

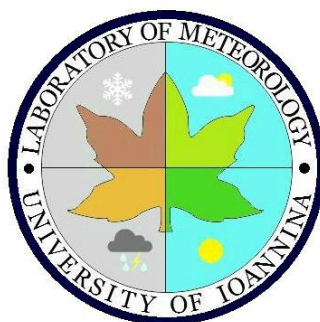
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ
ΠΜΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μελέτη της επίδρασης της Εύβοιας στις
χιονοπτώσεις της Αττικής**

Μιχαήλ Σπυράκης

Επιβλέπων καθηγητής: Χρήστος Λώλης



Ιωάννινα 2022

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία που έχει τίτλο «Μελέτη της επίδρασης της Εύβοιας στις χιονοπτώσεις της Αττικής» εκπονήθηκε στο εργαστήριο της μετεωρολογίας του τμήματος Φυσικής των Ιωαννίνων τα ακαδημαϊκά έτη 2020-2021. Η επιτυχής ολοκλήρωση της εργασίας ήταν εφικτή με την χρήσιμη καθοδήγηση του κ. Χρήστου Λώλη, καθώς και με την επεξεργασία δεδομένων σε διάφορα στάδια της εργασίας που έγινε από τον κ. Δημήτρη Χάσκο, και τους ευχαριστώ για την βοήθειά τους. Χωρίς την συνδρομή των δύο παραπάνω προσώπων, η ολοκλήρωση της εργασίας δεν θα ήταν εφικτή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ	2
1.1 Εισαγωγή.....	2
1.2 Μετεωρολογικές Παράμετροι.....	3
1.2.1 Γεωδυναμικό ύψος.....	3
1.2.2 Θερμοκρασία αέρα.....	3
1.2.3 Βασικοί δείκτες υγρασίας.....	3
1.2.4 Κατακόρυφη θερμοβαθμίδα αέρα.....	4
1.2.5 Νέφωση.....	4
1.2.6 Καταβατικοί άνεμοι και κύματα όρους.....	6
1.2.7 Βαρομετρικά συστήματα.....	7
1.2.8 Αέριες μάζες.....	8
1.2.9 Μέτωπα.....	9
1.2.10 Χιόνι-Προϋποθέσεις χιονοπτώσεων.....	11
1.2.11 Χιονοπτώσεις στην Ελλάδα.....	13
1.2.12 Επίδραση της ορογραφίας στις χιονοπτώσεις.....	16
1.3 Σκοπός της εργασίας.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	18
2.1 Μοντέλο πρόγνωσης WRF.....	18
2.2 Επιλογή εξεταζόμενων γεωγραφικών περιοχών.....	20
2.3 Επιλογή επεισοδίων χιονόπτωσης.....	22
2.4 Επιλογή μετεωρολογικών παραμέτρων-Γεωμορφολογικές τροποποιήσεις.....	23
2.4.1 Μετεωρολογικές παράμετροι.....	23
2.4.2 Γεωμορφολογικές τροποποιήσεις.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	26
3.1 Πρώτη περίπτωση χιονοπτώσεων.....	26
3.2 Δεύτερη περίπτωση χιονοπτώσεων.....	45
3.3 Τρίτη περίπτωση χιονοπτώσεων.....	65
3.4 Τέταρτη περίπτωση χιονοπτώσεων.....	77
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	90
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	92

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, είναι να εξετάσει τις αλλαγές που θα υποστούν κάποιες μετεωρολογικές παράμετροι και ιδίως αυτή της χιονόπτωσης στην περιοχή της Αττικής, σε σενάρια μεταβολής του γεωμορφολογικού χαρακτήρα της Εύβοιας. Αρχικά έγινε επιλογή των περιπτώσεων επεισοδίων χιονόπτωσης στα ανατολικά προσήνεμα της χώρας με βάση τα δεδομένα των σταθμών του Τατοΐου, καθώς και των σταθμών της Κύμης, της Σέττας και της Στενής Ευβοίας. Κριτήριο για την επιλογή περιπτώσεων ήταν η ύπαρξη υετού στους σταθμούς της Εύβοιας, με ταυτόχρονη ύπαρξη καταγραφής χιονόπτωσης στον σταθμό του Τατοΐου. Οι σταθμοί της Εύβοιας είναι ιδιοκτησίας του Ε.Α.Α., ενώ τα δεδομένα του σταθμού του Τατοΐου εξήχθησαν από τα συνοπτικά τηλεγραφήματα μέσω της ιστοσελίδας meteomanz.com. Στην συνέχεια επιλέχθηκαν οι δύο γεωγραφικές περιοχές με ανάλυση 6*6km και 2*2km στις οποίες θα γίνουν αλλαγές στην γεωμορφολογία της Εύβοιας. Αφού επιλέχθηκαν οι περιοχές αυτές, εξετάστηκαν οι επιδράσεις στις χιονοπτώσεις της Αττικής που έχουν τέσσερα διαφορετικά σενάρια γεωμορφολογίας της Εύβοιας. Η προσομοίωση των ατμοσφαιρικών συνθηκών έγινε με το μοντέλο WRF. Στο πρώτο σενάριο αφαιρούμε εξ ολοκλήρου την Εύβοια και η περιοχή αυτή αποτελεί φυσική συνέχεια του Αιγαίου Πελάγους. Στο δεύτερο σενάριο η Εύβοια μετατρέπεται σε ένα πλατό-πεδιάδα με υψόμετρο 10 μέτρων από την μέση στάθμη θάλασσας. Το τρίτο σενάριο αποτελεί το μοναδικό στο οποίο τρέχουμε το μοντέλο με συνθήκες πραγματικού υψόμετρου της Εύβοιας. Τέλος, η Εύβοια μετατρέπεται σε μία μεγάλη οροσειρά, το υψόμετρο της οποίας αυξάνεται γραμμικά με την ελάχιστη απόσταση από την θάλασσα, και μέγιστη τιμή αυτού στα 3 km στην κορυφογραμμή της οροσειράς. Τα αποτελέσματα δείχνουν μια σημαντική εξάρτηση των διάφορων μετεωρολογικών παραμέτρων της Αττικής από την γεωμορφολογία της Εύβοιας κατά την διάρκεια χιονοπτώσεων και κυρίως αυτή της κατανομής του υετού.

The purpose of this dissertation is to examine the changes that will undergo some meteorological parameters and especially that of snowfall in the region of Attica, in different scenarios of geomorphology of Evia. Initially, the cases of snowfall episodes that affect the eastern mainland regions were selected, which was done with data from the stations of Tatoi, as well as the stations of Kimi, Setta and Steni. The criterion for the selection of cases was the existence of precipitation in the stations of Evia, with the simultaneous existence of a recording of snowfall in the station of Tatoi. The stations of Evia belong to the National Observatory of Athens, while the data of the Tatoi station can be extracted from the SYNOps obtained from website meteomanz.com. Then, two domains were selected with spatial resolution 6*6km and 2*2km in which the changes in the geomorphology of Evia will be made. Afterwards, four scenarios of geomorphology of Evia were chosen, in order to examine their influence on snowfall in Attica. The simulation of atmospheric conditions was performed with the WRF model. In the first scenario we completely remove Evia and the area is a natural continuation of the Aegean Sea. In the second scenario, Evia is transformed into a plateau-plain with an altitude of ten meters above mean sea level. The third scenario is the only one in which we run the model with real altitude conditions of Evia. In the latter scenario, Evia is transformed into a large mountain range, the altitude of which increases linearly with the distance from the sea, and it has a maximum value of 3 km on the ridge of the mountain range. The results show a significant dependence of the various meteorological parameters of Attica on the geomorphology of Evia during snowfall and mainly that of the distribution of precipitation.

1.1 Εισαγωγή

Ο καιρός είναι η κατάσταση της ατμόσφαιρας της Γης σε συγκεκριμένο τόπο, από την άποψη μεταβλητών όπως είναι αυτή της θερμοκρασίας της υγρασίας του ανέμου και της ατμοσφαιρικής πίεσης. Ο διαφορετικός συνδυασμός αυτών των μεταβλητών, είναι υπεύθυνος για τα διάφορα καιρικά φαινόμενα που μπορούν να επηρεάσουν μια περιοχή. Αυτά μπορεί να είναι η νέφωση διαφόρων ειδών, η βροχή, η καταιγίδα, το χαλάζι, το χιόνι κτλ.

Χιόνι είναι ο υετός σε μορφή παγοκρυστάλλων. Βρίσκεται μέσα στα σύννεφα στα οποία η θερμοκρασία είναι 0°C ή και χαμηλότερη. Οι παγοκρύσταλλοι χιονιού σχηματίζονται όταν οι υδρατμοί που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα συμπυκνώνονται κατευθείαν σε παγοκρυστάλλους, αφού έρθουν σε επαφή με πυρήνες συμπύκνωσης, ή όταν σταγόνες σε κατάσταση υπέρψυξης συναντηθούν με πυρήνες συμπύκνωσης και στερεοποιηθούν σε παγοκρυστάλλους.

Οι χιονοπτώσεις, δηλαδή η πτώση των νιφάδων του χιονιού έως το έδαφος, και ειδικά οι χιονοστρώσεις, που είναι η συσσώρευση του χιονιού που έχει πέσει στο έδαφος, παίζουν σημαντικό ρόλο στην καθημερινότητα των ανθρώπων. Αυτή μεταφράζεται με πολλούς τρόπους. Σε μια πόλη η χιονόστρωση επηρεάζει αρνητικά την δυνατότητα των μετακινήσεων, τόσο με οχήματα όσο και χωρίς αυτά, λόγω ολισθηρότητας του οδοστρώματος, ενώ σε αξιόλογες χιονοστρώσεις η μετακίνηση μπορεί να καταστεί τελείως αδύνατη. Στην γλωρίδα η χιονόστρωση μπορεί να προστατέψει από τις ακραία χαμηλές θερμοκρασίες που πιθανώς να υπάρξουν κατά την διάρκεια ενός επεισοδίου ψυχρής εισβολής, ενώ είναι το φαινόμενο που μεταβάλλει σημαντικά το οπτικό περιβάλλον. Τέλος το χιόνι σε ορεινές περιοχές μπορεί να βοηθήσει στην ανάπτυξη της οικονομίας, με άνοιγμα εγκαταστάσεων για αθλήματα χιονιού, όπως είναι το σκι και το σνούμπορντ, και γενικότερα την ανάπτυξη του χειμερινού τουρισμού.

Τα πρώτα χιόνια πέφτουν στις βόρειες χώρες της Ευρώπης σε πεδινές περιοχές ακόμα και στα μέσα του ημερολογιακού φθινοπώρου, ενώ η σταδιακή μετάβαση του φθινόπωρου στον χειμώνα έχει ως αποτέλεσμα περαιτέρω ψύχρανση της Ευρωπαϊκής ηπείρου, με τις ψυχρές αέριες μάζες να μπορούν να κατέβουν αρκετά νότια ώστε να επηρεάζουν ακόμα και την χώρα μας με χιονοπτώσεις έως τις πεδινές και παραθαλάσσιες περιοχές της.

Στην Ελλάδα συγκεκριμένα οι περισσότερες χιονοπτώσεις στις πεδινές της περιοχές σημειώνονται το τρίμηνο του χειμώνα. Παρά την μικρή της έκταση, η πολύ έντονη γεωμορφολογία της έχει ως αποτέλεσμα περιοχές που απέχουν κάποιες εκατοντάδες χιλιόμετρα σε ευθεία γραμμή, να δέχονται χιονοπτώσεις από πολύ διαφορετικούς τύπους καιρού. Έτσι στην χώρα μας έχουν γίνει προσπάθειες εύρεσης και ταξινόμησης των τύπων καιρού που δίνουν χιονοπτώσεις στις διάφορες περιοχές της, όπως για την περιοχή της Ηπείρου (Dafis et al., 2016), καθώς και για την περιοχή της Αττικής (Prezerakos et al., 1984).

Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με τις χιονοπτώσεις των ανατολικών προσήνεμων περιοχών της χώρας, και συγκεκριμένα με αυτές της Αττικής. Η Αττική δέχεται χιονοπτώσεις στις πεδινές της περιοχές επί των πλείστων με βορειοανατολικό ρεύμα, το οποίο φέρνει τις υγρές και ψυχρές αέριες μάζες που βρίσκονται στο Αιγαίο, με πρώτο υποδοχέα αυτών το νησί της Εύβοιας. Λόγω της ύπαρξης οροσειράς της Δίρφους στην Εύβοια, μέρος της υγρασίας από το Αιγαίο δεν περνάει στην Αττική. Έτσι ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει σε θεωρητικό επίπεδο, η επίπτωση της μεταβολής της γεωμορφολογίας της Εύβοιας, πάνω στην ποσότητα των χιονοπτώσεων στην περιοχή της Αττικής.

1.2 Μετεωρολογικές παράμετροι

Παρακάτω θα αναλυθούν μερικές βασικές έννοιες, οι οποίες εμπλέκονται άμεσα ή έμμεσα στην εργασία.

1.2.1 Γεωδυναμικό ύψος

Το έργο που παράγεται από την μονάδα μάζας για την ανύψωσή της από την στάθμη της επιφάνειας της θάλασσας έως ένα ύψος z , ονομάζεται γεωδυναμικό. Γεωδυναμικό ύψος είναι το ύψος ενός δεδομένου σημείου στην ατμόσφαιρα, σε μονάδες ανάλογες με τη δυναμική ενέργεια της μονάδας μάζας σε αυτό το ύψος σε σχέση με το επίπεδο της θάλασσας. Η εξίσωση που περιγράφει το μέγεθος αυτό είναι η εξής:

$$Z = \frac{1}{g_0} \int_0^z g dz' \quad (1.1)$$

όπου g_0 είναι η μέση τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης ($=9.81 \text{ ms}^{-2}$). Μονάδα μέτρησης είναι το γεωδυναμικό μέτρο, gpm και ισούται με 9.8J/kg .

1.2.2 Θερμοκρασία αέρα

Η θερμοκρασία είναι το μέτρο εκείνο με το οποίο προσδιορίζεται η θερμική κατάσταση των διαφόρων σωμάτων. Είναι το φυσικό μέγεθος που συνδέεται με την μέση κινητική ενέργεια των σωματιδίων ενός συστατικού, το οποίο χαρακτηρίζει το πόσο θερμό ή πόσο ψυχρό είναι αυτό. Όσο μεγαλύτερη είναι η κινητική ενέργεια των μορίων του συστατικού, τόσο μεγαλύτερη είναι και η θερμοκρασία του. Στην μετεωρολογία το συστατικό αυτό είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας. Η θερμοκρασία στην μετεωρολογία μετριέται σε διάφορες στάθμες της τροπόσφαιρας. Η σημαντικότερη στάθμη, είναι αυτή που βρίσκεται στο ισοβαρικό επίπεδο των 850 hPa . Αυτή βρίσκεται ανάλογα με τις ατμοσφαιρικές συνθήκες περίπου στα 1500 μέτρα από την μέση στάθμη της θάλασσας, και αποτελεί την μικρότερη κατακόρυφη απόσταση από την επιφάνεια της θάλασσας, στην οποία η θερμοκρασία του στρώματος αυτού είναι ανεξάρτητη από τις θερμικές επιρροές του εδάφους. Η ιδιότητα της θερμοκρασίας στην συγκεκριμένη στάθμη την καθιστά ιδιαίτερα χρήσιμη, καθώς στην μετεωρολογία χάρτες της μεταβλητής αυτής μπορούν να μας δείξουν την κατανομή των αερίων μαζών, των μετώπων καθώς και την πρόβλεψη αυτών, και άρα το που αναμένεται να ψυχρανθεί ή να θερμανθεί ο καιρός.

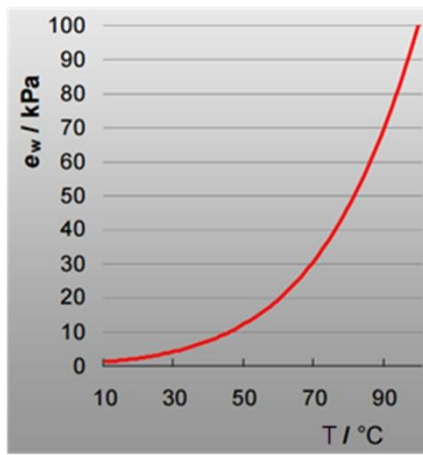
1.2.3 Βασικοί δείκτες υγρασίας

Μέγιστη τάση υδρατμών

Μια αέρια μάζα μπορεί να συγκρατήσει ένα συγκεκριμένο ποσό υδρατμών. Αυτή η ποσότητα εξαρτάται από την θερμοκρασία της. Η εξάρτηση της μέγιστης τάσης των υδρατμών που μπορεί να συγκρατήσει μια αέρια μάζα σε συνάρτηση με την θερμοκρασία της δίνεται από την σχέση Magnus (WMO):

$$e_w(T) = 6.1094 \exp\left(\frac{17.62T}{243.12+T}\right) \quad (1.2)$$

Όπου $e_w(T)$ σε Pa, T σε $^{\circ}\text{C}$, ενώ επειδή η σχέση είναι εμπειρική, υπάρχει μια αβεβαιότητα 0.6% στον υπολογισμό της μέγιστης τάσης των υδρατμών. Με βάση αυτή, βλέπουμε ότι όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία μιας αέριας μάζας τόσοι περισσότερους υδρατμούς μπορεί να κατακρατήσει. Η σχέση των δύο μεγεθών φαίνεται στο σχήμα 1-1, και είναι εκθετική.



Σχήμα 1-1: Η εξάρτηση της μέγιστης τάσης υδρατμών από τη θερμοκρασία του αέρα.

Σχετική υγρασία (relative humidity RH)

Είναι ο λόγος της τάσης των υδρατμών e προς την μέγιστη τάση υδρατμών e_w που μπορεί να συγκρατήσει ένας θύλακας αέρα σε μια δεδομένη θερμοκρασία. Εξαρτάται τόσο από την θερμοκρασία, όσο και από την ποσότητα των υδρατμών του θύλακα και είναι ένας καθαρός αριθμός από 0 έως 1 (ή εκφράζεται ως ποσοστό από 0 έως 100%).

$$RH = \frac{e}{e_w} * 100\% \quad (1.3)$$

1.2.4 Κατακόρυφη θερμοβαθμίδα αέριας μάζας

Ένας θύλακας αέρα ο οποίος ανυψώνεται, περιβάλλεται από όλο και πιο αραιές αέριες μάζες, με αποτέλεσμα την διαστολή του. Η διαστολή αυτή συμβαίνει σε πολύ καλή προσέγγιση με αδιαβατική διαδικασία, με αποτέλεσμα η μάζα να ψύχεται. Αν αυτός ο θύλακας αέρα είναι ακόρεστος, έχει αποδειχθεί πως η θερμοκρασία του πέφτει 10 βαθμούς Κελσίου ανά χιλιόμετρο ανύψωσης. Δηλαδή η ξηρή αδιαβατική κατακόρυφη θερμοβαθμίδα γ_d ισούται με:

$$\gamma_d = -\frac{\partial T}{\partial z} = 10 \text{ }^\circ\text{C/km} \quad (1.4)$$

Αν ο θύλακας που ανυψώνεται είναι κορεσμένος, τότε με την ανύψωσή του έχουμε συμπύκνωση των υδρατμών του. Η συμπύκνωση των υδρατμών απελευθερώνει λανθάνουσα θερμότητα με αποτέλεσμα η ψύξη του θύλακα να έχει μικρότερο ρυθμό σε σχέση με την γ_d . Αυτή καλείται υγρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα γ_s . Η γ_s εξαρτάται από την ποσότητα των υδρατμών που συμπυκνώνονται, ωστόσο μια συνηθισμένη τιμή έχει δείχθει ότι είναι η πτώση 6 βαθμών Κελσίου ανά χιλιόμετρο ανύψωσης. Δηλαδή η υγρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα γ_s ισούται με

$$\gamma_s = -\frac{\partial T}{\partial z} = 6 \text{ }^\circ\text{C/km} \quad (1.5)$$

1.2.5 Νέφωση

Νέφος, αποτελεί το σύνολο εξαιρετικά λεπτών υδροσταγονιδίων ή και παγοκρυστάλλων που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα, τα οποία είναι προϊόν συμπύκνωσης των υδρατμών. Ένα νέφος το οποίο εφάπτεται της επιφάνειας του εδάφους αποκαλείται ομίχλη.

Νέφωση είναι το ποσοστό του ουρανού που καλύπτεται από νέφη μια χρονική στιγμή, ενώ το κλάσμα νέφωσης δείχνει την πυκνότητα της νέφωσης στον ουρανό.

Η δημιουργία των νεφών γίνεται με αρκετές διαδικασίες, μια αρκετά συχνή και γενική διαδικασία είναι η εξής: Αρχικά έχουμε μια αέρια μάζα που βρίσκεται στο έδαφος ή σε κάποιο ύψος από το αυτό σε ακόρεστη κατάσταση. Αν υπάρξει κάποιο αίτιο, είτε δυναμικό, είτε θερμικό, η μάζα αυτή εξαναγκάζεται σε άνοδο. Εξαιτίας της ανόδου της, η αέρια μάζα υπόκειται σε αδιαβατική εκτόνωση με αποτέλεσμα την ελάττωση της θερμοκρασίας της. Από το εδάφιο 1.2.3, δείξαμε ότι η ελάττωση της θερμοκρασίας σε μια μάζα αέρα με συγκεκριμένο ποσό υδρατμών, οδηγεί σε

αυξανόμενη σχετική υγρασία. Εφόσον η ανύψωση συνεχιστεί, η μάζα θα καταστεί κορεσμένη και έτσι οι υδρατμοί της θα συμπυκνωθούν είτε σε μικρά υδροσταγονίδια, είτε σε μικρούς παγοκρυστάλλους αν η θερμοκρασία βρίσκεται κάτω από τους 0 βαθμούς Κελσίου. Στην συνέχεια η συσσώρευση των προϊόντων της συμπύκνωσης, οδηγεί στην σύγκρουση μεταξύ αυτών, οπότε είτε τα σταγονίδια είτε οι παγοκρυστάλλοι μεγαλώνουν σε μέγεθος, και έτσι η δύναμη της βαρύτητας υπερνικάει τα ανοδικά ρεύματα, με αποτέλεσμα αυτά να πέσουν ως υετός στο έδαφος.

Τα νέφη ανάλογα με το σχήμα τους και το ύψος της βάσης τους χωρίζονται σε κατηγορίες και υποκατηγορίες. Στην συνέχεια θα περιγραφούν συνοπτικά οι βασικές κατηγορίες νεφών, οι οποίες φαίνονται στο σχήμα 1-2.

Υψηλά νέφη

Νέφη των οποίων η βάση τους βρίσκεται σε ύψος 6 Km από την Μ.Σ.Θ. και άνω. Είναι γενικά αραιά και αποτελούνται από παγοκρυστάλλους. Δεν είναι ικανά να αφήσουν κάποιας μορφής υετό. Τέτοια είναι οι θύσανοι (cirrus Ci) τα θυσσανοστρώματα (Cirrostratus Cs) και οι θυσσανοσωρείτες (Cirrocumulus Cc)

Μέσα νέφη

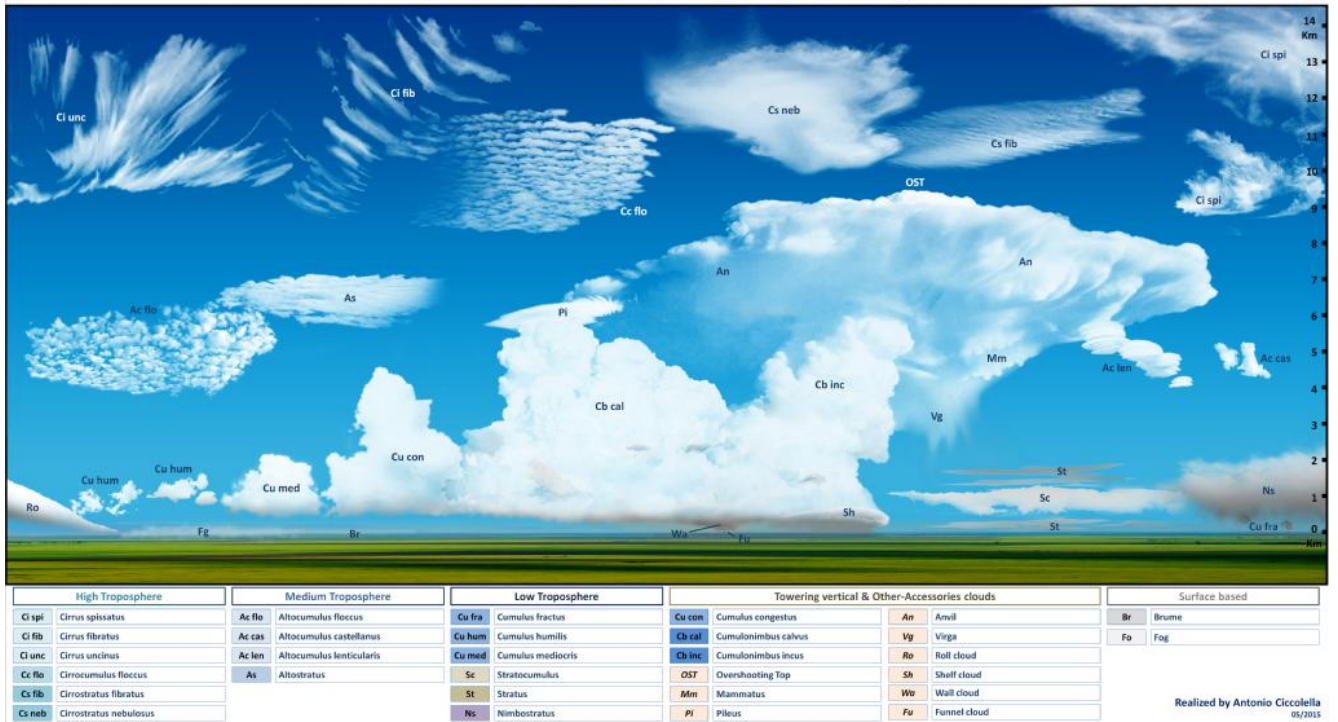
Το ύψος της βάσης τους κυμαίνεται μεταξύ 2 και 6 km. Είναι πιο πυκνά από τα ανώτερα νέφη εξαιτίας της ύπαρξης περισσότερων υδρατμών σε αυτά τα ύψη. Αποτελούνται από παγοκρυστάλλους ή και υδροσταγονίδια. Μερικές υποκατηγορίες των νεφών αυτών είναι ικανές να αφήσουν ασθενή συνεχόμενο υετό. Μέσα νέφη είναι τα υψιστρώματα (Altostratus As) και οι υψισωρείτες (Alto cumulus Ac).

