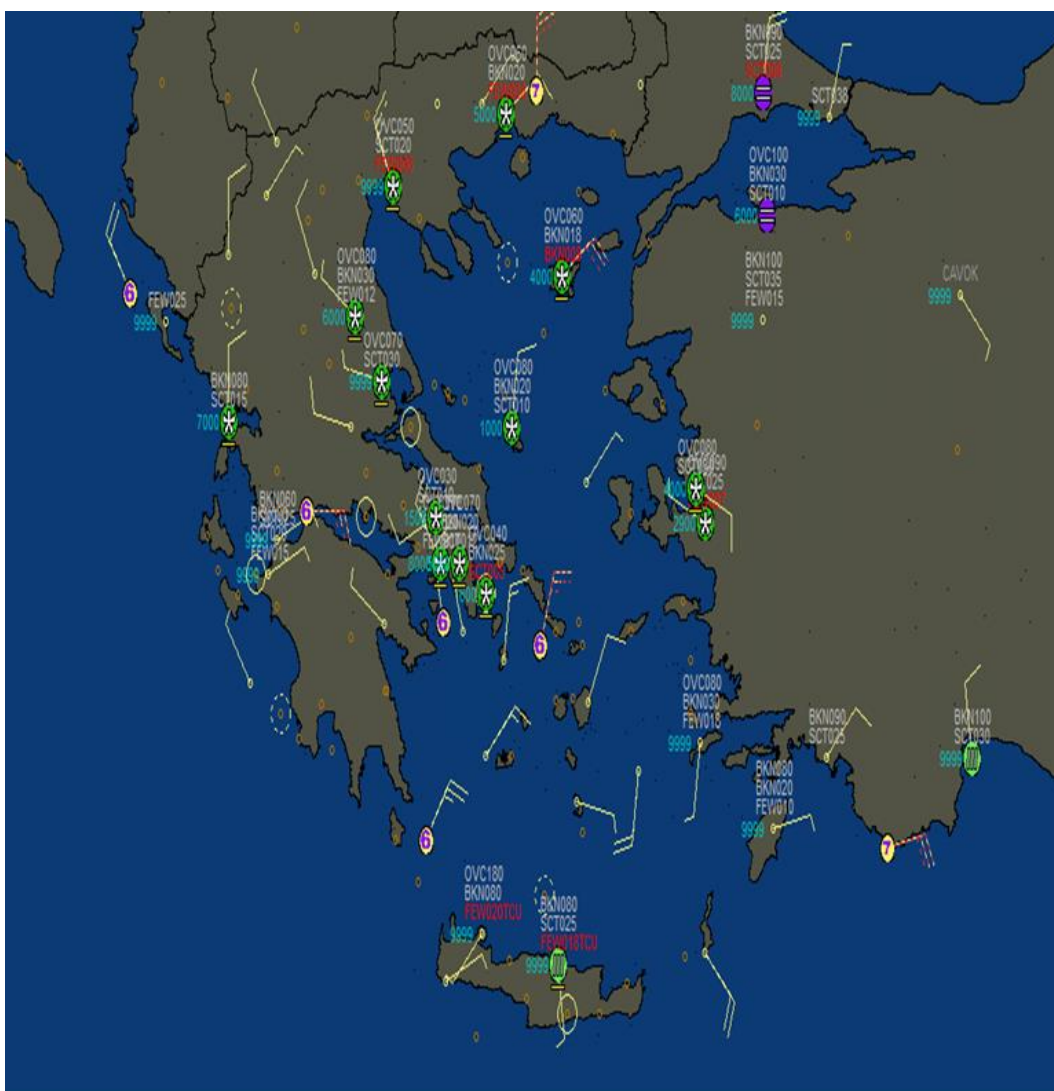
Η στάθμη παγοποίησης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο αν η βροχή θα πέσει στο έδαφος με τη μορφή χιονιού. Η πρώτη αντιστοιχεί περίπου σε 116m, δηλαδή σχεδόν στο ΑΟΣ, ενώ η βάση των νεφών βρίσκεται αρκετά ψηλότερα (700m). Έτσι τεκμηριώνεται το γεγονός ότι η βροχή πέφτει από τα σύννεφα και λόγω της ψυχρής μάζας και των συνθηκών που επικρατούν, καταλήγει στο έδαφος με τη μορφή χιονιού.