Χαμηλά νέφη

Το ύψος της βάσης τους είναι μικρότερο των 2 Km. Η περιοχή της τροπόσφαιρας που βρίσκεται η βάση των νεφών είναι πλούσια σε υδρατμούς, εξαιτίας της μικρής απόστασης που έχει από την πηγή τους, την επιφάνεια της γης. Είναι πιο πυκνά νέφη και μπορούν να προκαλέσουν υετό είτε βροχή, είτε χιόνι. Τέτοια νέφη είναι τα στρώματα (Stratus St), οι στρωματοσωρείτες (Stratocumulus Sc) και τα μελανοστρώματα (Nimbostratus Ns).

Νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης

Πυκνά νέφη στα οποία η βάση τους βρίσκεται σε χαμηλό υψόμετρο (συνήθως κάτω των 2 Km) και αναπτύσσονται με το ύψος. Η κορυφή τους μπορεί να ξεπεράσει τα 10 km και να φθάσει την τροπόπαυση. Τα νέφη αυτά είναι κατεξοχήν καταιγιδόφορα, και μπορούν να προκαλέσουν μεγάλες ποσότητες υετού σε μικρό χρονικό διάστημα. Ο υετός μπορεί να είναι ισχυρή βροχή, ή ακόμα και χαλάζι, ενώ συχνά κατά την διάρκεια της καταιγίδας επικρατούν ισχυροί ριπαίοι άνεμοι. Κατά την διάρκεια των καταιγίδων, σημειώνονται ηλεκτρικά φαινόμενα. Αυτά τα νέφη είναι οι σωρείτες (Cumulus Cu) και οι σωρειτομελανίες (Cumulonimbus Cb) που είναι η ώριμη φάση ενός σωρείτη σε μια μέρα με ασταθείς συνθήκες.



Σχήμα 1-2: Ο Άτλας των νεφών.

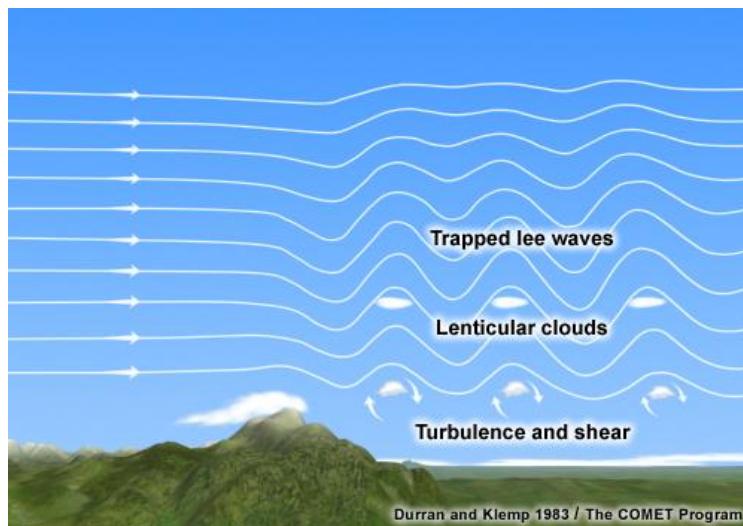
1.2.6 Καταβατικοί άνεμοι και κύματα όρους

Καταβατικοί άνεμοι

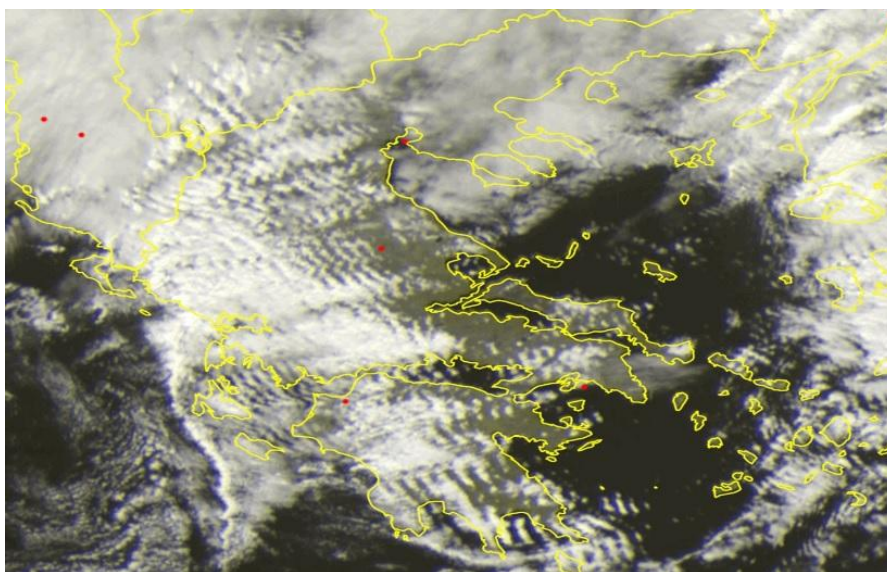
Καταβατικοί άνεμοι ονομάζονται οι ισχυροί άνεμοι οι οποίοι πνέουν στην υπήνεμη πλευρά ενός ορεινού όγκου και κατέρχονται προς τους πρόποδες του. Η δημιουργία τους απαιτεί ένα ρεύμα αέρα το οποίο να είναι κάθετο ή σχεδόν κάθετο ως προς μια οροσειρά. Έτσι, αν η έντασή του είναι επαρκής, μπορεί να υποστεί εξαναγκασμένη άνοδο στην προσήνεμη πλευρά της οροσειράς, και με την ανύψωση του, να ψύχεται αδιαβατικά. Στην κορυφή της οροσειράς, το ρεύμα το οποίο έχει εξαναγκαστεί να την ανέβει βρίσκεται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες από ότι ο περιβαλλοντικός αέρας, με αποτέλεσμα να έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από τον δεύτερο. Στην συνέχεια λόγω της μεγαλύτερης πυκνότητας, το ρεύμα αέρα κατέρχεται επιταχυνόμενο στην υπήνεμη πλευρά της οροσειράς. Η μέγιστη ένταση των ανέμων εντοπίζεται στους πρόποδες της υπήνεμης (Lee) πλευράς και εξασθενεί σημαντικά σε μικρή απόσταση από τον ορεινό όγκο. Οι καταβατικοί άνεμοι μπορεί να είναι είτε θερμοί, οπότε κατά κανόνα καλούνται φόεν (foehn) είτε ψυχροί οπότε καλούνται μπόρα (bora) και έχουν διαφορετικές συνθήκες δημιουργίας. Στη χώρα μας συνήθως εκδηλώνονται καταβατικοί άνεμοι τύπου foehn, ενώ η πιο διαδεδομένη ονομασία τους είναι «λίβας».

Κύματα όρους

Αν οι ατμοσφαιρικές συνθήκες είναι κατάλληλες, τότε στην υπήνεμη πλευρά της οροσειράς μπορούν να δημιουργηθούν κύματα όρους (lee/mountain waves, σχήμα 1-3). Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία στην υπήνεμη πλευρά ταλαντώσεων αέρα, οι οποίες διαδίδονται σε μεγάλη απόσταση από την οροσειρά, με σταδιακή απόσβεση του κύματος λόγω φαινομένων τριβής και μίξης των μαζών. Σε περίπτωση που η ταλαντούμενη αέρια μάζα περιέχει ικανή υγρασία, στις κορυφές των κυμάτων είναι πιθανό να αναπτυχθούν φακοειδή ή κυλινδρικά νέφη. Οι δορυφορικές εικόνες όπως αυτή στο σχήμα 1-4 μπορούν να μαρτυρήσουν την ύπαρξη αυτών των κυμάτων, αν σε αυτές παρατηρηθούν παράλληλες γραμμές νεφώσεων τις οποίες διαδέχονται γραμμές καθαρού ουρανού.



Σχήμα 1-3: Οι ατμοσφαιρικές συνθήκες που επικρατούν κατά την δημιουργία κυμάτων όρους.



Σχήμα 1-4: Νέφη ανατάραξης στα ανατολικά υπήνεμα της Πίνδου στις 7-2-2022 (πηγή sat24).

1.2.7 Βαρομετρικά συστήματα

Τα βαρομετρικά συστήματα σε έναν χάρτη βαρομετρικών πιέσεων περιγράφουν την κατανομή της πίεσης στην υπό μελέτη περιοχή και αποτελούνται από βαρομετρικά χαμηλά και βαρομετρικά υψηλά.

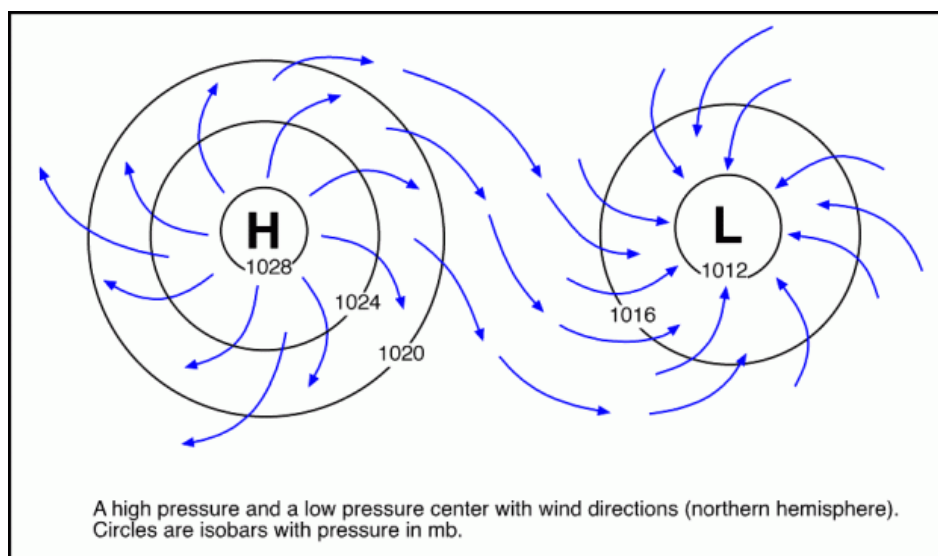
Υφεση ή βαρομετρικό χαμηλό (depression low pressure system, X ή L) είναι σύστημα κυκλικών ή ελλειπτικών ισοβαρών των οποίων η πίεση μειώνεται από τις παρυφές προς το κέντρο. Το διάνυσμα του ανέμου είναι παράλληλο με τις ισοβαρείς καμπύλες, με μια ελαφριά κλίση προς το κέντρο, όπως φαίνεται στο σχήμα 1-5. Η σύγκλιση των ανέμων που συμβαίνει στο βαρομετρικό χαμηλό κοντά στο έδαφος έχει ως αποτέλεσμα την ύπαρξη περίσσειας μάζας αέρα, με μοναδικό δρόμο διαφυγής την ανύψωση. Τα διανύσματα του ανέμου στο χαμηλό συγκλίνουν λόγω τριβής. Όμως η σύγκλιση (και άρα η ανύψωση) λόγω τριβής είναι αμελητέα σε σχέση με αυτή που προκαλείται από τη μετωπική δραστηριότητα και την οριζόντια μεταφορά θετικού στροβιλισμού στη μέση τροπόσφαιρα. Το αποτέλεσμα είναι συμπύκνωση νεφών, και δημιουργία υετού. Οι υφέσεις αυτές λέγονται μετωπικές υφέσεις, και αποτελούν τον συχνότερο τύπο υφέσεων. Στις εύκρατες και τις πολικές περιοχές τα χαμηλά έχουν διάμετρο από 200 έως 4000 χιλιόμετρα, και μπορούν να προκαλέσουν ακόμα και έντονα φαινόμενα ανάλογα με τα χαρακτηριστικά που τα διέπουν.

Μια δεύτερη κατηγορία χαμηλών είναι τα θερμικά χαμηλά. Αυτά δημιουργούνται σε μικρά γεωγραφικά πλάτη στην στεριά, λόγω της μεγάλης θέρμανσης του εδάφους, όπου και προκαλείται ανύψωση. Συνήθως σε αυτά εκδηλώνονται τοπικά, αλλά έντονα φαινόμενα.

Τρίτη κατηγορία χαμηλών, αποτελούν τα ορογραφικά χαμηλά. Αυτά δημιουργούνται όταν ρεύμα αέρα πνέει κάθετα σε μια οροσειρά, το οποίο λόγω της δύναμης Coriolis ακολουθεί κυκλωνική ροή στα υπήνεμα τμήματα της οροσειράς.

Τέλος υπάρχει ειδική κατηγορία βαρομετρικών χαμηλών, με διαφορετικό μηχανισμό δημιουργίας από τα προηγούμενα τα οποία ονομάζονται τροπικοί κυκλώνες. Είναι χαμηλά τα οποία δημιουργούνται πάνω από θερμές θαλάσσιες μάζες και χαρακτηρίζονται από πολύ ισχυρή οριζόντια βαροβαθμίδα, έχουν απολύτως κυκλικές ισοβαρείς καμπύλες και άλλα χαρακτηριστικά που δεν θα αναλυθούν στην παρούσα εργασία, τα οποία δίνουν στο συγκεκριμένο τύπο χαμηλού σφοδρούς ανέμους και τεράστια ποσά υετού.

Αντικυκλώνας ή βαρομετρικό υψηλό (anticyclone, A ή H) είναι σύστημα κυκλικών ή ελλειπτικών ισοβαρών του οποίου η πίεση αυξάνεται από τις παρυφές προς το κέντρο του. Το διάνυσμα του ανέμου είναι σχεδόν παράλληλο με τις ισοβαρείς αλλά έχει μία μικρή κλίση προς τις παρυφές του αντικυκλώνα, όπως φαίνεται στο σχήμα 1-5. Στον αντικυκλώνα οι άνεμοι κοντά στο έδαφος αποκλίνουν, με αποτέλεσμα να υπάρχει έλλειμμα μάζας στο εσωτερικό του συστήματος. Οι καθοδικές κινήσεις στα υψηλά συμβαίνουν κυρίως λόγω της αρνητικής μεταφοράς στροβιλισμού και δευτερευόντως λόγω τριβής. Η αναπλήρωση της μάζας αυτής έρχεται από τον αέρα που βρίσκεται σε ανώτερα στρώματα ο οποίος ακολουθεί καθοδική κίνηση. Το αποτέλεσμα είναι η αδιαβατική θέρμανσή του και διάλυση των όποιων νεφών λόγω πτώσης της σχετική υγρασίας του αέρα. Γενικά οι αντικυκλώνες είναι πιο εκτεταμένοι από τα βαρομετρικά χαμηλά, ενώ ανάλογα με τον τρόπο σχηματισμού τους και την κίνησή τους διακρίνονται σε μόνιμους, εποχικούς ή κινητούς (π.χ. ο αντικυκλώνας των Αζορών είναι μόνιμος), και ανάλογα με την θερμοκρασία που επικρατεί στο κέντρο τους διακρίνονται σε ψυχρούς και θερμούς (π.χ. Ο Σιβηρικός αντικυκλώνας είναι ψυχρός).



Σχήμα 1-5: Απλοποιημένη σχηματική μορφή των δύο βαρομετρικών συστημάτων.

1.2.8 Αέριες μάζες

Στο εδάφιο 1.2.2. ειπώθηκε ότι μας ενδιαφέρουν οι θερμοκρασίες του αέρα στο επίπεδο της ισοβαρικής επιφάνειας των 850 hPa, καθώς στην πρόγνωση του καιρού μας ενδιαφέρει η κίνηση των αερίων μαζών. Οι αέριες μάζες είναι μεγάλης κλίμακας ατμοσφαιρικές μάζες, οι οποίες χαρακτηρίζονται από οριζόντια ομοιογένεια σε βασικά χαρακτηριστικά τους σε όλη την έκτασή τους. Αυτά αφορούν κυρίως τις θερμοκρασίες αλλά και τις υγρασίες τους.

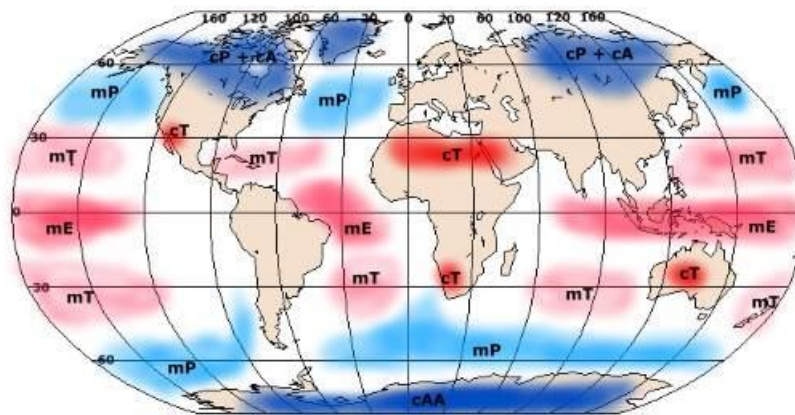
Μια αέρια μάζα προσδιορίζεται από τα παρακάτω στοιχεία:

- Την **πηγή** της, δηλαδή την περιοχή από την οποία απέκτησε τα χαρακτηριστικά της.
- Την **διαδρομή** της, δηλαδή την πορεία που θα ακολουθήσει μια αέρια μάζα σε ένα χρονικό διάστημα κατά την μετακίνησή της.
- Την **ηλικία** της, δηλαδή το χρονικό διάστημα το οποίο έχει περάσει από την στιγμή που εγκαταλείπει την πηγή της, μέχρι την στιγμή που φτάνει στην υπό μελέτη περιοχή.

- Την **θερμοκρασιακή κατάσταση**, δηλαδή αν είναι θερμότερη ή ψυχρότερη από την επιφάνεια του εδάφους ή από κάποια άλλη αέρια μάζα που εκτοπίζει για να πάρει την θέση της.

Με βάση τα χαρακτηριστικά τους οι αέριες μάζες ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες οι οποίες απεικονίζονται στο σχήμα 1-6:

- ❖ **Αρκτικές αέριες μάζες (cA):** Αυτές δημιουργούνται στην περιοχή της Αρκτικής και είναι γενικά πολύ κρύες και ξηρές. Χαμηλά θερμοκρασιακά ρεκόρ σε μεσαία και μεγάλα γεωγραφικά πλάτη παρατηρούνται όταν εισβάλλουν αυτές οι πολύ ψυχρές αέριες μάζες.
- ❖ **Ανταρκτικές αέριες μάζες (cAA):** Δημιουργούνται στο νότιο άκρο του πλανήτη μας, την Ανταρκτική και είναι πιο κρύες και πιο ξηρές από τις αρκτικές αέριες μάζες καθώς οι πρώτες δημιουργούνται πάνω από ηπειρωτικό έδαφος.
- ❖ **Πολικές ηπειρωτικές αέριες μάζες (cP):** Αυτές δημιουργούνται σε ηπειρωτικές περιοχές που βρίσκονται σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη. Είναι ξηρές και ψυχρές, ωστόσο είναι λιγότερο ψυχρές από αρκτικές αέριες μάζες.
- ❖ **Πολικές θαλάσσιες αέριες μάζες (mP):** Είναι ψυχρές αλλά ταυτόχρονα υγρές αέριες μάζες οι οποίες προέρχονται από τους ωκεανούς σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη. Είναι πιο θερμές από τις πολικές ηπειρωτικές αέριες μάζες. Τον χειμώνα επειδή η θάλασσα είναι πιο θερμή από την ξηρά αυτές οι αέριες μάζες προκαλούν πιο ήπιο καιρό κυρίως σε παράκτιες περιοχές μεγάλου γεωγραφικού πλάτους, ενώ το καλοκαίρι λόγω αντιστροφής της οριζόντιας θερμοκρασιακής βαθμίδας, αυτές οι αέριες μάζες φέρνουν ψυχρότερο καιρό.
- ❖ **Τροπικές θαλάσσιες αέριες μάζες (mT):** Είναι θερμές και υγρές αέριες μάζες οι οποίες δημιουργούνται σε θαλάσσιες περιοχές οι οποίες βρίσκονται σε μικρά γεωγραφικά πλάτη.
- ❖ **Τροπικές ηπειρωτικές αέριες μάζες (cT):** Είναι πολύ θερμές και ξηρές αέριες μάζες οι οποίες δημιουργούνται πάνω από ερημικές εκτάσεις.
- ❖ **Ισημερινές αέριες μάζες (mE):** Θερμές και πολύ υγρές αέριες μάζες οι οποίες δημιουργούνται πάνω από την θάλασσα στον ισημερινό της Γης.



Σχήμα 1-6: Οι τύποι των αερίων μαζών, και οι πηγές τους στον πλανήτη.

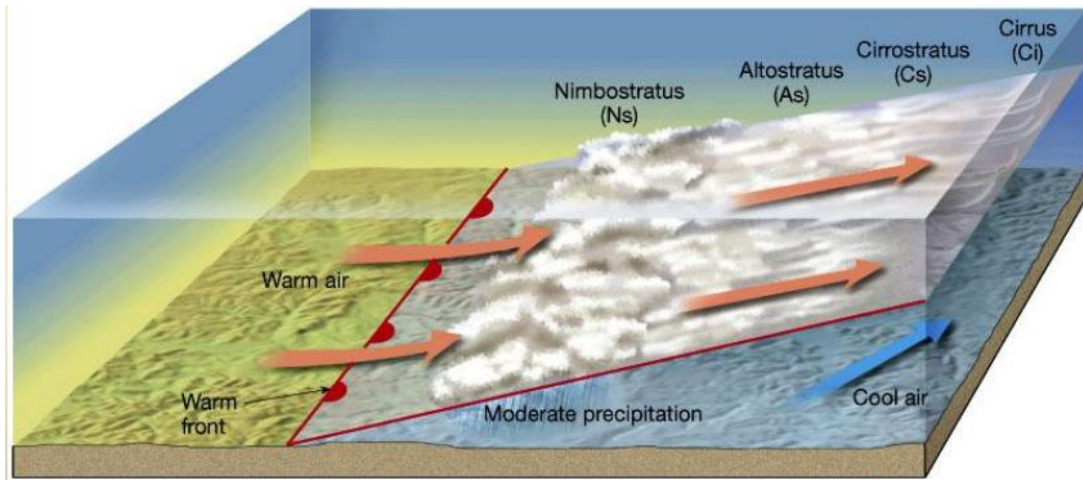
1.2.9 Μέτωπα

Όταν δύο αέριες μάζες με διαφορετικά χαρακτηριστικά θερμοκρασίας και υγρασίας έρθουν σε επαφή, τότε η μεταξύ τους διαχωριστική επιφάνεια αποτελεί μια επιφάνεια ασυνέχειας των χαρακτηριστικών τους. Η επιφάνεια αυτή ονομάζεται μετωπική επιφάνεια, και η τομή αυτής της επιφάνειας με ένα οριζόντιο επίπεδο λέγεται μέτωπο. Τα μέτωπα χωρίζονται σε τρεις κύριες κατηγορίες:

- Τα θερμά μέτωπα.
- Τα ψυχρά μέτωπα.
- Τα συννεσιγμένα μέτωπα.

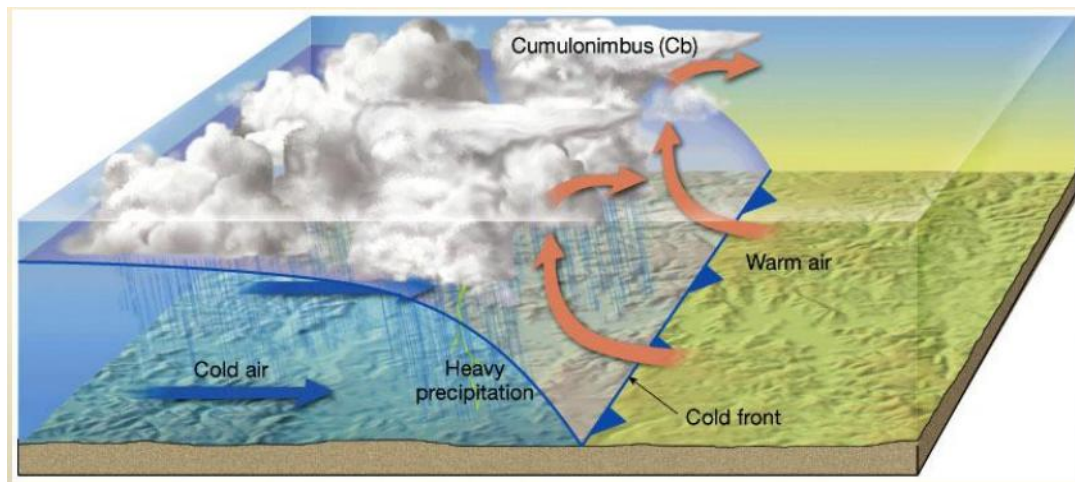
Θερμά μέτωπα: Προηγείται ο ψυχρός αέρας ενώ ο θερμός ακολουθεί (σχήμα 1-7). Εξαιτίας της μικρότερης του πυκνότητας, ο θερμός αέρας δε μπορεί να διεισδύσει κάτω από τον ψυχρό αέρα και

έτσι εξαναγκάζεται σε άνοδο. Η ανύψωση του υγρού θερμού αέρα έχει ως αποτέλεσμα την αδιαβατική ψύξη του, έως ότου η αέρια μάζα να καταστεί κορεσμένη. Στην συνέχεια της ανύψωσης έχουμε συμπυκνώσεις των υδρατμών σε νέφη, και τελικά σε δημιουργία νετού. Τα φαινόμενα που προκαλούνται είναι γενικά συνεχή και μέτριας έντασης, εξαιτίας της σχετικά μικρής κλίσης του μετώπου (1/100 έως 1/350), ωστόσο αν ο θερμός αέρας είναι αρκετά ασταθής, η ύπαρξη μεμονωμένων καταιγίδων δεν αποκλείεται.



Σχήμα 1-7: Η δομή ενός θερμού μετώπου.

Ψυχρά μέτωπα: Η ψυχρή αέρια μάζα έπεται της θερμής (σχήμα 1-8). Η πυκνότητα του ψυχρού αέρα είναι μεγαλύτερη από αυτή του θερμού, με αποτέλεσμα ο πρώτος να εκτοπίζει τον θερμό αέρα προς τα πάνω αφού εισέρχεται κάτω από αυτόν. Η άνοδος του θερμού αέρα είναι αρκετά πιο βίαιη από αυτή του θερμού μετώπου με κλίση περίπου 1/50, και έτσι τα φαινόμενα είναι έντονα με δεδομένη την ύπαρξη καταιγίδων. Σε αρκετές περιπτώσεις μπροστά από το ψυχρό μέτωπο δημιουργείται μια γραμμή καταιγίδων κατά μήκος του μετώπου, που ονομάζεται γραμμή λαίλαπας.

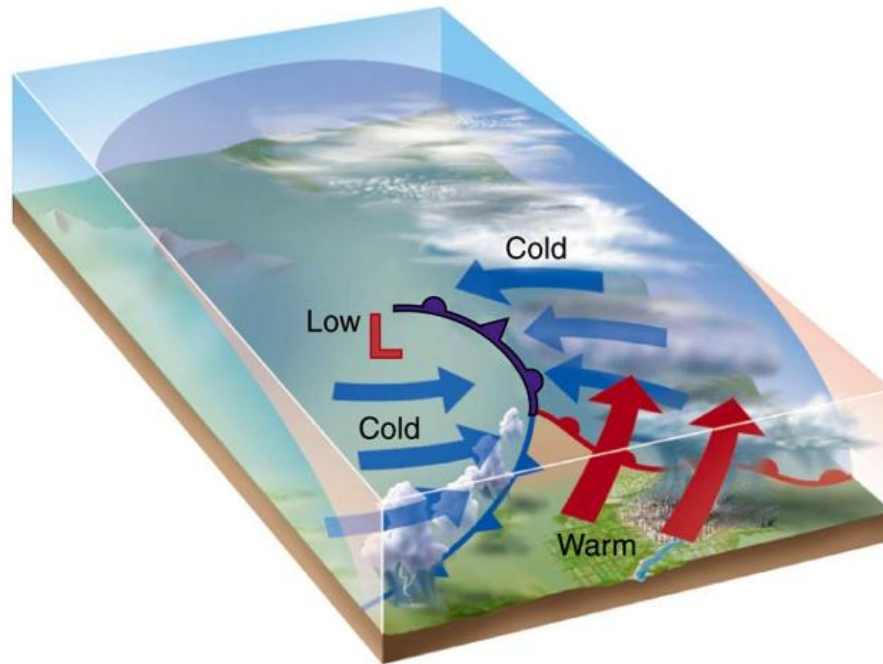


Σχήμα 1-8: Η δομή ενός ψυχρού μετώπου.

Συνεσφιγμένα μέτωπα: Όταν ένα ψυχρό μέτωπο κατά την γρήγορη μετακίνησή του συναντηθεί με ένα αργά κινούμενο και προπορευόμενο θερμό μέτωπο, τότε ο θερμός αέρας εκτοπίζεται από την επιφάνεια του εδάφους και τα δύο μέτωπα γίνονται ένα. Ανάλογα με τις θερμοκρασίες των τριών διαφορετικών μαζών, μπορούμε να έχουμε δύο είδη συνεσφιγμένων μετώπων, των ψυχρών και των θερμών. Τα φαινόμενα τους ομοιάζουν αντίστοιχα με το ψυχρό και θερμό μέτωπο. Στην Ελλάδα έχουμε κυρίως θερμά συνεσφιγμένα μέτωπα.

Μετωπικές υφέσεις: Οι μετωπικές υφέσεις δημιουργούνται κατά μήκος των μετωπικών επιφανειών. Αποτελούνται από ψυχρό και θερμό τομέα, οι οποίοι διαχωρίζονται από τα αντίστοιχα

μέτωπα, όπως φαίνεται στο σχήμα 1-9. Σε αρκετές περιπτώσεις περιέχουν και συνεσφιγμένο μέτωπο, το οποίο εμφανίζεται σε μεταγενέστερο στάδιο της διαταραχής.



Σχήμα 1-9: Η δομή μιας μετωπικής ύφεσης.

1.2.10 Χιόνι - Προϋποθέσεις Χιονοπτώσεων

Σε προηγούμενο εδάφιο (1.2.5) εξηγήσαμε συνοπτικά την διαδικασία με την οποία δημιουργούνται οι πρώτοι παγοκρύσταλλοι μέσα στα σύννεφα. Οι πρώτοι αυτοί μικροί παγοκρύσταλλοι, αποτελούν τα νέφη σε ψυχρές εποχές, ή αποτελούν το νέφος κάθε εποχή, αν αυτό το νέφος ανήκει στην κατηγορία των ανώτερων νεφών. Οι πρώτες νιφάδες χιονιού μπορούν να δημιουργηθούν μόνο σε χαμηλά και μέσα νέφη εξαιτίας της πυκνότητάς τους, καθώς το πλήθος των παγοκρυστάλλων είναι μεγάλο, με αποτέλεσμα την σύγκρουσή τους. Αυτή η διαδικασία μπορεί να συνεχιστεί με αποτέλεσμα την αύξηση του όγκου και της μάζας των νιφάδων χιονιού. Η αύξηση του μεγέθους των νιφάδων συνεχίζεται έως ότου η δύναμη της βαρύτητας υπερνικήσει την δύναμη των ανοδικών ρευμάτων, και εφόσον συμβεί, οι πρώτες νιφάδες πέφτουν από τα σύννεφα προς το έδαφος.

Η πτώση των νιφάδων χιονιού από τα νέφη ως το έδαφος ονομάζεται χιονόπτωση. Οι νιφάδες χιονιού, για να φτάσουν στο έδαφος ως χιόνι, θα πρέπει να βρίσκονται σε περιβάλλον όπου η μέση θερμοκρασία της διαδρομής που ακολουθούν, να είναι κάτω από τους 0 βαθμούς Κελσίου.

Στην τροπόσφαιρα ωστόσο, ανάλογα με τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, μπορεί να επικρατεί τέτοια κατακόρυφη θερμοβαθμίδα που ενώ ο υετός ξεκινάει από το νέφος ως χιόνι, να φτάνει στο έδαφος ως διαφορετικό είδος υετού. Αυτός μπορεί να είναι βροχή, πηγνυόμενη βροχή, χιονόβροχο ή κόκκοι χιονιού. Στο σχήμα 1-10 εξηγούνται τα είδη του υετού που φτάνουν στο έδαφος με βάση το θερμοκρασιακό προφίλ της τροπόσφαιρας.

Περίπτωση 1: Χιονόπτωση

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, όλη η διαδρομή της χιονόπτωσης πρέπει να έχει θερμοκρασία κάτω από 0 βαθμούς Κελσίου, χωρίς να υπάρχει κάποια εξάρτηση από το κατακόρυφο προφίλ αυτής της θερμοκρασίας (σχήμα 1-10a).

Περίπτωση 2: Χιονόβροχο ή βροχή

Το θερμοκρασιακό προφίλ της τροπόσφαιρας ακολουθεί το σχήμα 1-10b. Η θερμοκρασία βρίσκεται υπό του μηδενός από την βάση του νέφους μέχρι ένα ύψος z , ωστόσο από το ύψος z μέχρι το έδαφος η θερμοκρασία βρίσκεται άνω του μηδενός. Ανάλογα με το πάχος της θερμής περιοχής που εφάπτεται με το έδαφος, έχουμε είτε βροχή είτε χιονόβροχο, και σε πολύ μικρά πάχη χιόνι. Σε

περίπτωση μεγάλου πάχους της θερμής περιοχής έχουμε βροχόπτωση, αφού το χιόνι λιώνει εξ ολοκλήρου μέχρι να φτάσει το έδαφος. Στην πραγματικότητα στα μέσα και μεγάλα γεωγραφικά πλάτη σημαντικό μέρος του έτους ο υετός ξεκινάει ως χιόνι από τα νέφη και καταλήγει ως βροχή στο έδαφος στο ύψος της μέσης στάθμης της θάλασσας.

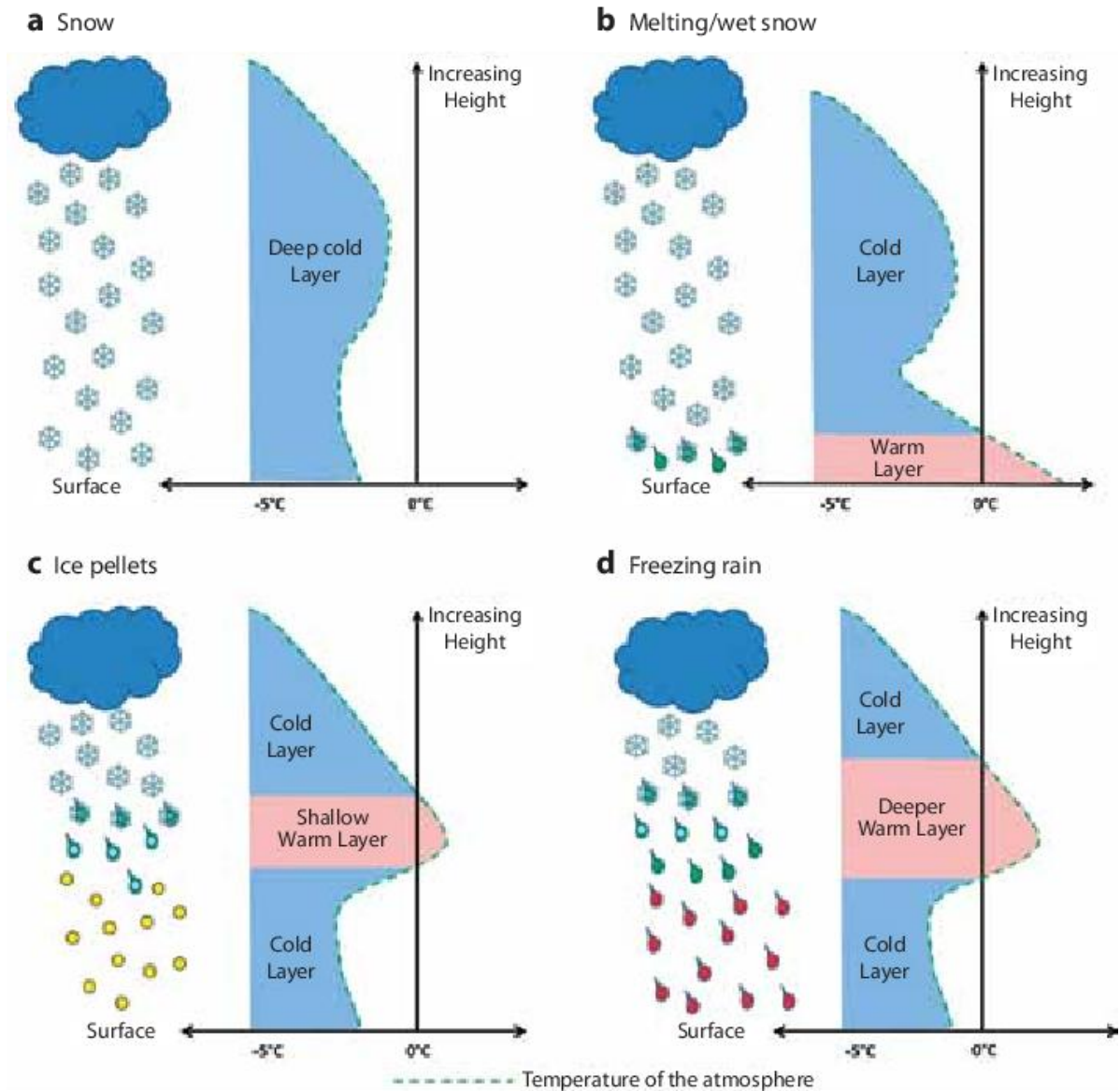
Στην περίπτωση που η θερμή περιοχή της τροπόσφαιρας έχει ως αποτέλεσμα η μέση θερμοκρασία της διαδρομής της νιφάδας να βρίσκεται λίγο πάνω από τους 0 βαθμούς Κελσίου, έχουμε ένα μείγμα βροχής και χιονιού, το λεγόμενο χιονόβροχο. Οι νιφάδες που διατηρούνται, είναι αυτές που ξεκίνησαν το ταξίδι τους προς το έδαφος είτε από ένα υψηλότερο σημείο του νέφους, και άρα έχουν χαμηλότερη μέση θερμοκρασία διαδρομής, είτε έχουν μεγαλύτερο όγκο από τις υπόλοιπες, οπότε μόνο το εξωτερικό τους τμήμα έχει λιώσει.

Περίπτωση 3: Παγοσφαιρίδια

Εδώ το θερμοκρασιακό προφίλ της τροπόσφαιρας αλλάζει μορφή (σχήμα 1-10c). Έχουμε δύο ψυχρές περιοχές υπό του μηδενός, την πρώτη από την βάση του νέφους έως ένα ύψος z_2 , και την δεύτερη αυτή που βρίσκεται από το έδαφος μέχρι ένα ύψος z_1 με $z_1 < z_2$ και $\Delta z = z_2 - z_1$. Για μικρά Δz οι νιφάδες χιονιού που περνάνε στην θερμή περιοχή λιώνουν μερικώς. Περνώντας στην δεύτερη ψυχρή περιοχή, παγώνουν εκ νέου σε παγοσφαιρίδια, και πέφτουν ως τέτοια στο έδαφος.

Περίπτωση 4: Πηγνυόμενη βροχή

Σε περίπτωση που τα Δz είναι μεγάλα (σχήμα 1-10d), οι νιφάδες χιονιού μετατρέπονται σε σταγόνες νερού εξ ολοκλήρου στην θερμή περιοχή. Όταν εισέρχονται στην δεύτερη ψυχρή περιοχή, αυτή που εφάπτεται με το έδαφος, οι σταγόνες νερού μπορεί να βρεθούν σε κατάσταση υπέρψυξης, δηλαδή να έχουν θερμοκρασία υπό του μηδενός αλλά να βρίσκονται σε υγρή μορφή. Οι σταγόνες αυτές παραμένουν σε υγρή μορφή μέχρι να βρεθούν σε επαφή με κάποιον πυρήνα συμπύκνωσης στον οποίο σχηματίζονται παγοκρύσταλλοι. Αυτόν τον ρόλο τον παίζει το έδαφος, το οποίο βρίσκεται σε θερμοκρασία κάτω του μηδενός. Την στιγμή που οι σταγόνες πέσουν στο έδαφος, παγώνουν ακαριαία. Ακόμα και σε σχετικά μικρές ποσότητες υετού, η πηγνυόμενη βροχή δημιουργεί ένα στρώμα πάγου πάνω στις επιφάνειες, με αποτέλεσμα να θεωρείται ένα από τα πιο επικίνδυνα φαινόμενα λόγω των ατυχημάτων που μπορεί να προκαλέσει.



Σχήμα 1-10: Κατακόρυφο προφίλ της θερμοκρασίας της τροπόσφαιρας και είδος νετού που φτάνει στο έδαφος με βάση αυτό. α) Χιόνι, β) χιόνι, χιονόβροχο ή βροχή, ανάλογα με το πάχος της θερμής περιοχής, γ) παγοσφαιρίδια και δ) πηγνυόμενη βροχή.

1.2.11 Χιονοπτώσεις στην Ελλάδα

Η Ελλάδα λόγω της εξαιρετικά έντονης γεωμορφολογίας επηρεάζεται από χιονοπτώσεις σε διάφορες περιοχές με ποικίλους τρόπους. Οι ψυχρές αέριες μάζες που προσεγγίζουν την Ελλάδα μεταφέρονται μέσα σε ένα γενικά εκτεταμένο πεδίο χαμηλών πιέσεων στην μέση κυρίως, αλλά και στην κατώτερη τροπόσφαιρα το οποίο ονομάζεται αυλώνας. Οι αυλώνες χαμηλών πιέσεων που όταν φτάνουν στην χώρα μας έχουν ως έμμεσο αποτέλεσμα τις χιονοπτώσεις σε περιοχές με χαμηλό υψόμετρο ή ακόμα και πεδινές/παραθαλάσσιες, έχουν την εξής προέλευση:

→ **Από την βορειοδυτική Ευρώπη, με κατεύθυνση προς τα νοτιοανατολικά (ψυχρές εισβολές μπροστινής πόρτας ή front door).** Στην πρώτη περίπτωση (σχήμα 1-11), οι αυλώνες δεν είναι ιδιαίτερα ψυχροί μιας και περνάνε πάνω από μεγάλες θαλάσσιες εκτάσεις που βρίσκονται βορειοδυτικά της Ευρώπης, ενώ λόγω κατεύθυνσης επηρεάζουν με περισσότερα φαινόμενα τις βορειοδυτικές περιοχές, με τα χιόνια να φτάνουν σε αρκετά χαμηλά υψόμετρα, αλλά όχι σε πεδινές περιοχές. Οι υπόλοιπες περιοχές της χώρας έχουν λίγα ή και καθόλου φαινόμενα, καθώς η Πίνδος μειώνει σημαντικά τα φαινόμενα λόγω του καταβατικού δυτικού ρεύματος, για τις περιοχές ανατολικά αυτής. Δευτερεύον μέγιστο νετού παρατηρείται στις περιοχές του ανατολικού Αιγαίου, όπου το δυτικής διεύθυνσεως ρεύμα έχει τροφοδοτηθεί εκ νέου με υδρατμούς από την θάλασσα του Αιγαίου.

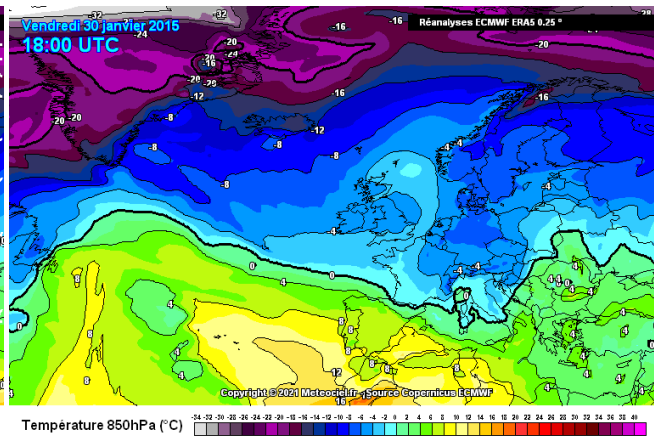
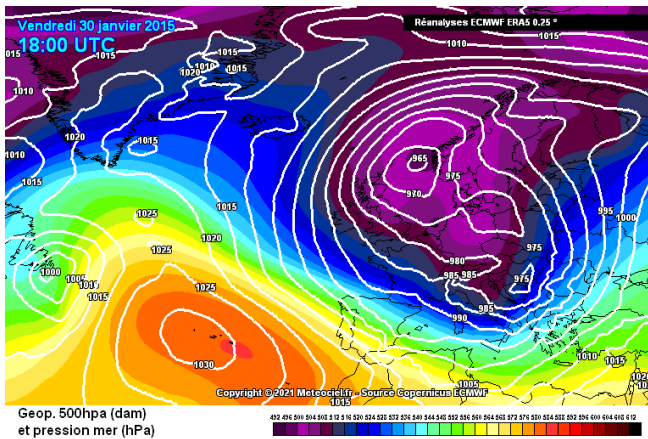
→ **Από την βόρεια Ευρώπη με κατεύθυνση προς νότια.** Στην δεύτερη περίπτωση (σχήμα 1-12) οι αυλώνες με κατεύθυνση από βορρά προς νότο περνάνε από μεγαλύτερη έκταση ξηράς, με αποτέλεσμα να χαρακτηρίζονται από εντονότερο επιφανειακό ψύχος από ότι στην πρώτη περίπτωση.

Έτσι επηρεάζουν την χώρα μας με χιονοπτώσεις έως και τις πεδινές-παραθαλάσσιες περιοχές. Κατά την κάθοδό τους όταν οι νότιες παρυφές τους φτάσουν στην Μεσόγειο, έχουμε συνήθως δημιουργία χαμηλού. Ανάλογα με το πόσο δυτικά ή ανατολικά βρεθεί ο αυλώνας, το χαμηλό μπορεί να δημιουργηθεί από το Ιόνιο μέχρι το Αιγαίο, ενώ ακόμα και το γεωγραφικό πλάτος της δημιουργίας του χαμηλού μπορεί να διαφέρει από περίπτωση σε περίπτωση. Η κίνηση του χαμηλού ανεξάρτητα από την περιοχή δημιουργίας του, είναι συνήθως ανατολικών διευθύνσεων (Ζιακόπουλος και Φραγκούλη, 2015). Έτσι αντίστοιχα επηρεάζεται κάθε περιοχή της χώρας μας διαφορετικά. Σε γενικές γραμμές, με χαμηλό το οποίο δημιουργείται στο Ιόνιο, περιοχές που δέχονται χιονοπτώσεις έως και τα πεδινά είναι τα κεντροβόρεια τμήματα της χώρας, ακόμα και αυτές δυτικά της Πίνδου. Αντίθετα στις περιπτώσεις με χαμηλό το οποίο δημιουργείται στο Αιγαίο χιονοπτώσεις σημειώνονται έως τα πεδινά των ανατολικών ηπειρωτικών περιοχών της χώρας, όπως είναι οι προσήνεμες στο Αιγαίο, καθώς και τα νησιά του βόρειου Αιγαίου ή και η βορειοανατολική Ελλάδα, ανάλογα με την τροχιά του χαμηλού.