Τα χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας που προέκυψαν από το παραπάνω διάγραμμα, είναι η ευσταθής στρωμάτωση, η χαμηλή θερμοκρασία της αέριας μάζας και η αυξημένη υγρασία της. Πράγματι, η αέρια μάζα εμπλουτίστηκε με υγρασία από τον κόλπο του Σαρωνικού, είχε μεγαλύτερη θερμοκρασία από το περιβάλλον της (θερμότερη από το νότο, ψυχρή από το βορρά) και κατά την κατακόρυφη επιβράδυσή της (ευστάθεια) επέφερε χιονόπτωση στην Αττική.



#### 4.6 ΚΑΙΡΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

Το έκτατο δελτίο επιδείνωσης καιρού της Εθνικής μετεωρολογικής υπηρεσίας για τις ημέρες 9-11 Ιανουαρίου 2017, παρουσίαζε φαινόμενα που θα επηρεάσουν το μεγαλύτερο μέρος της χώρας και θα συνεχιστούν με αμειώτη ένταση μέχρι και τις βραδινές ώρες της Τρίτης 10 Ιανουαρίου. Παρακάτω φαίνονται οι χάρτες απεικόνισης πραγματικών δεδομένων.



Σχήμα 4.26 Real time Weather Χάρτης 10 Ιανουαρίου 2017, 00:00 UTC

Όπως φαίνεται στις 10 Ιανουαρίου 2017 00:00 (Σχήμα 4.26) στην Αττική, στην ανατολική Θεσσαλία και στη Θεσσαλονίκη σημειώνονται χιονοπτώσεις. Ο άνεμος στο Αιγαίο είναι νότιος-νοτιοδυτικός, ενώ στην ηπειρωτική Ελλάδα νοτιοανατολικός. Στα Δωδεκάνησα φαίνεται βόρειος. Επιπλέον καταγράφονται φαινόμενα έντονης νέφωσης σε όλα τα μέρη της Ελλάδας.



Σχήμα 4.27 Real time Weather Χάρτης 10 Ιανουαρίου 2017, 00:00 UTC

Στο σχήμα 4.27 φαίνεται η κατάσταση στην Ελλάδα μετά την υποχώρηση των φαινομένων χιονόπτωσης. Η νέφωση εξακολουθεί να είναι έντονη και ο άνεμος είναι νοτιοδυτικός στο Αιγαίο και βορειοδυτικός στη Μακεδονία και τη Θεσσαλία.

Από τους χάρτες αυτούς, γίνεται φανερό ότι η πρόγνωση του δελτίου τύπου της Εθνικής Μετεωρολογικής υπηρεσίας ήταν έγκυρη. Τα φαινόμενα διήρκησαν από τη Δευτέρα 09 Ιανουαρίου 2017 έως την Τετάρτη 11 Ιανουαρίου 2017.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία, μελετήθηκε συνοπτικά η κατάσταση πάνω από την Ελλάδα και η δομή της ατμόσφαιρας, για μια περίπτωση κακοκαιρίας με χαμηλές θερμοκρασίες, καταιγίδες και έντονες χιονοπτώσεις στην Ελλάδα, συμπεριλαμβανομένης και της Αττικής, στις 09-11 Ιανουαρίου 2017. Συγκεκριμένα, σημειώθηκαν χιονοπτώσεις κατά τόπους πυκνές στη Μακεδονία τη Θράκη, την ανατολική Θεσσαλία, τις Σποράδες, τη Στερεά, την Εύβοια, το βορειοανατολικό Αιγαίο και χιονοπτώσεις κατά περιόδους στην Πελοπόννησο, τις Κυκλάδες και την Κρήτη. Τοπικές καταιγίδες σημειώθηκαν στη νότια Πελοπόννησο, την Κρήτη τα Δωδεκάνησα και το νοτιοανατολικό Αιγαίο. Για τη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν συνοπτικοί χάρτες επιφανείας, 850hPa, 500hPa, καθώς και οι αντίστοιχοι χάρτες όπως προέκυψαν από το μοντέλο ECMWF, τεφιγράμματα, real time weather χάρτες και εικόνες δορυφόρου, τα οποία χορηγήθηκαν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν είναι τα εξής:

- Η περίπτωση αυτή χαρακτηρίζεται ως περίπτωση Α με βάση την κατηγοριοποίηση του Prezerakos and Angouridakis (1984). Από τη μελέτη των χαρτών επιφανείας προέκυψε ότι δημιουργήθηκε ένα βαρομετρικό χαμηλό στην Ουγγαρία κι ένα βαρομετρικό χαμηλό στη Λιβύη. Το πρώτο, κινούμενο νότια προς την Ελλάδα, συναντήθηκε με το δεύτερο το οποίο κινούνταν βορειοανατολικά. Τα δύο συστήματα ενώθηκαν στις 10 Ιανουαρίου 2017 πάνω από την περιοχή του Αιγαίου, προκαλώντας ισχυρή βαροβαθμίδα, με βόρειους ανέμους στο Ιόνιο που χαρακτηρίστηκαν μέτριοι ως ισχυροί και νότιους ανέμους στο ανατολικό Αιγαίο, που χαρακτηρίστηκαν σχεδόν θυελλώδεις.
- Η περίπτωση χαρακτηρίστηκε από έντονη ψυχρή μεταφορά από το Βορρά και θερμή μεταφορά από το Νότο, πριν την εκδήλωση των καιρικών φαινομένων.
- Σημαντικό ρόλο έπαιξε ο σχηματισμός δύο μετώπων πάνω από την Ελλάδα, με χρονική διαφορά περίπου 6 ωρών: ένα θερμό πάνω από το Αιγαίο και ένα ψυχρό πάνω από το Ιόνιο.
- Πραγματοποιήθηκε σύγκλιση της ψυχρής και της θερμότερης αέριας μάζας πάνω από την Ελλάδα, η οποία όμως δεν ήταν πολύ ισχυρή και για το λόγο αυτό η χιονόπτωση δεν δημιούργησε ιδιαίτερα προβλήματα στην Αττική. Ο ηπειρωτικός ψυχρός και ξηρός άνεμος που έρχεται από τα Βόρεια, συναντά το θερμό μέτωπο με θαλάσσιο αέρα που έχει εμπλουτιστεί με υγρασία από τον κόλπο του Σαρωνικού με αποτέλεσμα η θερμή μάζα να ολισθαίνει πάνω στην ψυχρή, γίνεται συμπύκνωση υδρατμών, δημιουργία νεφών και υετού, προκαλώντας έτσι τα προαναφερθέντα φαινόμενα.
- Η επιφανειακή κυκλοφορία υποστηρίχθηκε στην ανώτερη τροπόσφαιρα από μια trough πάνω από τη Σερβία και τη Ρουμανία κινούμενη νότια, με τον άξονά της πάνω από την Ελλάδα, με νοτιοδυτική κλίση αρχικά και στη συνέχεια με νοτιοανατολική κλίση (κυκλωνική περιστροφή), και ισχυρή μεταφορά

στροβιλισμού), ενώ το όλο σύστημα παρουσιάζει βαροκλινικό χαρακτήρα.

- Η ατμόσφαιρα πάνω από την Αθήνα, χαρακτηρίζεται από ευσταθή στρωμάτωση, χαμηλές θερμοκρασίες και αυξημένες τιμές υγρασίας.

## **Βιβλιογραφία**

Φλόκας Α. Α., 1997: Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Εκδόσεις ΖΗΤΗ

Πρεζεράκος Ν., 1984: Δομή της ατμόσφαιρας κατά τη διάρκεια των χιονοπτώσεων στην Αθήνα

Prezerakos N. G., and Angouridakis V.E., 1984: Synoptic consideration of snowfall in Athens

Βαρώτσος Κ., 2011: Ειδικά Κεφάλαια Ατμοσφαιρικής Φυσικής και Χημείας, Εφαρμογές στο κλιματικό σύστημα

Antonio Rubert Godoy, 2003: Topographic and meteorological influences on spatial scaling of heavy convective rainfall in mountainous regions

ziakopoulos.blogspot.gr

<http://www.hnms.gr>

[www.livescience.com](http://www.livescience.com)

[www.water.usgs.gov](http://www.water.usgs.gov)