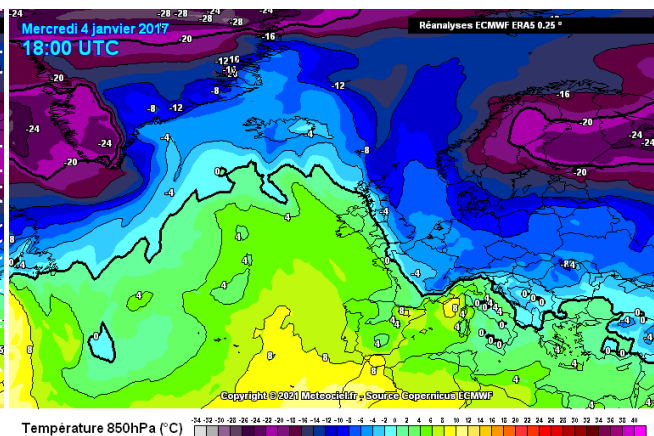
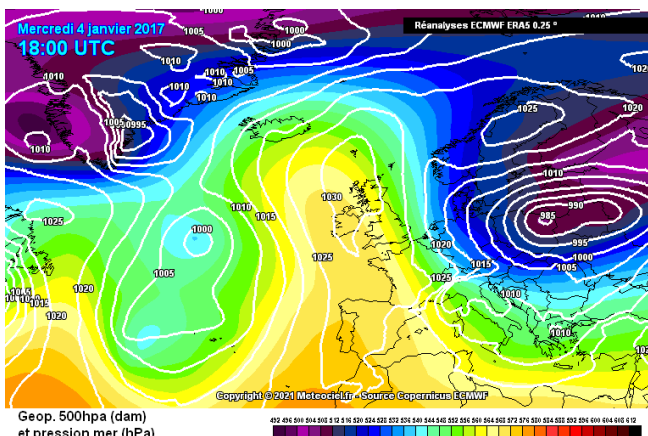
→ **Από την βορειοανατολική Ευρώπη και την Ρωσία με κατεύθυνση προς τα νοτιοδυτικά (ψυχρές εισβολές πίσω πόρτας ή back door).** Τέλος η τρίτη περίπτωση (σχήμα 1-13) αφορά τους αυλώνες από τα βορειοανατολικά, οι οποίοι εξαιτίας της προέλευσής τους, χαρακτηρίζονται από πιο έντονο επιφανειακό ψύχος σε σχέση με τις άλλες δύο περιπτώσεις αυλώνων, και φέρνουν τον πιο κρύο καιρό στην Ελλάδα. Λόγω προσανατολισμού, οι ψυχρές αέριες μάζες όταν υπερνικούν το φυσικό εμπόδιο της Πίνδου, θερμαίνονται λόγω αδιαβατικής συμπίεσης με αποτέλεσμα δυτικά αυτής οι θερμοκρασίες να είναι πιο υψηλές. Ωστόσο είναι η κατηγορία αυλώνων που φέρνει τις πιο ψυχρές αέριες μάζες στην ανατολική χώρα. Οι αυλώνες από τα βορειοανατολικά μπορούν να δημιουργήσουν και αυτοί βαρομετρικά χαμηλά από την περιοχή του Ιονίου έως και την θάλασσα του Αιγαίου, ανάλογα με το γεωγραφικό μήκος που θα βρεθούν. Όταν το χαμηλό βρίσκεται στο Αιγαίο ή και ανατολικότερα, περιοχές στα ανατολικά προσήνεμα της χώρας είναι αυτές που δέχονται τα μεγαλύτερα ποσά χιονοπτώσεων σε πεδινά ή και παραθαλάσσια τμήματα. Συγκεκριμένα αναφερόμαστε στην ανατολική Στερεά, την Εύβοια, την Αττική, την ανατολική Πελοπόννησο, καθώς και τις Κυκλάδες.

Έτσι δεν είναι τυχαίο που σε αυτή την διπλωματική εργασία, οι περιπτώσεις επεισοδίων χιονιού που εξετάζονται για την Αττική αφορούν αυλώνες οι οποίοι προέρχονται από τα βορειοανατολικά. Κατά την διάρκεια επεισοδίων χιονιού στην Αθήνα, η γενική συνοπτική εικόνα που παρουσιάζει η Ευρώπη είναι ένας εκτεταμένος αντικυκλώνας στην δυτική κεντρική και βόρεια Ευρώπη, με κάποια διαταραχή συνήθως στην περιοχή της Κύπρου και με βορειοανατολικό ρεύμα στην περιοχή των Αθηνών (Houssos et al., 2007).

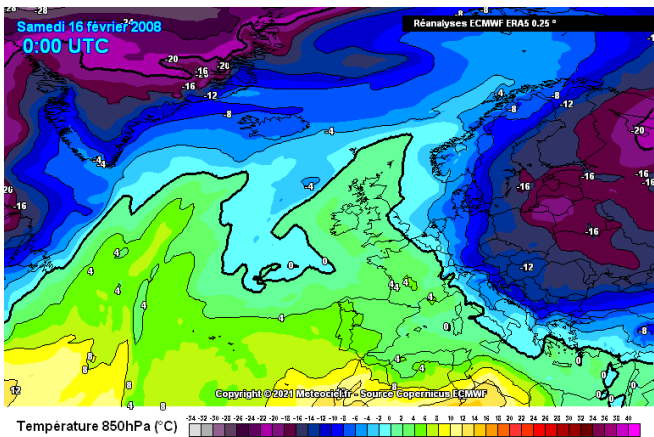
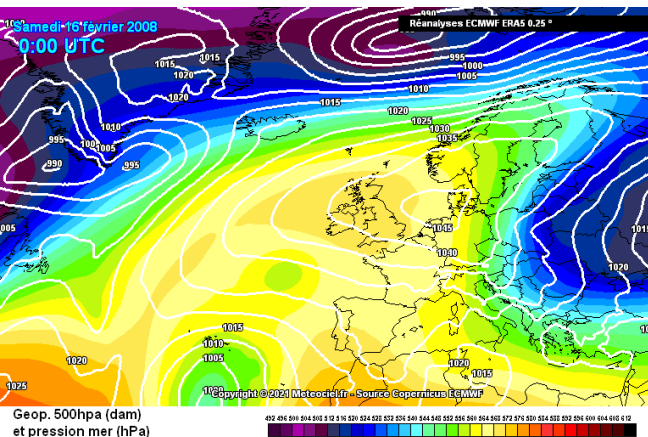
Οι χιονοπτώσεις στην περιοχή του Αιγαίου και κατά συνέπεια στην Αττική γίνονται με το φαινόμενο lake effect (σχήμα 1-14), και επειδή αναφερόμαστε στο Αιγαίο Πέλαγος, η ονομασία του φαινομένου αυτού στην χώρα μας είναι «Aegean effect». Όταν ψυχρός αέρας περνάει πάνω από μια σχετικά ζεστή μάζα νερού, εμπλουτίζεται με υδρατμούς, με αποτέλεσμα να καθίσταται κορεσμένος και ως εκ τούτου, έχουμε δημιουργία νεφώσεων και υετού. Η δημιουργία των νεφών ομοιάζει πολύ με την διαδικασία δημιουργίας των καταιγιδοφόρων νεφών πάνω από την ξηρά το καλοκαίρι, λόγω μεγάλης κατακόρυφης θερμοβαθμίδας, ωστόσο εδώ δεν απαιτείται ηλιακή ακτινοβολία για την διαδικασία αυτή. Έτσι τα νέφη που δίνουν υετό σε μορφή χιονιού, είναι σωρειτόμορφα νέφη, ή ακόμα και σωρειτομελανίες. Ωστόσο η κορυφή τους δεν φτάνει σε τόσο μεγάλα υψόμετρα όσο το καλοκαίρι, καθώς η τροπόπαυση βρίσκεται σε χαμηλότερο υψόμετρο λόγω του πυκνού, κρύου αέρα που επικρατεί τον χειμώνα. Το φαινόμενο Aegean effect γίνεται ισχυρότερο όταν έχουμε μεγάλη κατακόρυφη θερμοβαθμίδα, οπότε και ένας θερμός θύλακας αέρα μπορεί να φτάσει σε μεγαλύτερα υψόμετρα με την υγρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα, και άρα να έχουμε μεγαλύτερα νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης. Οι χιονοπτώσεις τύπου lake effect παρατηρείται συχνά να εκδηλώνονται με μορφή κυρίαρχων ζωνών υετού, οι οποίες έχουν μελετηθεί από αρκετούς επιστήμονες στο παρελθόν (Jiusto και Kaplan 1972; Niziol et al. 1995; Kristovich et al. 2017; Villani et al. 2017).



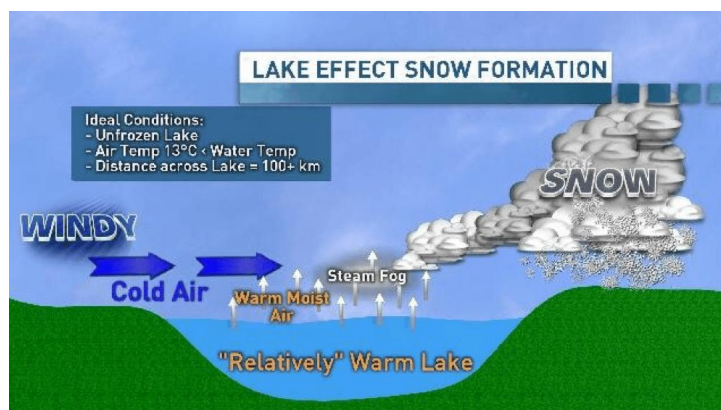
Σχήμα 1-11: Αυλώνας προερχόμενος από τα βορειοδυτικά τμήματα της Ευρώπης, με κατεύθυνση νοτιοανατολική. Αριστερά φαίνονται τα γεωδυναμικά ύψη των 500hPa, ενώ δεξιά, οι θερμοκρασίες στην ισοβαρική στάθμη των 850hPa. Οι χάρτες προέρχονται από το αρχείο της ιστοσελίδας meteociel.fr.



Σχήμα 1-12: Αυλώνας προερχόμενος από τα βόρεια τμήματα της Ευρώπης, με κατεύθυνση νότια. Αριστερά φαίνονται τα γεωδυναμικά ύψη των 500hPa, ενώ δεξιά, οι θερμοκρασίες στην ισοβαρική στάθμη των 850hPa. Οι χάρτες προέρχονται από το αρχείο της ιστοσελίδας meteociel.fr.



Σχήμα 1-13: Αυλώνας προερχόμενος από τα βορειοανατολικά τμήματα της Ευρώπης, με κατεύθυνση νοτιοδυτική. Αριστερά φαίνονται τα γεωδυναμικά ύψη των 500hPa, ενώ δεξιά, οι θερμοκρασίες στην ισοβαρική στάθμη των 850hPa. Οι χάρτες προέρχονται από το αρχείο της ιστοσελίδας meteociel.fr.



Σχήμα 1-14: Η διαδικασία με την οποία δημιουργούνται οι χιονοπτώσεις τύπου Lake/Aegean effect.

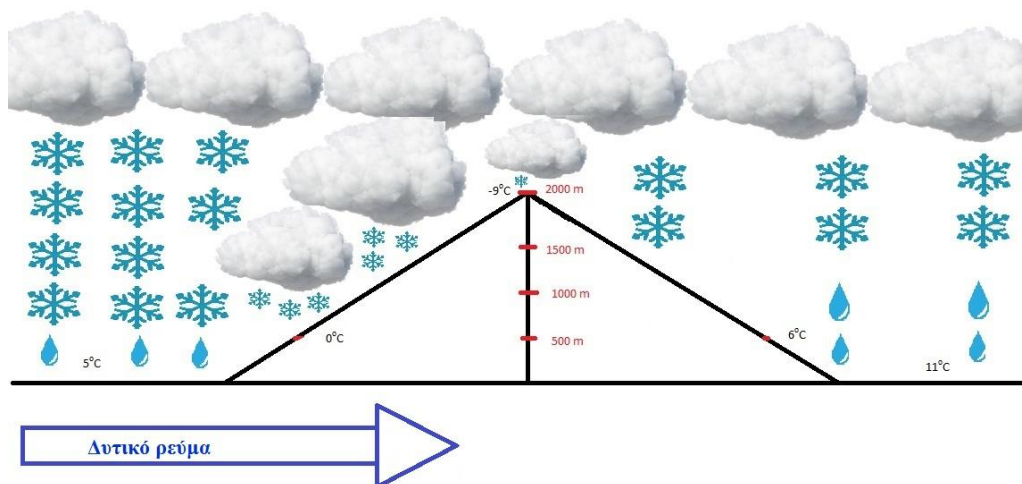
1.2.12 Επίδραση της ορογραφίας στις χιονοπτώσεις

Οι οροσειρές γενικά επηρεάζουν σε έντονο βαθμό την κατανομή του υετού που πέφτει, και με διαφορετικό τρόπο κάθε φορά. Φυσικά κάτι τέτοιο ισχύει για κάθε είδος υετού, και όχι μόνο για τις χιονοπτώσεις, ωστόσο σε οριακές συνθήκες θερμοκρασιών μια οροσειρά μπορεί να έχει ακόμα και διαφορετικά είδη υετού στις δύο πλευρές της με ίδιο υψόμετρο. Παρακάτω θα εξηγηθεί ένα απλοϊκό πρότυπο επίδρασης της οροσειράς στο είδος και την ένταση των φαινομένων.

Θέτουμε μια ευθύγραμμη οροσειρά με τον άξονά της να έχει διεύθυνση Β-Ν, και κάθετα σε αυτή έχουμε ένα συνεχές σταθερό ρεύμα, πχ δυτικό (σχήμα 1-15). Ας υποθέσουμε ότι η κορυφογραμμή της οροσειράς βρίσκεται στα 2000 μέτρα, και ότι είναι συμμετρική ως προς την κορυφογραμμή της. Ταυτόχρονα υποθέτουμε ότι έχουμε ένα ομοιογενές ως προς θερμοκρασίες και υγρασίες στρώμα ατμοσφαιρικού αέρα, το οποίο ανηφορίζει την οροσειρά λόγω του δυτικού ρεύματος. Στο επίπεδο της θάλασσας που αποτελεί το κάτω μέρος του ομοιογενούς στρώματος έχουμε 5 βαθμούς Κελσίου. Αν το στρώμα είναι αρκετά υγρό, καθώς ανηφορίζει την οροσειρά, από κάποιο μικρό υψόμετρο και μετά θα καταστεί κορεσμένο, λ.χ τα 500 μέτρα. Έτσι μέχρι τα 500 μέτρα η θερμοκρασία του στρώματος θα πέφτει με την ξηρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα ($10^{\circ}\text{C}/\text{km}$), ενώ από εκεί και έπειτα θα πέφτει με την υγρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα ($6^{\circ}\text{C}/\text{km}$). Στα 500 μέτρα της προσήνεμης πλευράς υπολογίζοντας την θερμοκρασία με την ξηρή αδιαβατική, έχουμε 0 βαθμούς Κελσίου και χιονόπτωση. Η συνέχιση της ανόδου της μάζας προκαλεί συνεχείς συμπυκνώσεις με αποτέλεσμα τις χιονοπτώσεις σε όλη την προσήνεμη πλευρά της οροσειράς. Στην κορυφογραμμή της οροσειράς η θερμοκρασία υπολογίζεται στους -9 βαθμούς Κελσίου. Κατά την κατάβαση της μάζας αέρα στην υπήνεμη πλευρά της οροσειράς, το στρώμα έχει χάσει σημαντικές ποσότητες υδρατμών σε υετό και έτσι η κατάβαση γίνεται με την ξηρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα καθ' όλο το ύψος της οροσειράς. Οι υπολογισμοί της θερμοκρασίας με την ξηρή αδιαβατική, δείχνουν ότι στα 500 μέτρα υψόμετρο της υπήνεμης πλευράς θα επικρατούν πλέον 6 βαθμοί Κελσίου, ενώ στο επίπεδο της θάλασσας θα επικρατούν 11 βαθμοί Κελσίου (που είναι και οι θερμοκρασίες ολόκληρου του στρώματος). Έτσι η υπήνεμη πλευρά θα είναι θερμότερη.

Ωστόσο αν η ύπαρξη του δυτικού ρεύματος οφείλεται σε βαρομετρικό χαμηλό, το οποίο είναι πολύ μεγαλύτερο σε έκταση από μια οροσειρά, τότε είναι ικανό να προκαλέσει φαινόμενα και στην υπήνεμη του πλευρά. Βέβαια ο συνολικός υετός θα είναι αρκετά λιγότερος, καθώς δεν συμμετέχει καθόλου η ορογραφία στα φαινόμενα.

Όμως υπάρχει και μια δεύτερη συνέπεια της οροσειράς. Αν υπάρχουν φαινόμενα και στην υπήνεμη πλευρά λόγω συνοπτικού αιτίου και ο υετός πέφτει από τα νέφη ως χιόνι, στην μεν προσήνεμη πλευρά το χιόνι θα διατηρηθεί και στα 500 μέτρα, καθώς περνάει από ένα επίσης ψυχρό στρώμα, ενώ στην υπήνεμη πλευρά οι νιφάδες χιονιού περνάνε μέσα από ένα πολύ θερμότερο στρώμα, με αποτέλεσμα να λιώνουν και τελικά ο υετός στα 500 μέτρα να πέφτει ως βροχή ή χιονόβροχο, ανάλογα με το πάχος του στρώματος αυτού.



Σχήμα 1-15: Δυτικό ρεύμα κάθετο ως προς μια οροσειρά, και οι επιπτώσεις της επίδρασης της οροσειράς ως προς την ένταση και το είδος των φαινομένων.

Κατά τα άλλα, είναι σημαντικό να σημειωθεί πως στην πραγματικότητα δεν έχουμε τέλεια εμπόδια, ή ροές ατμοσφαιρικού αέρα πάνω από αυτά. Το αποτέλεσμα είναι να υπάρχει μεγάλη δυσκολία στο αναλυτικό υπολογισμό της επίδρασης των πραγματικών οροσειρών στην κατανομή του υετού. Έτσι ο μόνος τρόπος υπολογισμών της κατανομής υετού σε αυτές τις περιπτώσεις, είναι η χρήση των αριθμητικών μοντέλων. Εργασίες έχουν δείξει (Sindosi et al., 2013) ότι σε περιπτώσεις που μειώνεται το ύψος των εμποδίων, η ομβροπλευρά αυτών θα έχει αρνητικές αποκλίσεις υετού, ενώ αντίστροφα η ομβροσκιά θα είναι πιο μικρής ισχύος, οπότε στην υπήνεμη πλευρά θα έχουμε θετικές αποκλίσεις υετού. Ως επακόλουθο η κατανομή του υετού στην περιοχή της οροσειράς γίνεται πιο ομοιογενής. Η παραπάνω εργασία έδειξε πως σε αντίθετη περίπτωση, η μεγέθυνση του ύψους των εμποδίων οδηγεί σε περισσότερο υετό στην προσήνεμη πλευρά, και λιγότερο από το κανονικό στην υπήνεμη και άρα σε αύξηση της ανισοκατανομής του υετού στην περιοχή του εμποδίου.

Παρόμοιες εργασίες για την επίδραση της ορογραφίας μιας περιοχής στην κατανομή του χιονιού τύπου lake-effect έχουν γίνει και στο εξωτερικό, όπως για το νησί Χοκάιντο της Ιαπωνίας (Campbell et al., 2019) και έχουν δείξει ανάλογα αποτελέσματα.

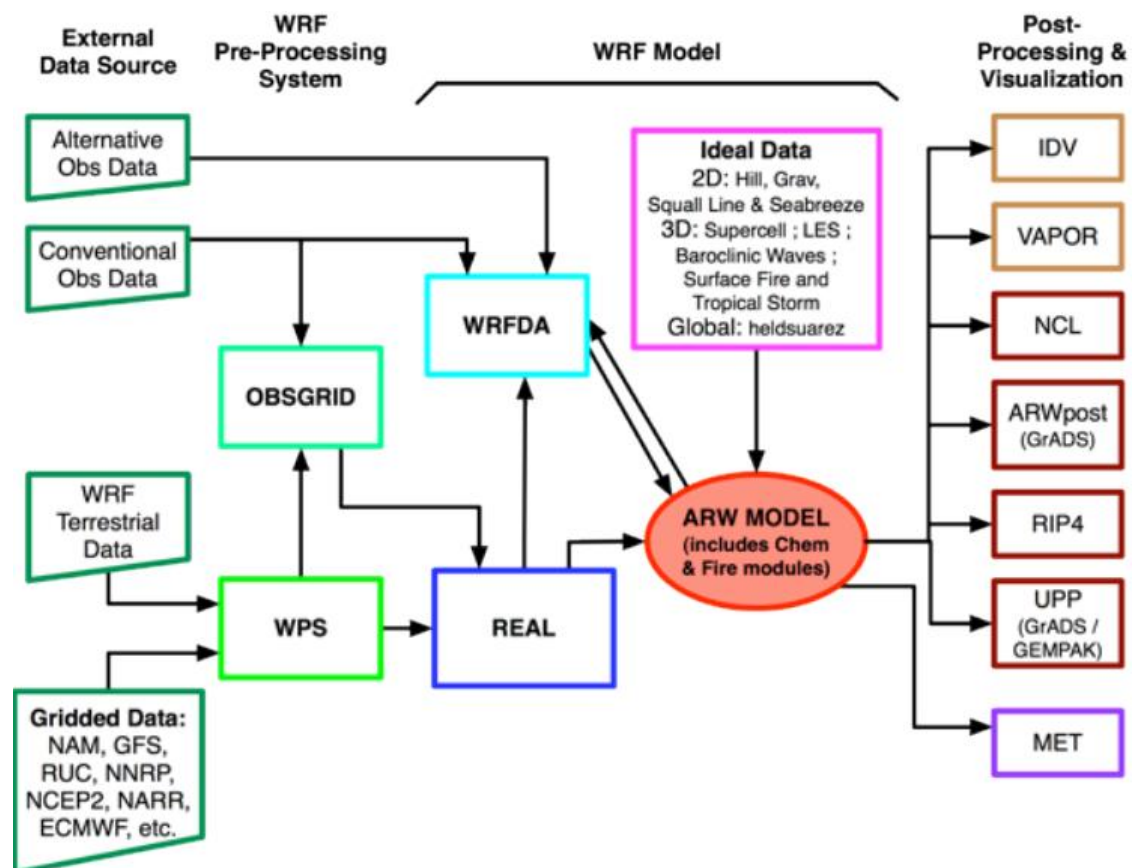
1.3 Σκοπός της εργασίας

Ο σκοπός της εργασίας είναι η εύρεση των αλλαγών που συμβαίνουν στις μετεωρολογικές παραμέτρους στην Αττική κατά την διάρκεια περιπτώσεων χιονόπτωσης, σε διάφορα σενάρια γεωμορφολογίας της Εύβοιας. Το προγνωστικό μετεωρολογικό μοντέλο που χρησιμοποιείται είναι το WRF το οποίο «έτρεξε» σε τέσσερις περιπτώσεις χιονοπτώσεων των ανατολικών προσήνεμων και για τέσσερα διαφορετικά σενάρια γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών της Εύβοιας.

2.1 Το αριθμητικό μοντέλο πρόγνωσης καιρού WRF

Για την προσομοίωση των ατμοσφαιρικών συνθηκών των συνοπτικών περιπτώσεων που επιλέχθηκαν, εφαρμόζεται το μοντέλο **WRF-ARW (Version4) (Weather Research and Forecasting model)** χρησιμοποιώντας ως αρχικές και οριακές συνθήκες, επιχειρησιακές αναλύσεις δεδομένων ανά 6-ωρο. Οι αρχικές και πλευρικές οριακές συνθήκες είναι δεδομένα που προέρχονται από το GFS ανάλυσης (GFS-ANL). Η χωρική ανάλυση τους είναι σταθερή και ίση με $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$. Για το τρέξιμο των περιοχών Ελλάδας και Αττικής έγινε χρήση της μονόδρομης εμφώλευσης (one-way nesting) που έχει ως αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό των αρχικών δεδομένων από το GFS ανάλυσης και πλευρικών συνθηκών με τα αποτελέσματα του μοντέλου WRF της προηγούμενης περιοχής. Αρκετές εργασίες έχουν εκπονηθεί στο παρελθόν που είχαν ως σκοπό την μελέτη διάφορων επεισοδίων χιονιού τύπου lake effect με χρήση του προγνωστικού μοντέλου WRF (Eipper et al., 2019, Fujisaki-Malone et al., 2020, Ghafarian 2021).

Το σχήμα 2-1 δείχνει το διάγραμμα ροής του προγνωστικού μοντέλου WRF-ARW v4.



Σχήμα 2-1: Το διάγραμμα ροής του προγνωστικού μοντέλου WRF-ARW v4.

Όπως φαίνεται στο σχήμα, το μοντέλο WRF απαρτίζεται από τα παρακάτω κύρια προγράμματα:

- Το σύστημα προεπεξεργασίας WRF (WPS)
- WRF-DA
- Πρόγραμμα επίλυσης ARW (advanced research WRF)
- Εργαλεία προεπεξεργασίας και οπτικοποίησης παραμέτρων.

Κάθε ένα από τα παραπάνω προγράμματα παίζει συγκεκριμένο ρόλο στο μοντέλο.

WRF-DA

Αυτό το πρόγραμμα είναι προαιρετικό, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εισαγωγή παρατηρήσεων στις παρεμβαλλόμενες αναλύσεις που δημιουργούνται από το WPS. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την ενημέρωση των αρχικών συνθηκών του μοντέλου WRF όταν το μοντέλο WRF εκτελείται σε κυκλική λειτουργία.

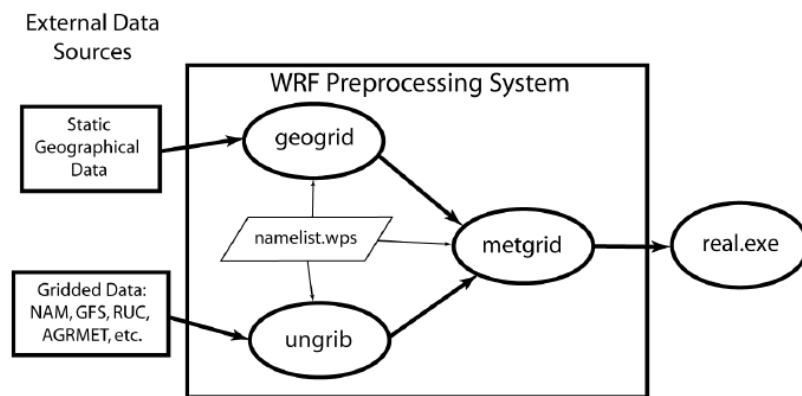
ARW solver

Αυτό είναι το βασικό στοιχείο του συστήματος μοντελοποίησης, το οποίο αποτελείται από πολλά προγράμματα αρχικοποίησης για εξιδανικευμένες και πραγματικές προσομοιώσεις δεδομένων, και το πρόγραμμα αριθμητικής ολοκλήρωσης.

WPS

Αυτό το πρόγραμμα χρησιμοποιείται κυρίως για προσομοιώσεις πραγματικών δεδομένων. Οι λειτουργίες του περιλαμβάνουν 1) τον καθορισμό περιοχών προσομοίωσης. 2) παρεμβολή επίγειων δεδομένων (όπως ανάγλυφο, χρήση γης και τύποι εδάφους) στην περιοχή προσομοίωσης, και 3) αποκρυπτογράφηση και παρεμβολή μετεωρολογικών δεδομένων από άλλο μοντέλο σε αυτή την περιοχή προσομοίωσης.

Το σύστημα προεπεξεργασίας του WRF (WPS) είναι ένα σύνολο τριών προγραμμάτων των οποίων ο συλλογικός ρόλος είναι να προετοιμάσουν τα δεδομένα εισόδου στο πραγματικό πρόγραμμα για προσομοιώσεις πραγματικών δεδομένων. Κάθε ένα από τα προγράμματα εκτελεί ένα στάδιο της προετοιμασίας: Το *geogrid* ορίζει τις γεωγραφικές περιοχές των μοντέλων και παρεμβάλλει στατικά γεωγραφικά δεδομένα στα πλέγματα. Το *ungrib* εξάγει μετεωρολογικά πεδία από αρχεία με μορφοποίηση GRIB. Τέλος το *metgrid* παρεμβάλλει οριζόντια τα μετεωρολογικά πεδία που εξάγονται από *ungrib* στα πλέγματα μοντέλων που ορίζονται από το *geogrid*. Η διαδικασία της κάθετης παρεμβολής μετεωρολογικών πεδίων σε eta-επίπεδα WRF εκτελείται εντός του πραγματικού προγράμματος.



Σχήμα 2-2: Η ροή δεδομένων μεταξύ των προγραμμάτων του WPS.

Καθένα από τα προγράμματα WPS “διαβάζει” παραμέτρους από ένα κοινό αρχείο λίστας ονομάτων, όπως φαίνεται στο σχήμα 2-2. Αυτό το αρχείο λίστας ονομάτων έχει ξεχωριστές καταγραφές λίστας ονομάτων για κάθε ένα από τα προγράμματα και μια κοινόχρηστη καταγραφή λίστας ονομάτων, η οποία ορίζει παραμέτρους που χρησιμοποιούνται από περισσότερα από ένα προγράμματα WPS.

Όπως έχει προαναφερθεί, το προγνωστικό μοντέλο παρεμβάλλει τα επίγεια δεδομένα στην προσομοίωση. Αυτά αφορούν είτε το υψόμετρο, είτε τον τύπο χρήσης γης. Οι διάφοροι τύποι χρήσης γης, μπορεί να έχουν επιπτώσεις σε μετεωρολογικές παραμέτρους όπως είναι η τοπική επιφανειακή θερμοκρασία η σχετική υγρασία, ή και η ανακλαστικότητα του εδάφους. Έτσι για βέλτιστα αποτελέσματα στην προσομοίωση, το μοντέλο WRF χρησιμοποιεί 21 τύπους χρήσης γης. (19 τύπους ξηράς, και 2 τύπους υγρού εδάφους) Αυτοί φαίνονται στον πίνακα 2.1.

Πίνακας 1-1: Κατηγορίες χρήσης γης του μοντέλου WRF.

Land Use Category	Land Use Category Land Use Description
1	Evergreen Needleleaf Forest
2	Evergreen Broadleaf Forest
3	Deciduous Needleleaf Forest
4	Deciduous Broadleaf Forest
5	Mixed Forests
6	Closed Shrublands
7	Open Shrublands
8	Woody Savannas
9	Savannas
10	Grasslands
11	Permanent Wetlands
12	Croplands
13	Urban and Built-Up
14	Cropland/Natural Vegetation Mosaic
15	Snow and Ice
16	Barren or Sparsely Vegetated
17	Water
18	Wooded Tundra
19	Mixed Tundra
20	Barren Tundra
21	Lake, land use category of inland water bodies

2.2 Επιλογή γεωγραφικών περιοχών εκτέλεσης του μοντέλου

Στο σχήμα 2-3 παραθέτουμε τις γεωγραφικές περιοχές (domains) στις οποίες «έτρεξε» το μοντέλο. Η εξωτερική γεωγραφική περιοχή, αφορά την περιοχή της Ευρώπης και της βόρειας Αφρικής. Αποτελείται από 300·200 (e_we·e_sn) πλεγματικά σημεία, με οριζόντια ανάλυση τα 18 km. Οι συντεταγμένες των άκρων της είναι οι εξής:

ΒΔ άκρο: 53.98667° B, 27.73428° Δ **ΒΑ άκρο:** 53.98667° B, 60.73428° A
ΝΔ άκρο: 24.25864° B, 9.66091° Δ **ΝΑ άκρο:** 24.25864° B, 42.66091° A

Η ενδιάμεση γεωγραφική περιοχή, αφορά την ευρύτερη περιοχή της Ελλάδας και αποτελείται από 202·157 πλεγματικά σημεία, οριζόντιας ανάλυσης 6km. Οι συντεταγμένες των άκρων της είναι οι εξής:

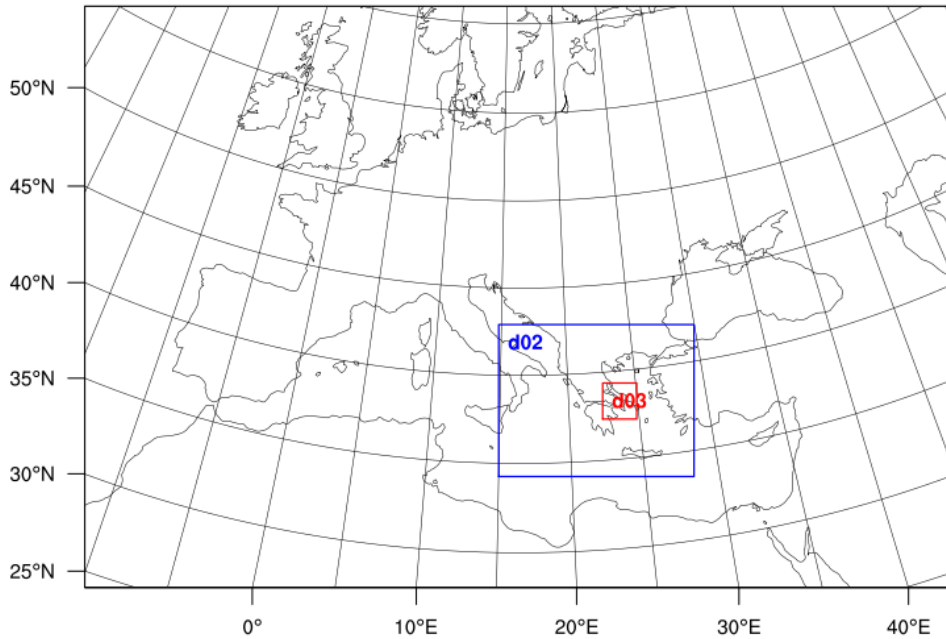
ΒΔ άκρο: 42.86745° B, 14.82434° A **ΒΑ άκρο:** 42.04523° B, 29.93225° A
ΝΔ άκρο: 34.27809° B, 15.03964° A **ΝΑ άκρο:** 33.57335° B, 28.23242° A

Τέλος η εσωτερική γεωγραφική περιοχή, αφορά την περιοχή των ανατολικών προσήνεμων τμημάτων της χώρας. Αποτελείται από 106·112 πλεγματικά σημεία ανάλυσης 2km και οι συντεταγμένες άκρων της είναι οι εξής:

ΒΔ άκρο: 39.35708° B, 22.61359° A **ΒΑ άκρο:** 39.18444° B, 25.04309° A
ΝΔ άκρο: 37.36663° B, 22.42242° A **ΝΑ άκρο:** 37.20008° B, 24.77692° A

Έχει σημασία να αναφέρουμε πως το μοντέλο «βλέπει» την κάθε περιοχή ως την προβολή μίας διδιάστατης τετράπλευρης επιφάνειας πάνω στην υδρόγειο. Καθώς οι χάρτες στους οποίους έγινε η οπτικοποίηση των δεδομένων ακολουθούν την μερκατοριανή προβολή, αναμένεται τα όρια των περιοχών απεικόνισης των μετεωρολογικών παραμέτρων να μην ταυτίζονται με αυτά των γεωγραφικών χαρτών.

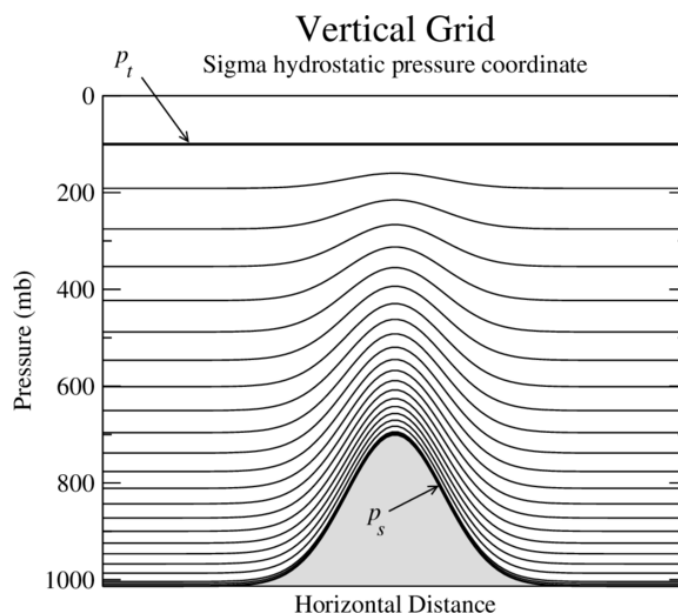
WPS Domain Configuration



Σχήμα 2-3: Η εξωτερική γεωγραφική περιοχή, καθώς και η ενδιάμεση (d02) και εσωτερική (d03).

Όσο αφορά την κατακόρυφη ανάλυση του μοντέλου έχει επιλεγθεί η υβριδική κατακόρυφη συντεταγμένη (σίγμα-πίεσης) και αποτελείται από 40 κατακόρυφα επίπεδα.

Η σ ορίζεται ως $\sigma = (p - p_T)/(p_S - p_T)$ όπου p είναι πίεση, και οι δείκτες T και S αντιπροσωπεύουν τις τιμές της πίεσης κορυφής και της επιφάνειας του εδάφους της ατμόσφαιρας του μοντέλου αντίστοιχα. Με τη συντεταγμένη σίγμα, η χαμηλότερη επιφάνεια συντεταγμένων ακολουθεί το ανάγλυφο του μοντέλου, με αποτέλεσμα την σημαντική απλοποίηση των εξισώσεων σε σύγκριση με την συντεταγμένη της πίεσης ή με μια μη τροποποιημένη γεωμετρική συντεταγμένη ύψους. Η συντεταγμένη σίγμα είναι καθαρός αριθμός.



Σχήμα 2-4: Σύστημα συντεταγμένων σίγμα-πίεσης 20 επιπέδων.

Για τις συνοπτικές περιπτώσεις επεισοδίων χιονιού, είναι σημαντικό να επιλεγθούν οι κατάλληλες αρχικές συνθήκες στις οποίες θα τρέξει το μοντέλο WRF. Θα πρέπει οι αρχικές συνθήκες του τρεξίματος του μοντέλου να βρίσκονται ένα μικρό χρονικό διάστημα πριν σημειωθούν τα φαινόμενα και όχι αμέσως πριν την έναρξη των φαινομένων, για να αποφευχθούν τα spin-ups του μοντέλου (Colle et al., 2000; Davolio et al., 2007). Ο όρος spin-up αναφέρεται στις δυναμικές και

θερμικές προσαρμογές στο αρχικό στάδιο της αριθμητικής ολοκλήρωσης για την επίτευξη μιας κατάστασης στατιστικής ισορροπίας. Οι αρχικές συνθήκες πρέπει να είναι θερμοδυναμικά ισορροπημένες σε σχέση με το μοντέλο που θα εκτελεστεί. Εάν όχι, το μοντέλο θα κάνει μια προσαρμογή μέχρι να επιτευχθεί η ισορροπία. Ωστόσο οι αρχικές συνθήκες του μοντέλου δεν θα πρέπει να βρίσκονται σε μεγάλη χρονική απόσταση από τα πρώτα φαινόμενα, καθώς η αξιοπιστία της πρόγνωσης των μοντέλων μειώνεται σημαντικά με τον χρόνο. (Sindosi et al., 2010).

2.3 Επιλογή επεισοδίων χιονόπτωσης

Η επιλογή των υπό μελέτη περιπτώσεων χιονόπτωσης, έγινε βάσει των μετεωρολογικών δεδομένων των σταθμών του Τατοΐου, τα οποία ελήφθησαν από την ιστοσελίδα Meteomanz με τη μορφή συνοπτικών τηλεγραφημάτων, καθώς και με τη χρήση δεδομένων από τους σταθμούς του Ε.Α.Α. της Κύμης της Σέττας και της Στενής Ευβοίας. Για την επιλογή επεισοδίων χιονιού, θέσαμε ως ζητούμενο ο σταθμός του Τατοΐου να έχει καταγράψει χιονόπτωση στο συνοπτικό τηλεγράφημα και ταυτόχρονα να έχει καταγραφεί υετός στους σταθμούς της Εύβοιας. Η διάρκεια των επεισοδίων χιονιού είναι ανάλογη με αυτή που κατέγραψε ο σταθμός του Τατοΐου στο συνοπτικό τηλεγράφημα, ωστόσο για τις ανάγκες της εργασίας η διάρκεια πρόγνωσης του μοντέλου σε κάθε περίπτωση επεκτάθηκε χρονικά. Με βάση τα παραπάνω, μελετήθηκαν οι εξής περιπτώσεις χιονοπτώσεων:

➤ **Περίπτωση 1) Έναρξη καταγραφών χιονόπτωσης: 10/2/2015 06z**

Αρχικές συνθήκες: 9/2/2015 00z, διάρκεια πρόγνωσης: 84h

➤ **Περίπτωση 2) Έναρξη καταγραφών χιονόπτωσης: 28/12/2016 06z**

Αρχικές συνθήκες: 27/12/2016 12z, διάρκεια πρόγνωσης: 96h

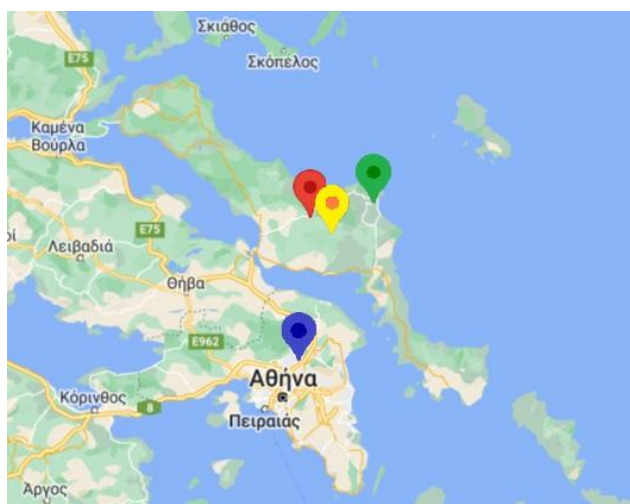
➤ **Περίπτωση 3) Έναρξη καταγραφών χιονόπτωσης: 7-1-2019 18z**

Αρχικές συνθήκες: 6-1-2019 12z, διάρκεια πρόγνωσης: 48h

➤ **Περίπτωση 4) Έναρξη καταγραφών χιονόπτωσης: 23/2/2019 12z**

Αρχικές συνθήκες: 22/2/2019 12z, διάρκεια πρόγνωσης: 48h

Στις παραπάνω περιπτώσεις, αναγράφονται οι ημερομηνίες που καταγράφηκε πρώτη φορά χιονόπτωση στο συνοπτικό τηλεγράφημα του Τατοΐου και από κάτω οι αρχικές συνθήκες τρεξίματος, καθώς και η διάρκεια πρόγνωσης του μοντέλου. Με βάση τα προαναφερθέντα για την σημασία της επιλογής των αρχικών συνθηκών, κρίθηκε ότι η αποτελεσματική προσομοίωση του μοντέλου χωρίς να επηρεαστεί η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων του, μπορεί να καταστεί εφικτή αν οι αρχικές συνθήκες των τρεξιμάτων ξεκινήσουν την προηγούμενη από την ημέρα που καταγράφονται στο συνοπτικό τηλεγράφημα χιονοπτώσεις. Οι μικρές διαφορές στην χρονική απόσταση των αρχικών συνθηκών με την έναρξη καταγραφής χιονόπτωσης στον σταθμό του Τατοΐου οφείλονται στην διαφορετική θέση των αυλώνων σε κάθε περίπτωση χιονόπτωσης, όπου θέλουμε να εξαλείψουμε όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερα φαινόμενα υετού που δεν σχετίζονται άμεσα με το εκάστοτε επεισόδιο χιονιού.



Σχήμα 2-5: Οι περιοχές που βρίσκονται οι μετεωρολογικοί σταθμοί του Τατοΐου Αττικής (μπλε), της Κύμης (πράσινο), της Σέττας (κίτρινο) και της Στενής (κόκκινο) Ευβοίας.

2.4 Επιλογή μετεωρολογικών παραμέτρων - γεωμορφολογικές τροποποιήσεις

2.4.1 Μετεωρολογικές παράμετροι

Οι παράμετροι που επιλέχθηκαν από τα προγνωστικά αποτελέσματα του μοντέλου είναι διαφορετικές για κάθε γεωγραφική περιοχή, ώστε να μην υπάρχουν επαναλήψεις, ενώ κρίθηκε ότι για την πλήρη κατανόησή τους, η αντιστοιχία τους με τις περιοχές ενδιαφέροντος θα πρέπει να είναι οι παρακάτω.

Περιοχή Ευρώπης:

- Γεωδυναμικό ύψος (Z500), θερμοκρασία στην στάθμη των 500hPa (T500).

Περιοχή Ελλάδας:

- Ατμοσφαιρική πίεση στην μέση στάθμη θάλασσας (surface level pressure, SLP).

Περιοχή ανατολικών προσήνεμων:

- Συνολικός υετός και υετός 24ωρου, ανεμολογικό πεδίο (άνεμοι στα 10 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας) κλάσμα νέφωσης (χαμηλή-lcf, μεσαία-mcf, υψηλή-hcf). Θερμοκρασία 2 μέτρων πάνω από το έδαφος, (T2m), ενώ θα εξεταστούν και οι αποκλίσεις της μέσης ζωνικής και μεσημβρινής ταχύτητας ανέμων στα 10 μέτρα από την επιφάνεια του εδάφους (U10, V10) καθώς και οι αποκλίσεις των μέσων θερμοκρασιών 2 μέτρων από το έδαφος των πειραματικών σεναρίων σε σύγκριση με αυτό του πραγματικού.

2.4.2 Γεωμορφολογικές τροποποιήσεις

Αρχικά είναι σημαντικό να αναφέρουμε πως οι αλλαγές στα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της Εύβοιας έγιναν στην εσωτερική και ενδιάμεση γεωγραφική περιοχή, καθώς στην εξωτερική γεωγραφική περιοχή η Εύβοια αποτελεί μόνο ένα σημείο του πλέγματος και η επίδρασή της στις μετεωρολογικές παραμέτρους είναι αμελητέα.

- Σενάριο 1: Αντικατάσταση της Εύβοιας με το Αιγαίο Πέλαγος.

Στο σενάριο αυτό, το υψόμετρο κάθε σημείου που αποτελεί την Εύβοια μηδενίζεται και έρχεται στο επίπεδο της μέσης στάθμης θάλασσας. Σημειώνουμε πως εδώ δεν πρόκειται για ξηρή έκταση μηδενικού υψόμετρου που καλύπτει την περιοχή την οποία βρίσκεται η Εύβοια, αλλά για φυσική συνέχεια του Αιγαίου Πελάγους. Το γεγονός αυτό απαιτεί αλλαγή και στη χρήση γης, καθώς η ξηρά διαφόρων ειδών μετατρέπεται σε θάλασσα. Ο τύπος χρήσης γης κατάλληλος για περιγραφή της θάλασσας είναι όπως βλέπουμε στον πίνακα 2.1 ο NO17 (νερό). Οι αλλαγές που προαναφέρθηκαν έγιναν τόσο στην ενδιάμεση, όσο και στην εσωτερική γεωγραφική περιοχή.

- Σενάριο 2: Επίπεδη Εύβοια ύψους 10 μέτρων.

Για το σενάριο αυτό, η Εύβοια τροποποιήθηκε έτσι ώστε όλο το νησί να χαρακτηρίζεται από απουσία βαθμίδας υψόμετρου, με υψόμετρο το οποίο θα βρίσκεται στα 10 μέτρα. Οι μόνες περιοχές που δεν τροποποιήθηκαν καθόλου ως προς το υψόμετρο είναι αυτές που με βάση τον κώδικα του μοντέλου βρίσκονται κάτω από τα 10 μέτρα υψόμετρο. Έτσι η όποια μικρή βαθμίδα υψόμετρου υπάρχει, περιορίζεται στην περίμετρο του νησιού.

Η δεύτερη γεωμορφολογική παράμετρος είναι το είδος του εδάφους από το οποίο αποτελείται το νησί. Με βάση τον πίνακα 2.1 καθώς και την περιγραφή του τύπου χρήσης γης της Εύβοιας από το μοντέλο, κρίθηκε ότι δεν υπάρχει λόγος αλλαγής αυτού σε αυτό το σενάριο, καθώς οι συγκεκριμένοι τύποι εδάφους μπορούν να υπάρξουν και στο υψόμετρο στο οποίο έχει τροποποιηθεί η Εύβοια. Ταυτόχρονα μια αλλαγή από έναν τύπο χρήσης γης σε έναν άλλο, εφόσον αναφερόμαστε σε ξηρά, δεν μπορεί να έχει επιρροή στις μετεωρολογικές παραμέτρους που εξετάζουμε, παρά μόνο σε ένα εξαιρετικά μικρό βαθμό στην τοπική επιφανειακή θερμοκρασία καθώς και την σχετική υγρασία της περιοχής. Οι αλλαγές που προαναφέρθηκαν έγιναν τόσο στην ενδιάμεση, όσο και στην εσωτερική γεωγραφική περιοχή.

- Σενάριο 3: Καμία γεωμορφολογική μεταβολή στην Εύβοια.

Σε αυτό το σενάριο, το μοντέλο WRF έτρεξε στις παραπάνω ημερομηνίες χωρίς να αλλάξουμε κάποιο στοιχείο στην γεωμορφολογία της Εύβοιας. Έτσι όλα τα αποτελέσματα αφορούν την πρόγνωση του καιρού από το μοντέλο WRF για την πραγματική γεωμορφολογική εικόνα της Εύβοιας στα τέσσερα επεισόδια χιονιού.

- Σενάριο 4: Μετατροπή της Εύβοιας σε οροσειρά.

Στα πρώτα δύο σενάρια οι αλλαγές έγιναν με στόχο την απόδειξη της αύξησης των χιονοπτώσεων στην Αττική, καθώς η απουσία της οροσειράς της Δίρφους θα επιτρέψει την εισχώρηση στην Αττική, όλων των διαθέσιμων υδρατμών της υγρής μάζας του Αιγαίου χωρίς απώλειες. Σε αντίθεση με τα δύο προηγούμενα, το τέταρτο σενάριο επεξεργασίας της γεωμορφολογίας της Ευβοίας έγινε με στόχο την μεγαλύτερη ένταση της αρνητικής επιρροής της Δίρφους στις χιονοπτώσεις της Αττικής.

Η περιγραφή της ορογραφίας της Ευβοίας σε αυτό το σενάριο είναι η εξής: Ολόκληρη η έκταση της Εύβοιας υψώνεται σε μια ενιαία οροσειρά, το μέγιστο υψόμετρο της οποίας αγγίζει τα 3000 μέτρα πάνω από τη μέση στάθμη της επιφάνειας της θάλασσας. Κρίθηκε ότι η τιμή των 3000 μέτρων είναι ιδανική για την προσομοίωσή μας, καθώς αποτελεί σχεδόν διπλασιασμό του μέγιστου ύψους της Δίρφους, ενώ ταυτόχρονα είναι ένα υψόμετρο το οποίο για την γεωμορφολογία της Ελλάδας δεν αποτελεί άτοπο ή υπερβολικό, καθώς η Ελλάδα είναι μια ορεινή χώρα με πολλές κορυφές να ξεπερνούν τα 2000 μέτρα. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του Ολύμπου, που έχει σχετικά μικρή οριζόντια έκταση, ωστόσο η κορυφή του αγγίζει τα 2918 μέτρα.

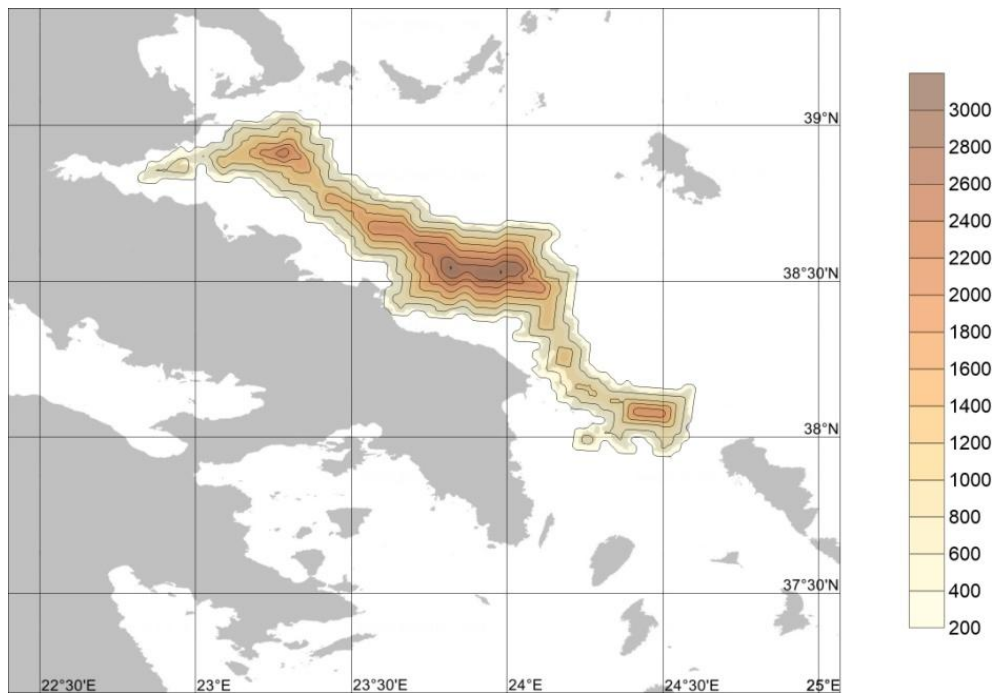
Το τοπικό μέγιστο του υψόμετρου της οροσειράς βρίσκεται στο κέντρο του γεωμετρικού σχήματος της Εύβοιας, ενώ το υψόμετρο ακολουθεί ακτινική μείωση από την μέγιστη τιμή του που βρίσκεται στην κορυφογραμμή, μέχρι τις ακτές. Η τιμή υψόμετρου κάθε κυψελίδας του πλέγματος είναι ανάλογη με την ελάχιστη απόσταση αυτής από την θάλασσα. Πρόκειται για μία γραμμική εξίσωση της μορφής:

$$\text{Υψόμετρο κυψελίδας} = 333\text{m} * (\text{απόσταση κυψελίδας από την θάλασσα}) \quad (2.1)$$

Η απόσταση κάθε κυψελίδας από την θάλασσα μετριέται με τον αριθμό των κυψελίδων που παρεμβάλλονται μεταξύ αυτής και της θάλασσας, συμπεριλαμβανομένης και της ίδιας, και παίρνει τιμές από 1 έως 9.

Η γεωμορφολογία της Εύβοιας στο τέταρτο σενάριο απεικονίζεται στο σχήμα 2.6. Αν και δεν μπορούν να υπάρξουν τα περισσότερα από τα είδη πανίδας σε αυτά τα υψόμετρα, δεν έγινε καμία αλλαγή στην χρήση της γης, καθώς και σε αυτή την περίπτωση επιδράσεις της χρήσης γης μπορούν να υπάρξουν μόνο στην επιφανειακή θερμοκρασία και την σχετική υγρασία της περιοχής, και αυτές σε εξαιρετικά μικρό βαθμό.

Οι παραπάνω αλλαγές αφορούν την εσωτερική γεωγραφική περιοχή. Στην ενδιάμεση γεωγραφική περιοχή, η λογική της επεξεργασίας των δεδομένων υψόμετρου και χρήσης γης ήταν η ίδια. Ωστόσο ακριβώς λόγω της διαφορετικής ανάλυσης του πλέγματος και της έκτασης της Εύβοιας σε αυτό, η κορυφογραμμή της οροσειράς περιορίστηκε στα 2300 μέτρα.

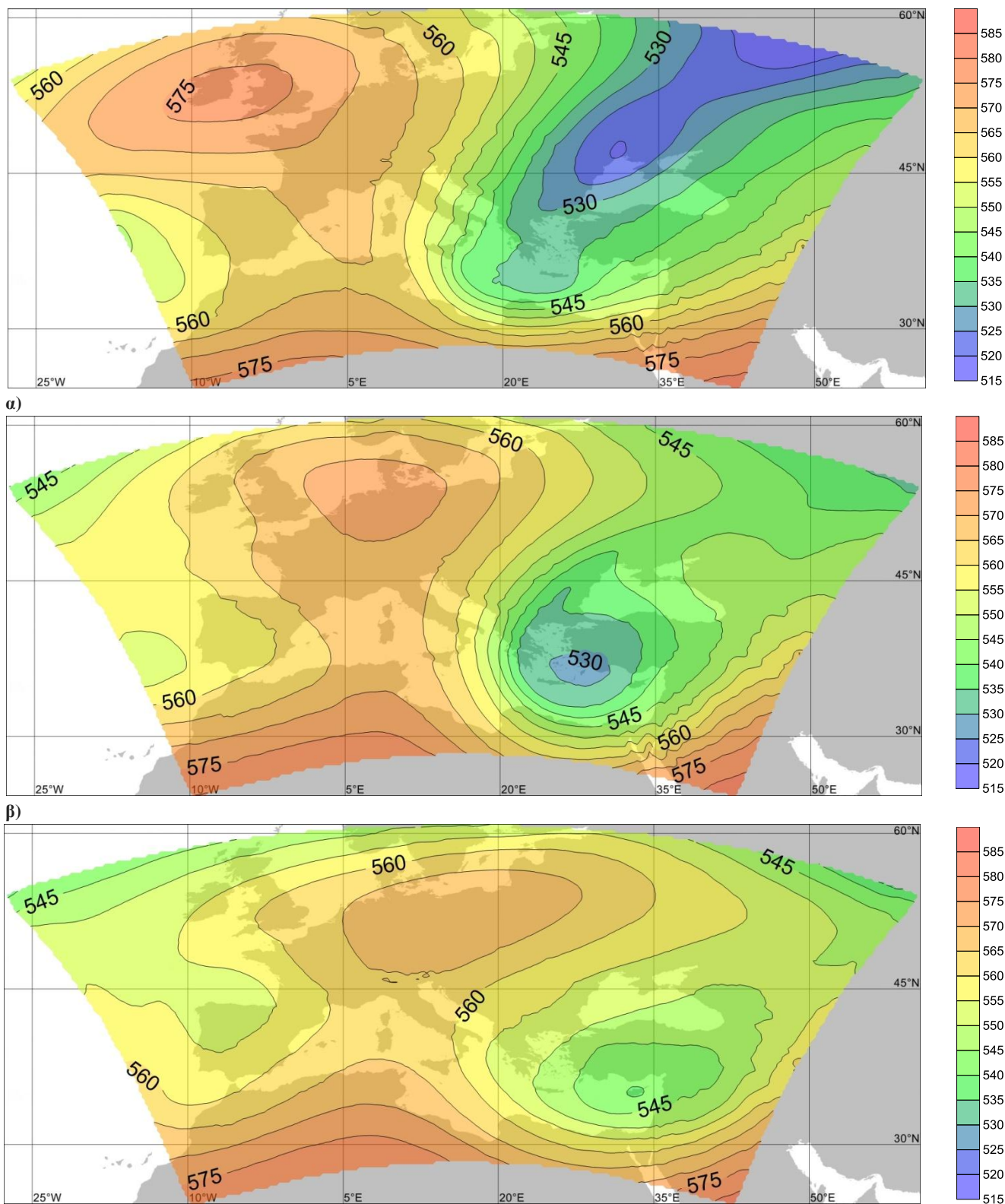


Σχήμα 2-6: Το υψόμετρο της Εύβοιας στην εσωτερική γεωγραφική περιοχή για το τελευταίο γεωμορφολογικό σενάριο.

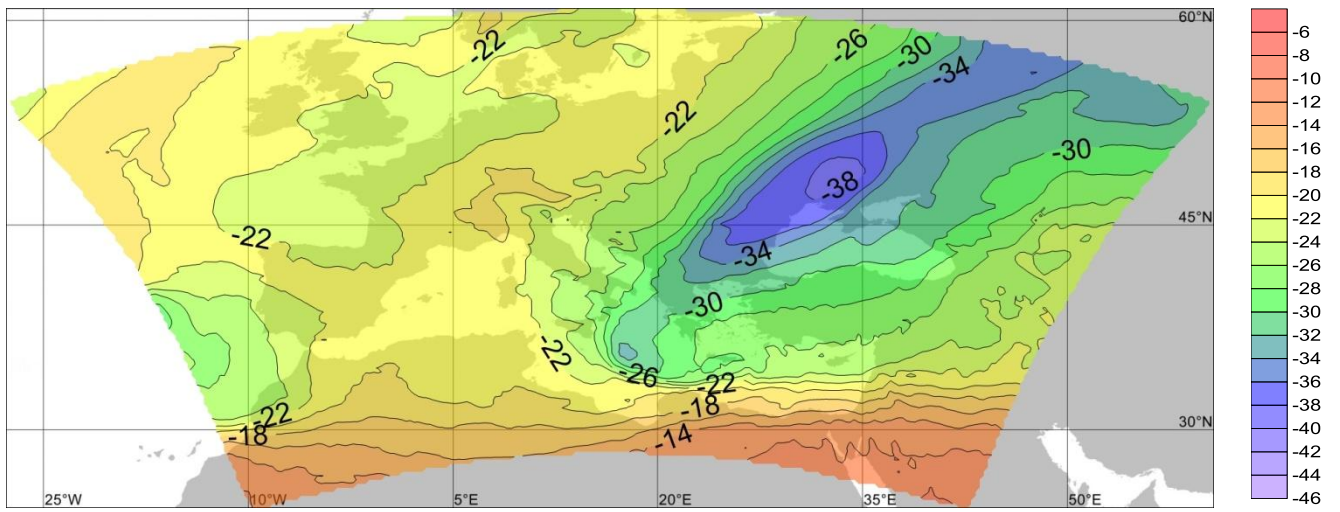
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Πρώτη περίπτωση χιονοπτώσεων: 9-12/2/2015

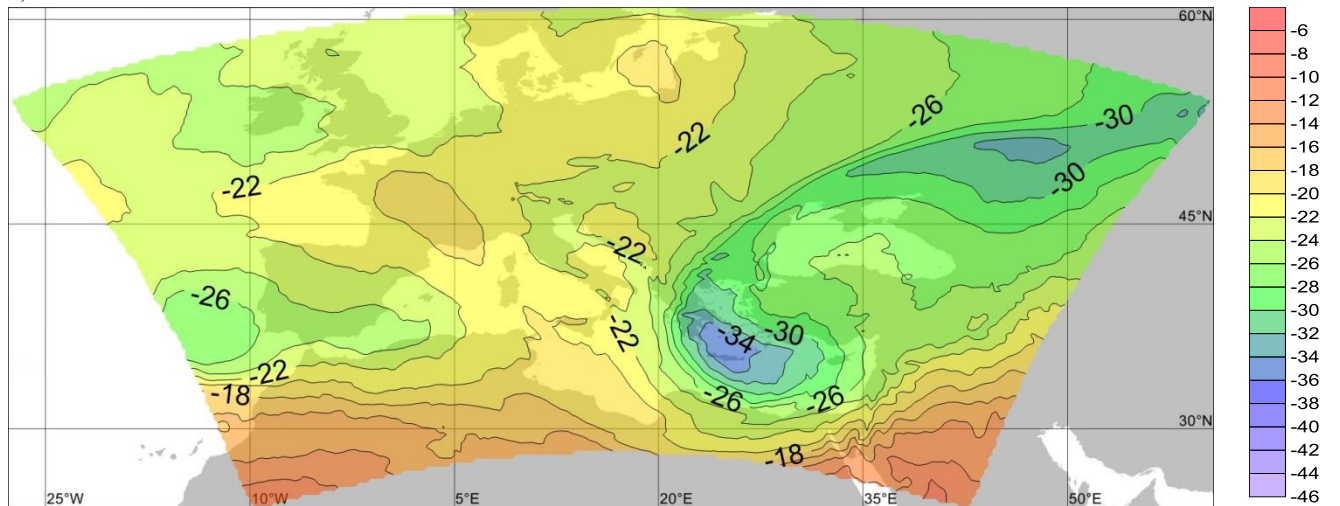
Στα σχήματα 3-1 και 3-2 αποτυπώνονται τα γεωδυναμικά ύψη και οι θερμοκρασίες της στάθμης των 500hPa για την περιοχή της Ευρώπης. Στις 24 προγνωστικές ώρες έχουμε έναν αυλώνα χαμηλών πιέσεων ο οποίος κινείται από την ευρωπαϊκή Ρωσία και την Ουκρανία νοτιοδυτικά, προς την χώρα μας. Στις 48 προγνωστικές ώρες έχουμε αποκοπή της ψυχρής μάζας πάνω από την χώρα μας με κέντρο την περιοχή του Αιγαίου, και τέλος στις 72 προγνωστικές ώρες έχουμε την απομάκρυνση της ψυχρής μάζας προς την περιοχή της ανατολικής Μεσογείου, και την σταδιακή διάλυση της.



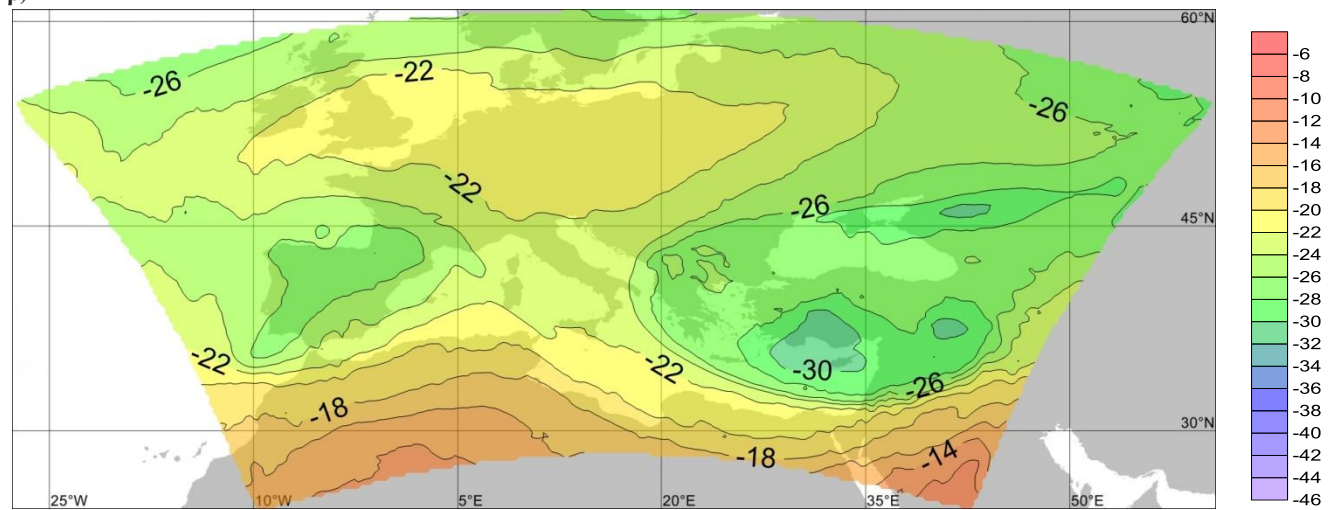
Σχήμα 3-1: Χάρτες γεωδυναμικού ύψους της στάθμης των 500hPa ($gpm \cdot 10$) στην περιοχή της Ευρώπης για την πρώτη περίπτωση χιονοπτώσεων και για πρόγνωση 24 (α), 48 (β) και 72 (γ) ωρών.



α)



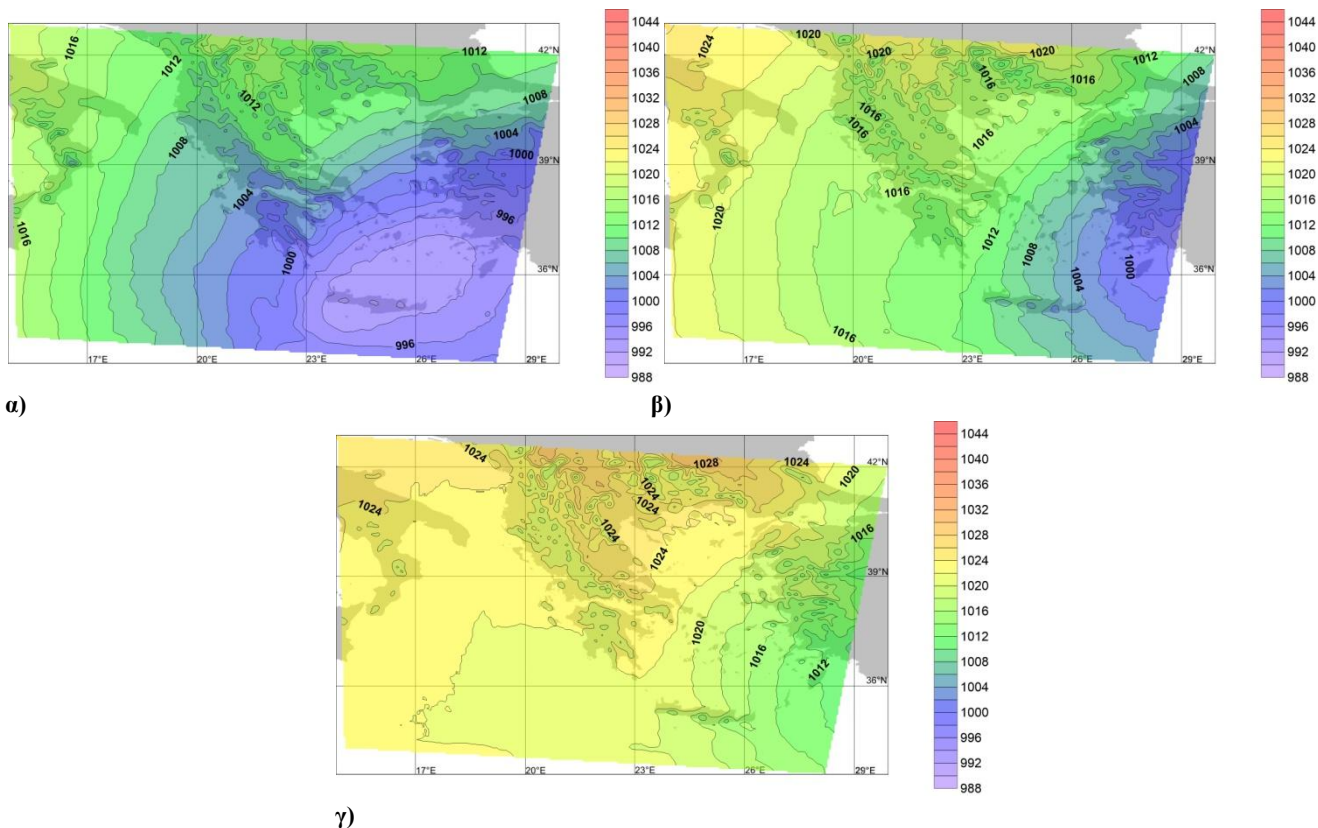
β)



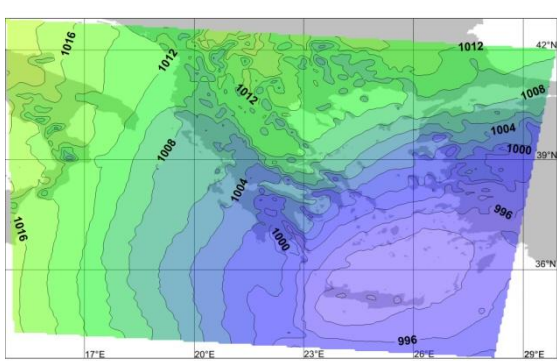
γ)

Σχήμα 3-2: Όπως στο σχήμα 3-1, αλλά για τη θερμοκρασία της στάθμης των 500hPa.

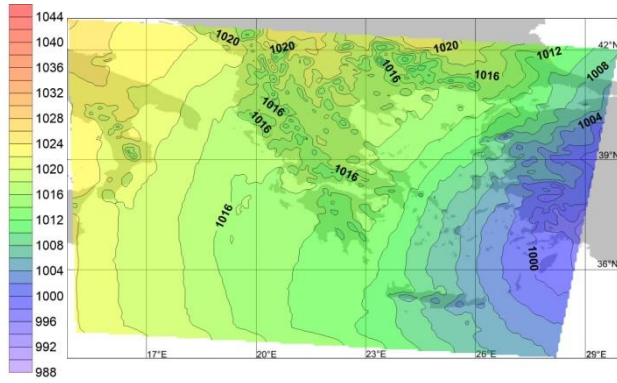
Στα σχήματα 3-3, 3-4 και 3-5, έχουμε τους χάρτες των επιφανειακών πιέσεων στην ευρύτερη περιοχή της Ελλάδας για τις 24, 48 και 72 ώρες από την αρχή της πρόγνωσης, για τα διάφορα σενάρια γεωμορφολογίας της Εύβοιας. Στους χάρτες φαίνεται ένα βαρομετρικό χαμηλό με κέντρο την περιοχή της Κρήτης να κινείται ανατολικά, το οποίο προκαλεί έντονο βορειοανατολικό ρεύμα στο Αιγαίο. Ενδιαφέρον έχει το γεγονός, ότι η κατανομή πιέσεων αλλάζει πάνω από την περιοχή της Εύβοιας όταν αλλάζουμε την γεωμορφολογία της. Χαρακτηριστικά στο σενάριο της Εύβοιας σε μορφή πεδιάδας οι ισοβαρείς του χαμηλού πάνω από το νησί δεν παρουσιάζουν κάποια έξαρση, αλλά συνεχίζουν με την ίδια μορφή που έχουν πάνω από την θάλασσα. Αντίθετα στο σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας, έχουμε μια δημιουργία τοπικού επιφανειακού χαμηλού στην υπήνεμη πλευρά της Εύβοιας. Στο σενάριο της Εύβοιας με τις πραγματικές συνθήκες υψομέτρου της συμβαίνει το ίδιο φαινόμενο με το σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας, σε μικρότερο βαθμό βέβαια λόγω της μικρής έκτασης και ύψους της οροσειράς της Δίρφους.



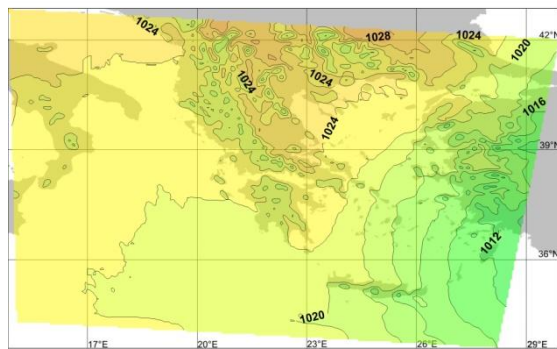
Σχήμα 3-3: Χάρτες ατμοσφαιρικής πίεσης στη μέση στάθμη της επιφάνειας της θάλασσας (hPa) στην περιοχή της Ελλάδας για την πρώτη περίπτωση χιονοπτώσεων και για πρόγνωση 24 (α), 48 (β) και 72 (γ) ωρών με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.



α)

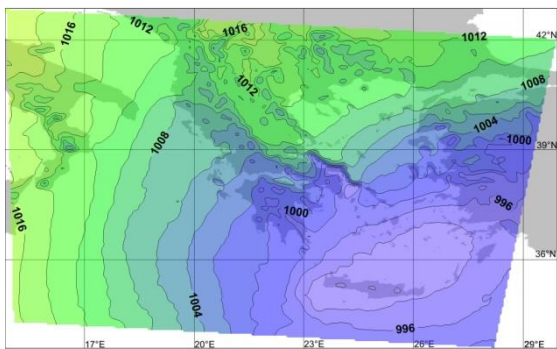


β)

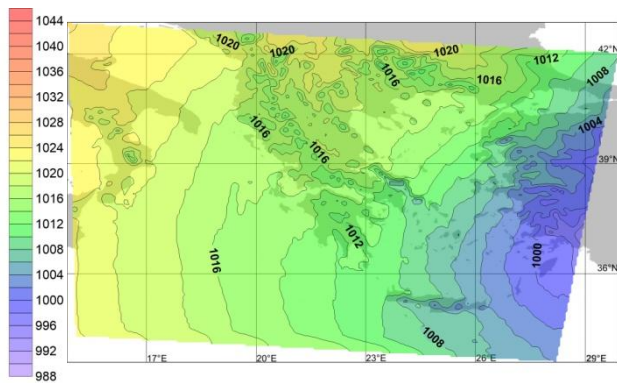


γ)

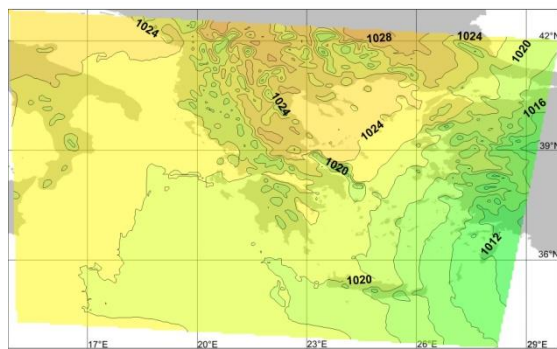
Σχήμα 3-4: Όπως στο σχήμα 3-3, αλλά με την Εύβοια στις πραγματικές συνθήκες υψομέτρου της.



α)



β)



γ)

Σχήμα 3-5: Όπως στο σχήμα 3-3, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.

Στους χάρτες των σχημάτων 3-6 έως 3-27 έχουν αποτυπωθεί διάφορες παράμετροι ανά 24ωρο και για κάθε σενάριο γεωμορφολογίας της Ευβοίας για την πρώτη περίπτωση χιονοπτώσεων. Από τους χάρτες μπορούν να βγουν κάποια συμπεράσματα για τις παραπάνω παραμέτρους.

Οι χάρτες των σχημάτων 3-6, 3-7, 3-8 και 3-9 αναφέρονται στον **ολικό ύψος υετού** της διαταραχής καθώς και στον **υετό 24ωρου**. Παρατηρήθηκε ότι στο σενάριο της πεδιάδας-Εύβοιας έχουμε μεγάλη ομοιότητα στην κατανομή του υετού στην εσωτερική γεωγραφική περιοχή, με την περίπτωση που αφαιρέσουμε εξ ολοκλήρου την Εύβοια από τον χάρτη και την αντικαταστήσουμε με την συνέχεια του Αιγαίου. Τα τοπικά μέγιστα υετού βρίσκονται στην ανατολική Στερεά, την βόρεια Αττική, καθώς και σε τμήματα της περιοχής Εύβοιας. Με βάση την προσομοίωση αυτή, η ύπαρξη ξηράς η οποία όμως βρίσκεται σε πολύ μικρό υψόμετρο, έχει σχεδόν μηδενικές αποκλίσεις στην ποσότητα των φαινομένων που θα εισχωρήσουν στην Αττική, σε σχέση με το σενάριο που η Εύβοια δεν υφίσταται ως νησί. Η παρατήρηση αυτή έγινε σε όλες τις περιπτώσεις επεισοδίων χιονιού, και έτσι κρίθηκε ότι δεν θα χρειαστεί περαιτέρω απεικόνιση των παραμέτρων που εξετάζονται, στο σενάριο που η Εύβοια δεν υφίσταται ως νησί για τις υπόλοιπες περιπτώσεις χιονοπτώσεων.

Στο σενάριο της Εύβοιας με τις πραγματικές συνθήκες υψομέτρου της, τοπικά μέγιστα υετού βρίσκονται στα περισσότερα προσήνεμα τμήματα της Εύβοιας, και δευτερευόντως στην ανατολική Στερεά.

Τέλος στο σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας, η επίπτωση της έντονης ορογραφίας στην κατανομή του υετού στην εσωτερική γεωγραφική περιοχή γίνεται εξαιρετικά έντονη, με πολύ μεγάλα ποσά υετού στην προσήνεμη πλευρά της οροσειράς της Εύβοιας, και πολύ μικρά ή ακόμα και μηδενικά ποσά στην υπήνεμη πλευρά της οροσειράς καθώς και στην περιοχή της Αττικής.

Στους χάρτες του σχήματος 3-10 είναι αποτυπωμένες οι **αποκλίσεις του συνολικού υετού** για κάθε περίπτωση γεωμορφολογίας της Εύβοιας, σε σχέση με τις πραγματικές συνθήκες υψομέτρου της.

Στο σενάριο που η Εύβοια δεν υφίσταται σαν νησί, καθώς και στο σενάριο πεδιάδας-Εύβοιας (σχήμα 3-10α και 3-10β), παρατηρείται σημαντική αύξηση του υετού στην Αττική, ιδιαίτερα στα βόρεια και ανατολικά τμήματα αυτής, με το μέγιστο ύψος αυτής να αγγίζει τα 50 χιλιοστά υετού. Σημαντική αναλογικά αύξηση έχει και το υπόλοιπο λεκανοπέδιο, κατά 5 με 10 χιλιοστά υετού. Παρατηρείται μείωση του συνολικού υετού στα προσήνεμα του νησιού, και αύξηση του υετού στις υπήνεμες περιοχές της Εύβοιας, καθώς και στα βόρεια και ανατολικά τμήματα της Αττικής σε σχέση με το σενάριο των πραγματικών γεωμορφολογικών συνθηκών Εύβοιας. Η Δίρφυς, λόγω ορογραφίας έχει ως αποτέλεσμα σημαντικό τμήμα των υδρατμών να κατακρημνίζεται στα προσήνεμα της οροσειράς, οδηγώντας σε έλλειμμα υδρατμών στις υπήνεμες περιοχές. Έτσι η απουσία της οροσειράς αυτής οδηγεί σε εξομάλυνση των υετικών βαθμίδων στην Εύβοια, και στην αύξηση του υετού στην Αττικοβοιωτία.

Στον χάρτη του σχήματος 3-10γ που αποτυπώνεται η απόκλιση του υετού στο σενάριο οροσειράς-Εύβοιας σε σχέση με τις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της, παρατηρείται μια εξαιρετικά μεγάλη αύξηση του υετού στα προσήνεμα τμήματα της Εύβοιας λόγω της έντονης ορογραφίας, και ως επακόλουθο μια αντίστοιχα σημαντική μείωση υετού ιδιαίτερα στα βόρεια τμήματα της Αττικής, η οποία αγγίζει τα 100 χιλιοστά. Σημαντική είναι αναλογικά η μείωση των χιλιοστών του υετού και στις περιοχές του λεκανοπέδιου με το ύψος της μείωσης να κυμαίνεται μεταξύ 5 και 20 χιλιοστών. Η μεγαλύτερη και πιο εκτεταμένη οροσειρά αυτού του σεναρίου, οδηγεί την αέρια μάζα σε μεγαλύτερα ύψη με την υγρή αδιαβατική διαδικασία, με αποτέλεσμα να χάνει μεγαλύτερο ποσό υδρατμών και έτσι εφόσον περάσει στην υπήνεμη πλευρά της οροσειράς, ξεκινά την κάθοδό της με την ξηρή αδιαβατική διαδικασία σε υψόμετρο πολύ μεγαλύτερο από ότι αυτό που θα ξεκινούσε στην περίπτωση των πραγματικών συνθηκών υψομέτρου της Εύβοιας. Έτσι η μάζα αέρα είναι πολύ πιο ξηρή όταν περνάει πάνω από την υπήνεμη πλευρά της Εύβοιας και τελικά πάνω από την Αττική και την Βοιωτία, οπότε και ο υετός των περιοχών αυτών είναι ελάχιστος.

Το **κλάσμα νεφώσεων** δείχνει την πυκνότητα των νεφώσεων πάνω από μια περιοχή. Χαμηλές νεφώσεις στο μοντέλο θεωρούνται αυτές οι οποίες βρίσκονται μεταξύ 300 και 2000 μέτρων πάνω από την επιφάνεια της γης. Οι μέσες νεφώσεις ταξινομούνται ως αυτές οι οποίες βρίσκονται μεταξύ 2000

και 6000 μέτρων από την επιφάνεια της γης, και τέλος οι υψηλές νεφώσεις θεωρούνται αυτές που βρίσκονται πάνω από 6000 μέτρα από την επιφάνεια της γης. Να σημειωθεί ότι δεν αναφερόμαστε στην κατακόρυφη απόσταση από την Μ.Σ.Θ., αλλά την κατακόρυφη απόσταση της βάσης του νέφους από την επιφάνεια της γης, ανεξάρτητα από το υψόμετρο της δεύτερης. Έτσι αν η νέφωση βρίσκεται στα 2500 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας, αλλά η θέση του νέφους είναι τέτοια ώστε να βρίσκεται πάνω από βουνό το οποίο στην περιοχή έχει υψόμετρο π.χ. τα 2000 μέτρα, τότε η νέφωση θεωρείται χαμηλή, καθώς η απόστασή της από το έδαφος είναι 500 μέτρα.

Στους χάρτες των σχημάτων 3-11, 3-12 και 3-13 αποτυπώνεται το **κλάσμα χαμηλών νεφώσεων**. Στο γεωμορφολογικό σενάριο πεδιάδας-Εύβοιας και της Εύβοιας στις πραγματικές συνθήκες υψομέτρου της, έχουμε παρόμοια κατανομή χαμηλών νεφών ανά 24ωρο, με τις μικρές διαφορές να παρατηρούνται κυρίως στις υπήνεμες περιοχές της Εύβοιας και στην βόρεια Αττική, όπου υπάρχει ελαφρώς μειωμένο κλάσμα χαμηλών νεφών σε όλα τα 24ωρα πρόγνωσης στις πραγματικές συνθήκες της Εύβοιας. Στο σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας το μεγαλύτερο ποσοστό των χαμηλών νεφών παραμένει στην προσήνεμη πλευρά της Εύβοιας λόγω της έντονης ορογραφίας, ενώ στα υπήνεμα τμήματα της Εύβοιας η σχετική υγρασία της αέριας μάζας βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα, λόγω της θέρμανσης μέσω ξηρής αδιαβατικής η οποία συμβαίνει στην μάζα αέρα που κατέρχεται από την οροσειρά, με αποτέλεσμα μειωμένο κλάσμα χαμηλών νεφώσεων στην περιοχή.

Στους χάρτες των σχημάτων 3-14, 3-15 και 3-16 αποτυπώνεται το **κλάσμα μέσων νεφώσεων**. Ακολουθούν την ίδια λογική χωρικής και χρονικής κατανομής ανάλογα με την γεωμορφολογία της Εύβοιας και την ώρα πρόγνωσης με τις χαμηλές νεφώσεις, με μόνη διαφορά τα μικρότερα κλάσματα μέσης νέφωσης σε σχέση με την χαμηλή.

Στους χάρτες των σχημάτων 3-17, 3-18 και 3-19 αποτυπώνεται το **κλάσμα υψηλών νεφώσεων**. Έχουν μικρότερα ποσοστά κάλυψης σε σχέση με τις μέσες και τις χαμηλές νεφώσεις, και αυτές βρίσκονται κυρίως στις 24 ώρες πρόγνωσης, οπότε οφείλουν την ύπαρξή τους στο οργανωμένο χαμηλό στην περιοχή της Κρήτης εκείνη την χρονική στιγμή. Στα επόμενα 24ωρα, στα οποία τα φαινόμενα είναι αποκλειστικά τύπου Aegean effect, δεν υπάρχουν σχεδόν καθόλου υψηλές νεφώσεις καθώς οι χιονοπτώσεις αυτού του είδους συμβαίνουν από νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης, οι κορυφές των οποίων δεν φτάνουν στα υψόμετρα των υψηλών νεφών. Σε αντίθεση με τις χαμηλές και μέσες νεφώσεις, η γεωμορφολογία της Εύβοιας επηρεάζει σε σημαντικά μικρότερο βαθμό την κατανομή τους.

Τελευταία παρατήρηση που αφορά όλα τα ύψη των νεφώσεων είναι ο βαθμός στον οποίο εισέρχονται στο νησί, στο γεωμορφολογικό σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας. Όσο ανεβαίνουμε κατηγορία υψομέτρου τόσο δυσκολότερα εισέρχονται οι νεφώσεις στην Εύβοια. Κάτι τέτοιο δεν θα ήταν λογικό, αν οι χάρτες των νεφώσεων αναφερόντουσαν σε ύψος με βάση την κατακόρυφη απόστασή τους από την θάλασσα, αφού οι μάζες που εξαναγκάζονται σε ανύψωση λόγω του φυσικού εμποδίου της Εύβοιας διαστέλλονται, έπειτα καθίστανται κορεσμένες, με αποτέλεσμα την συμπύκνωση των υδρατμών σε νέφη. Ωστόσο προηγουμένως έχουμε αναφερθεί, ότι η κατηγορία ύψους των νεφών συνδέεται με την απόσταση της βάσης των νεφών από την επιφάνεια της γης, ανεξαρτήτου υψομέτρου της δεύτερης. Έτσι η έλλειψη μέσων νεφών που έχουμε σε περιοχές με υψόμετρο 3km αφορά την έλλειψη νεφών με απόσταση 5km από την Μ.Σ.Θ., ενώ η έλλειψη υψηλών νεφώσεων από την κορυφή της οροσειράς, αφορά νεφώσεις των οποίων η βάση βρίσκεται 9km από την Μ.Σ.Θ.. Έτσι σε θεωρητικό επίπεδο, πάνω από την οροσειρά θα μπορούσαν να υπάρχουν υψηλά νέφη, η βάση των οποίων θα βρισκόταν στα 6-7 km από την Μ.Σ.Θ, ωστόσο το μοντέλο δεν τα καταγράφει ως τέτοια.

Οι χάρτες των σχημάτων 3-20, 3-21 και 3-22 αναφέρονται στο **ανεμολογικό πεδίο** της περιοχής. Στις 24 ώρες πρόγνωσης έχουμε έντονο βορειοανατολικό ρεύμα στο Αιγαίο το οποίο εισχωρεί στην Εύβοια και στην Αττική, ενώ λίγο δυτικότερα έχουμε βορειοδυτικό ρεύμα, με αποτέλεσμα την σύγκλιση αυτών των δύο συνιστωσών ανέμων κατά μήκος του άξονα βορρά-νότου. Στα επόμενα 24ωρα έχουμε σταδιακή μετακίνηση προς ανατολάς αυτής της σύγκλισης των ανέμων,

με ταυτόχρονη εξασθένιση του γενικού πεδίου των ανέμων, καθώς το χαμηλό απομακρύνεται από το Αιγαίο.

Το πεδίο των ανέμων αλλάζει με την αλλαγή της γεωμορφολογίας της Εύβοιας, κυρίως στην περιοχή της Εύβοιας. Στο σενάριο της πεδιάδας-Εύβοιας έχουμε σταθερή ροή του βορειοανατολικού ρεύματος από το Αιγαίο, ενώ στις πραγματικές συνθήκες παρατηρείται μια αύξηση της έντασης του βορειοανατολικού ρεύματος στα υπήνεμα της οροσειράς της Δίρφους. Στο σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας παρατηρείται ένα πεδίο πολύ ισχυρών ανέμων στα υπήνεμα τμήματα του νησιού καθώς δρουν ως ισχυροί καταβατικοί άνεμοι. Η ένταση του ανέμου εξομαλύνεται στις 72 προγνωστικές ώρες, καθώς το ρεύμα γίνεται πλέον βορειοδυτικό και είναι σχεδόν παράλληλο με την οροσειρά, οπότε και εκλείπουν οι καταβατικοί άνεμοι.

Στα συγκριτικά σχήματα της **διαφοράς της μέσης έντασης της ζωνικής και μεσημβρινής συνιστώσας του ανέμου** (σχήμα 3-23) είναι εμφανής η αλληλεπίδραση της ορογραφίας με τους ανέμους. Σε σχέση με τις πραγματικές συνθήκες, το σενάριο πεδιάδας-Εύβοιας έχει λίγο ισχυρότερους βορειοανατολικούς ανέμους στην περιοχή της Αττικής και ασθενέστερους βορειοανατολικούς στα υπήνεμα τμήματα της Εύβοιας, καθώς η απουσία της Δίρφους έχει ως επακόλουθο την έλλειψη καταβατικών ανέμων που προκαλεί η οροσειρά. Η κάπως αυξημένη ένταση τόσο στο Αιγαίο όσο και στην Αττική, είναι στα όρια του στατιστικού λάθους καθώς αυξάνεται μόλις για 1 m/s. Πιθανή εξήγηση για την αύξηση στο Αιγαίο είναι η έμμεση αλληλεπίδραση της έλλειψης της Δίρφους στην Εύβοια, ενώ στην περιοχή της Αττικής για την μικρή αύξηση του βορειοανατολικού ρεύματος πιθανώς να ευθύνεται η έλλειψη του πολύ ασθενούς επιφανειακού χαμηλού στα υπήνεμα τμήματα της Εύβοιας, το οποίο εισαγάγει μια μικρή νοτιοδυτική συνιστώσα πάνω στο γενικότερο βορειοανατολικό προφίλ των ανέμων.

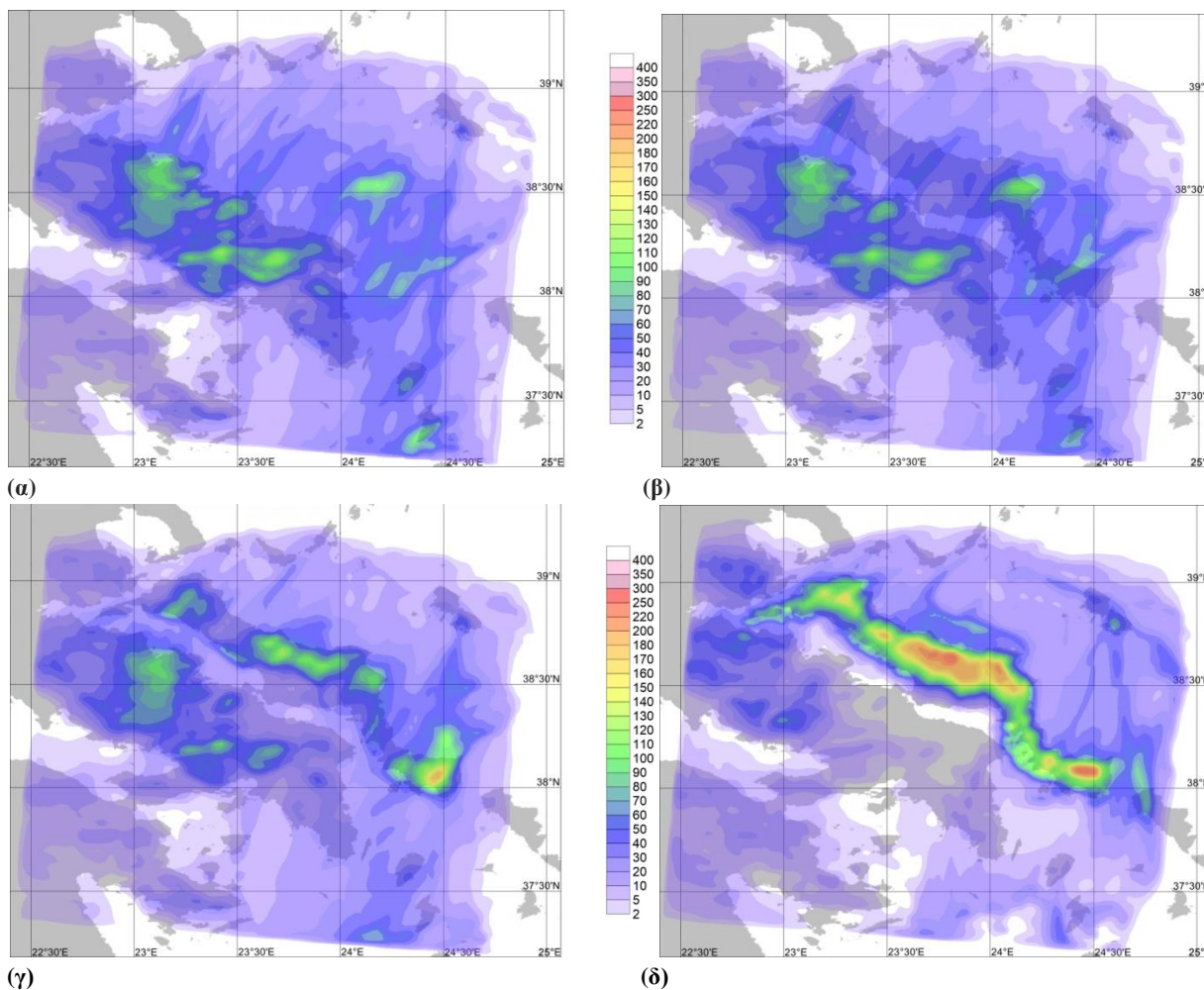
Στο σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας σημειώνονται αντίστροφες αποκλίσεις ως προς τις πραγματικές συνθήκες, σε σχέση με το σενάριο της πεδιάδας-Εύβοιας. Έτσι έχουμε ενίσχυση των καταβατικών βορειοανατολικών ανέμων στα υπήνεμα τμήματα της οροσειράς, ενώ έχουμε μικρότερη ένταση βορειοανατολικού ανέμου στην περιοχή της Αττικής και στο Αιγαίο. Συγκεκριμένα στην Αττική η μείωση της έντασης του βορείου ρεύματος σημειώνεται με μια ταυτόχρονη αλλά σχετικά μικρή αύξηση της έντασης της ανατολικής συνιστώσας. Η εξασθένιση του ρεύματος στα προσήνεμα τμήματα του νησιού οφείλεται στην μεγάλη κλίση της οροσειράς η οποία έχει ως αποτέλεσμα η προβολή του διανύσματος του αέρα στο οριζόντιο επίπεδο να έχει μικρή τιμή. Τέλος η εξασθένιση του βορειοανατολικού ρεύματος στα τμήματα του Αιγαίου, μπορεί να αιτιολογηθεί ως μια έμμεση επίδραση της οροσειράς στο ανεμολογικό πεδίο.

Με βάση τους χάρτες της **θερμοκρασίας στα δύο μέτρα από την επιφάνεια της γης** (σχήματα 3-24, 3-25 και 3-26), η ψυχρή εισβολή βρίσκεται στην μέγιστη έντασή της στις 48 ώρες. Στις 72 ώρες η ψυχρή εισβολή έχει αρχίσει να υποχωρεί, όπως φαίνεται από τις επιφανειακές θερμοκρασίες του Αιγαίου. Ωστόσο σε σχέση με τις 24 ώρες πρόγνωσης, έχουμε χαμηλότερες θερμοκρασίες ξηράς, φαινόμενο το οποίο εξηγείται από τις χιονοστρώσεις που δεν επιτρέπουν τον υδράργυρο να ανέβει στις ίδιες τιμές όπως σε αυτές κατά την έναρξη της ψυχρής εισβολής.

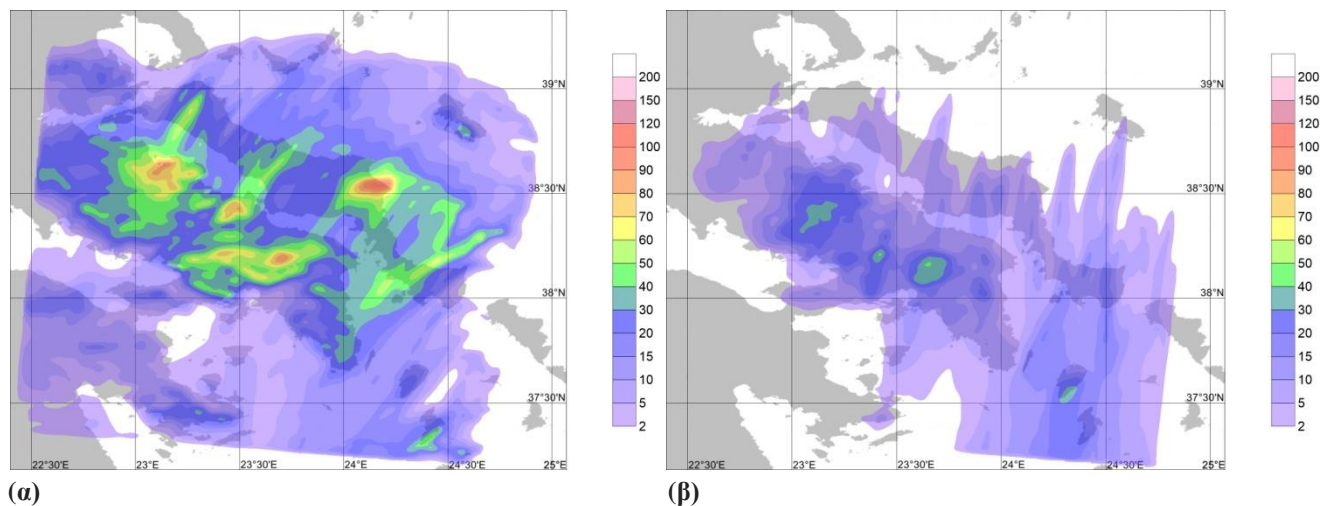
Στους χάρτες των **αποκλίσεων των μέσων θερμοκρασιών** (σχήμα 3-27) των διάφορων σεναρίων γεωμορφολογίας της Εύβοιας, παρατηρείται πως στο σενάριο που η Εύβοια είναι πεδιάδα, η θερμοκρασία στην Αττική θα είναι μειωμένη κατά 0.5 με 1 βαθμούς. Η έλλειψη του φαινομένου της αδιαβατικής συμπίεσης που θα είχε υποστεί η μάζα κατά την κάθοδό της από την οροσειρά της Δίρφους είναι υπεύθυνη για αυτή την μείωση της θερμοκρασίας στην περιοχή της Αττικής. Ρόλο στην μείωση της επιφανειακής θερμοκρασίας της Αττικής, μπορεί να έχει και η μεγαλύτερη ένταση των φαινομένων στο σενάριο πεδιάδας-Εύβοιας. Αυτό το γεγονός έχει σημαντικές επιπτώσεις στην χιονόστρωση στο λεκανοπέδιο της Αττικής σε χαμηλά υψόμετρα, σε επεισόδια χιονιού με οριακές θερμοκρασίες. Έτσι, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας, οι χιονοπτώσεις στην Αττική θα ξεκινούσαν σε χαμηλότερα υψόμετρα, και στις περιοχές όπου οι θερμοκρασίες κατά την διάρκεια των χιονοπτώσεων είναι οριακά θετικές, θα είχαμε αλλαγή πρόσημου στην θερμοκρασία με αποτέλεσμα για τα ίδια ποσά υετού να έχουμε μεγαλύτερες χιονοστρώσεις.

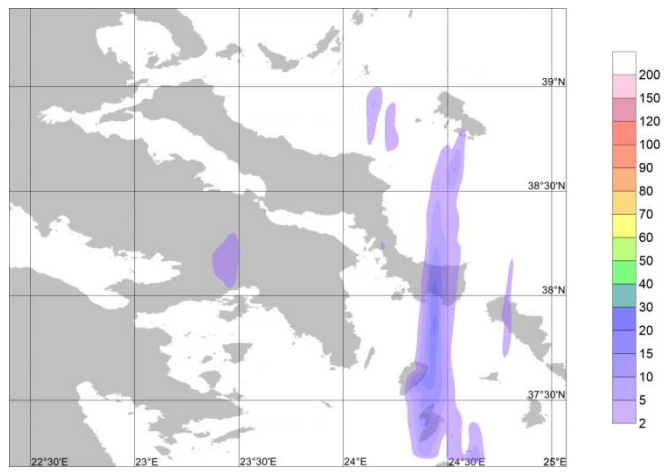
Στον αντίποδα, ο χάρτης σύγκρισης των μέσων θερμοκρασιών της οροσειράς-Εύβοιας σε σχέση με τις πραγματικές συνθήκες, δείχνει μια αύξηση της θερμοκρασίας στην Αττική από 0.5 έως 1.5 βαθμούς Κελσίου, με αποτέλεσμα οι χιονοπτώσεις να ξεκινούν από μεγαλύτερα υψόμετρα και στις περιοχές με οριακά αρνητικές θερμοκρασίες να έχουμε αλλαγή του πρόσημου της θερμοκρασίας σε θετικό, και έτσι με τα ίδια ποσά υετού θα έχουμε μικρότερες χιονοστρώσεις. Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται στα πολύ μεγάλα ποσά υετού στα ανατολικά προσήνεμα τμήματα της Εύβοιας λόγω της ορογραφίας, με αποτέλεσμα η αέρια μάζα χάνει πολύ μεγάλο μέρος υδρατμών, και η ξηρή αδιαβατική θέρμανσή της ξεκινάει από μεγαλύτερο υψόμετρο στην υπήνεμη πλευρά της οροσειράς από ότι στο σενάριο με τις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της Εύβοιας.

Οι θερμοκρασιακές διαφορές στην περιοχή της Εύβοιας αποδίδονται κυρίως στις αλλαγές που έχουν συμβεί στο υψόμετρο της.



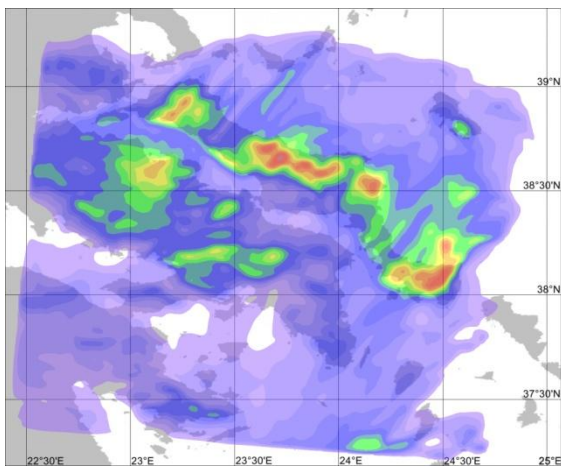
Σχήμα 3-6: Χάρτες ολικού ύψους υετού (mm) στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την πρώτη περίπτωση χιονοπτώσεων, για το σενάριο απουσίας της Εύβοιας (α), με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας (β), με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της (γ) και με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς (δ).



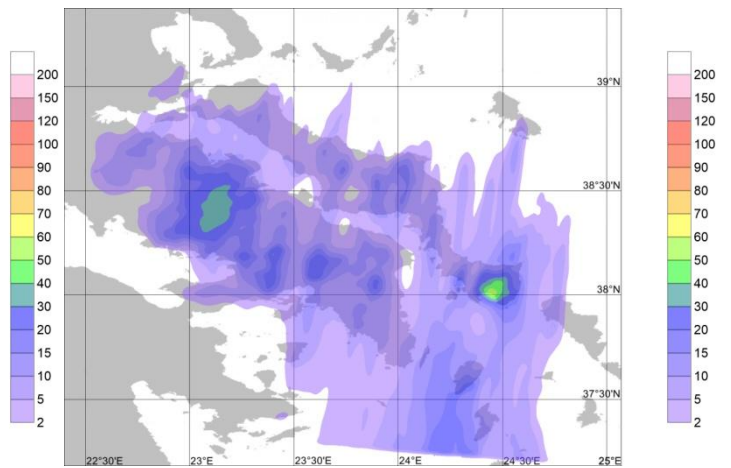


(γ)

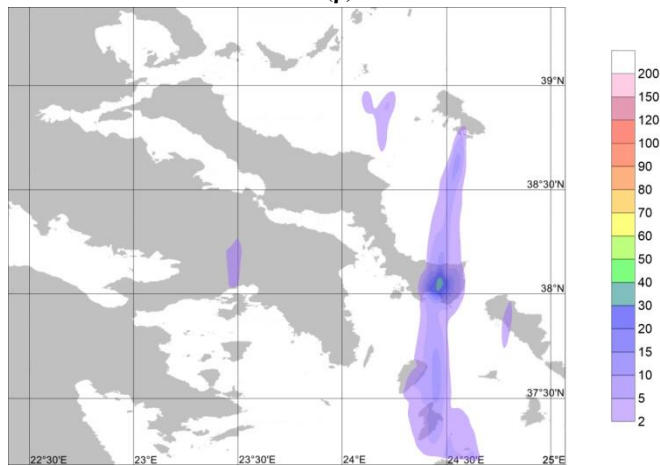
Σχήμα 3-7: Χάρτες ύψους νετού 24ωρον (mm) στην περιοχή της ανατολικής Στερεάς για την πρώτη περίπτωση χιονοπτώσεων και για 24 (α), 48 (β) και 72 (γ) ώρες πρόγνωσης, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.



(α)

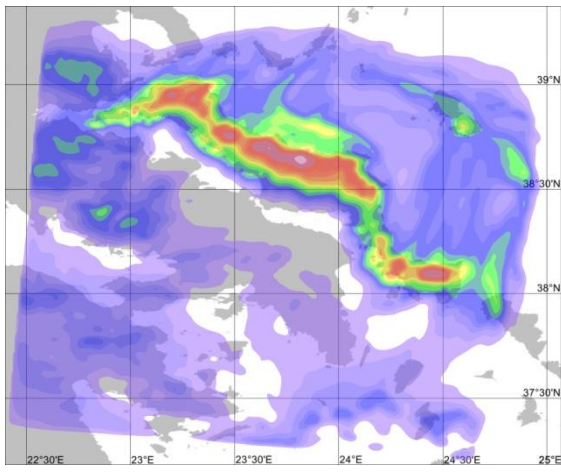


(β)

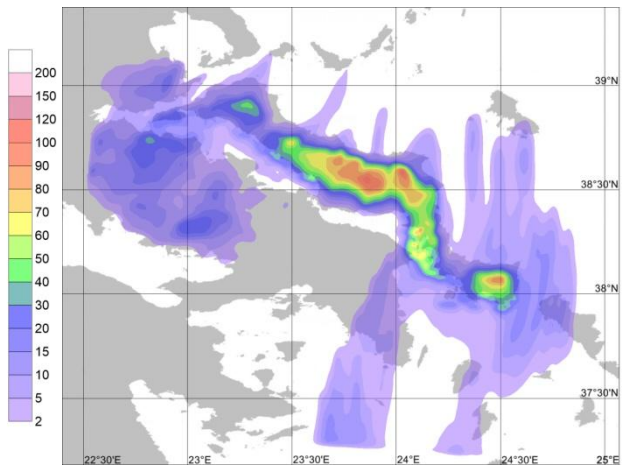


(γ)

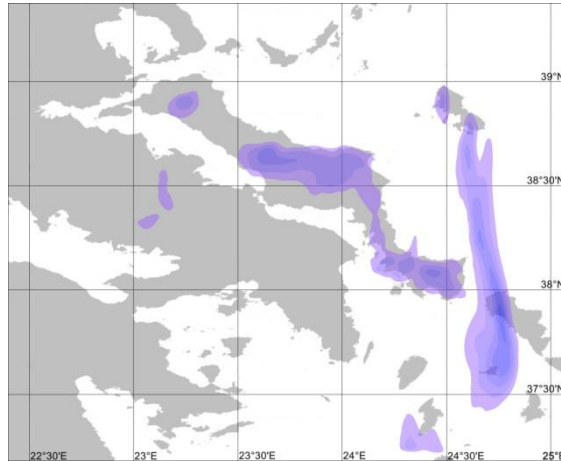
Σχήμα 3-8: Όπως στο σχήμα 3-7, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της.



(α)

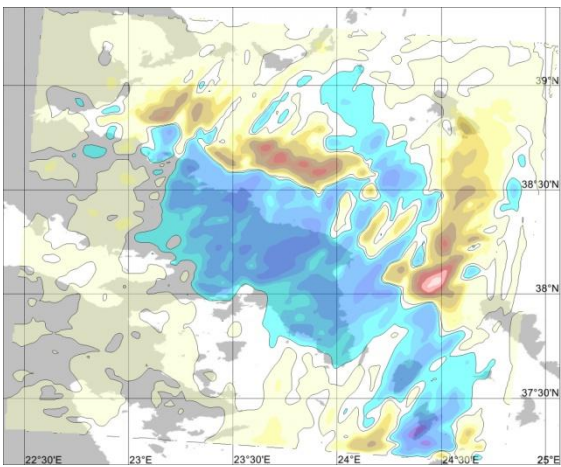


(β)

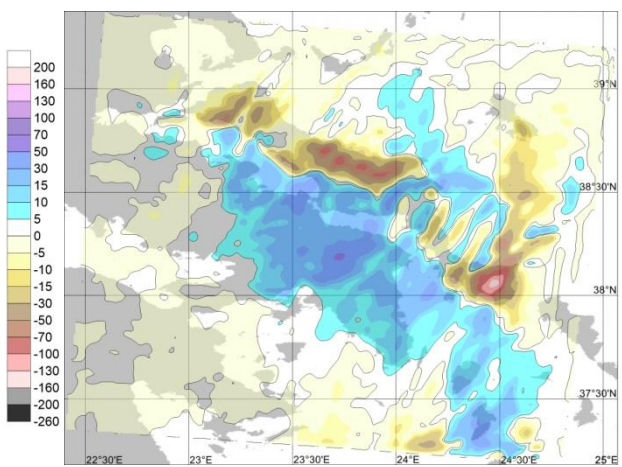


(γ)

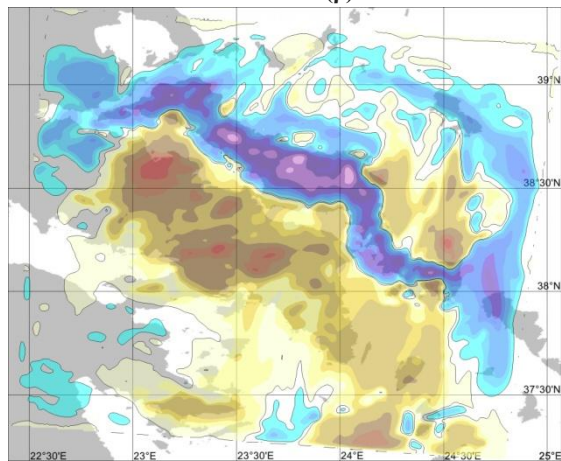
Σχήμα 3-9: Όπως στο σχήμα 3-7, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.



(α)

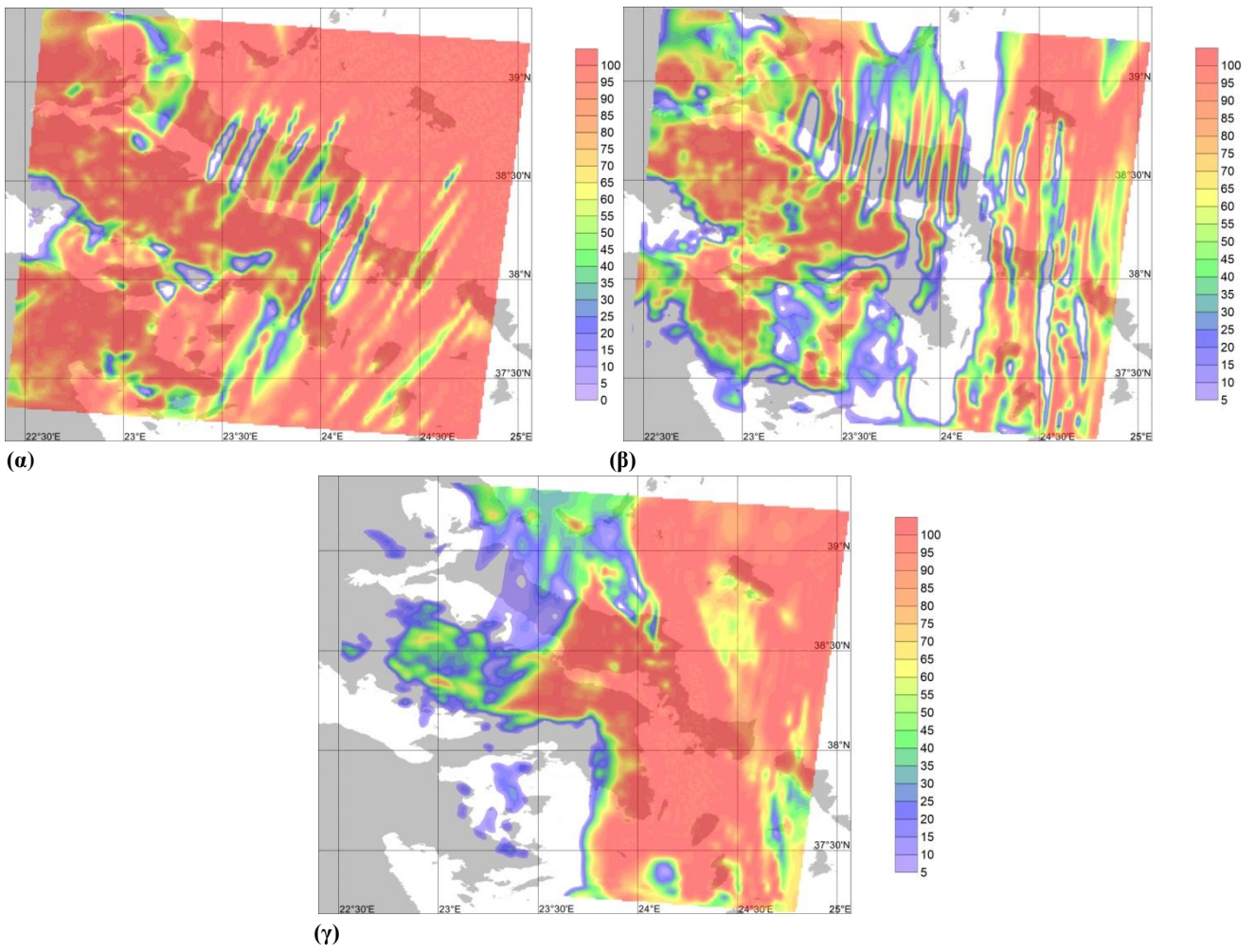


(β)

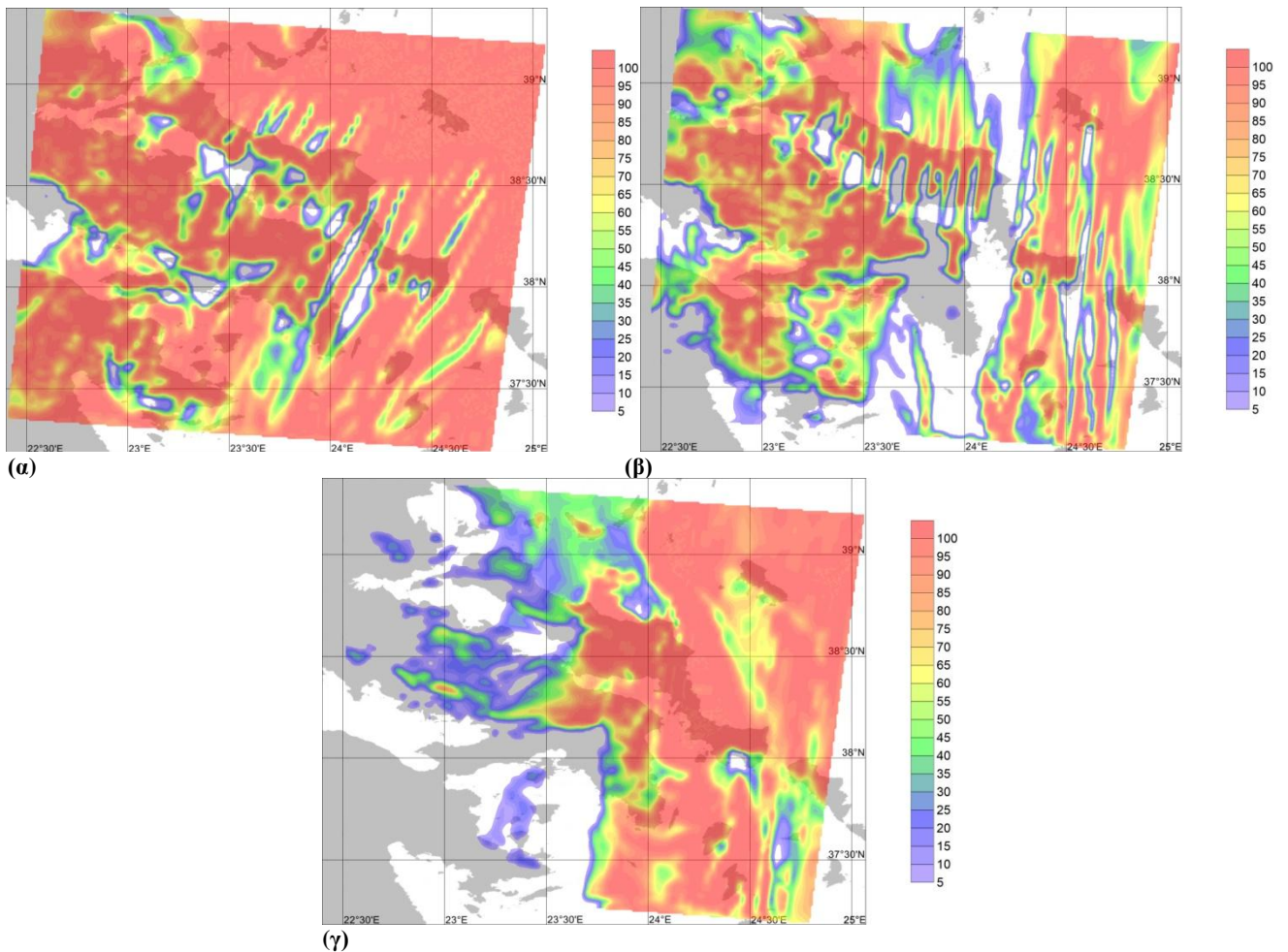


(γ)

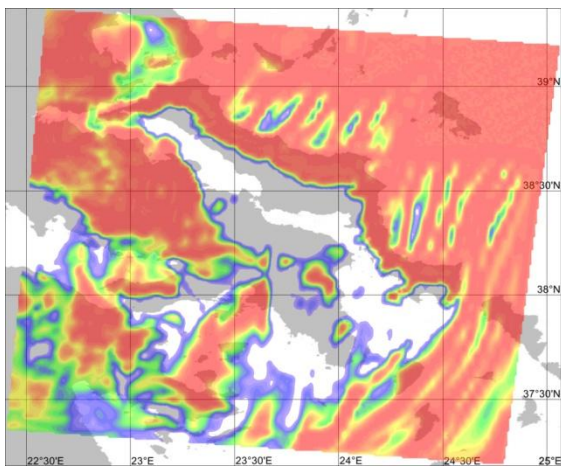
Σχήμα 3-10: Χάρτες αποκλίσεων ύψους νετού (mm) από τις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της Εύβοιας στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την πρώτη περίπτωση χιονοπτώσεων, για το σενάριο απουσίας της Εύβοιας (α), με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας (β) και με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς (γ).



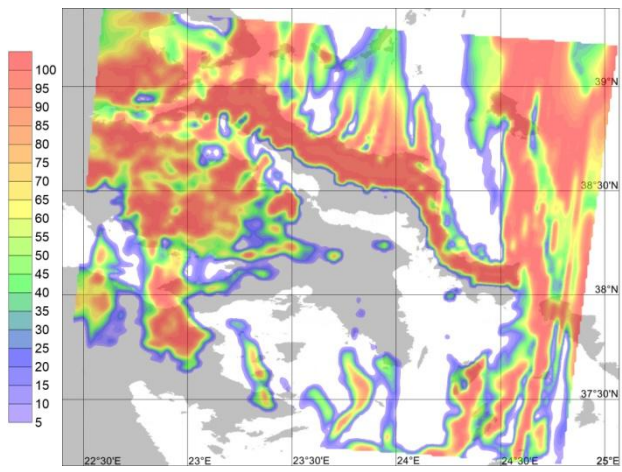
Σχήμα 3-11: Χάρτες χαμηλής νέφωσης (%) στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την πρώτη περίπτωση χιονοπτώσεων και για 24 (α), 48 (β) και 72 (γ) ώρες πρόγνωσης, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.



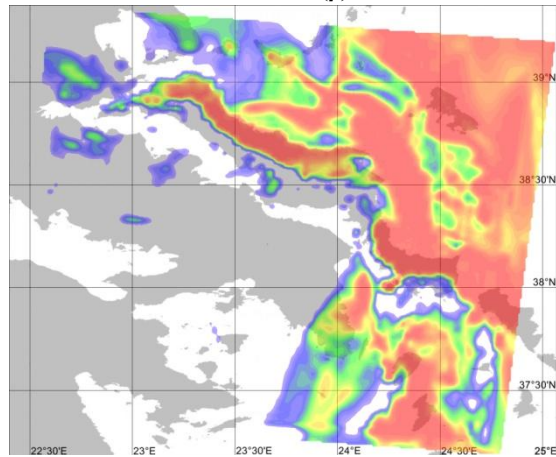
Σχήμα 3-12: Όπως στο σχήμα 3-11, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της.



(α)

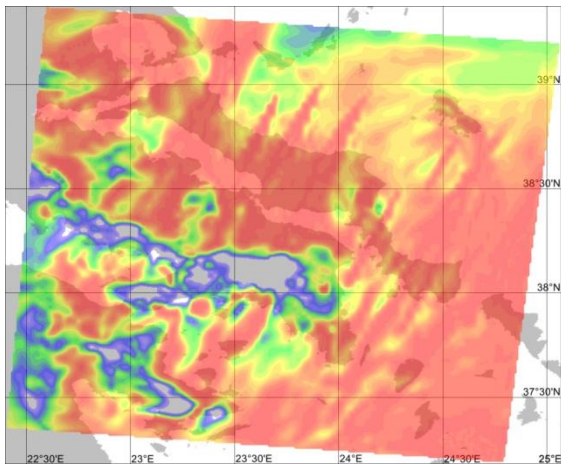


(β)

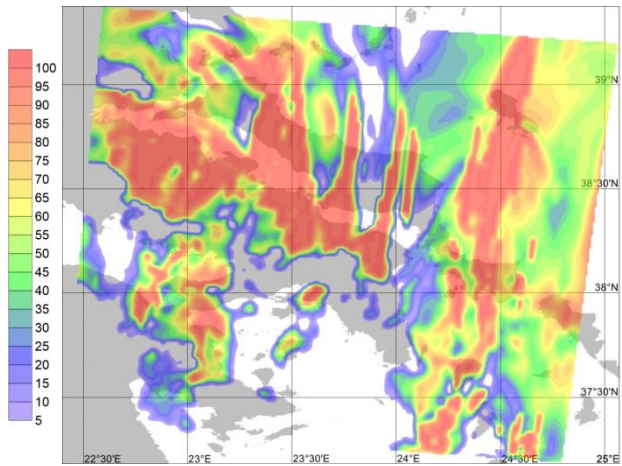


(γ)

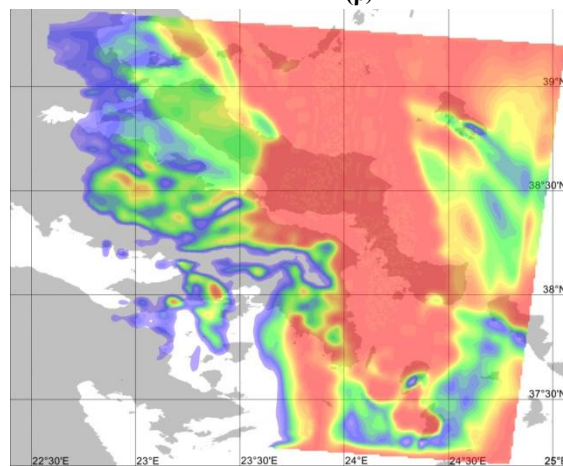
Σχήμα 3-13: Όπως στο σχήμα 3-11, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.



(α)

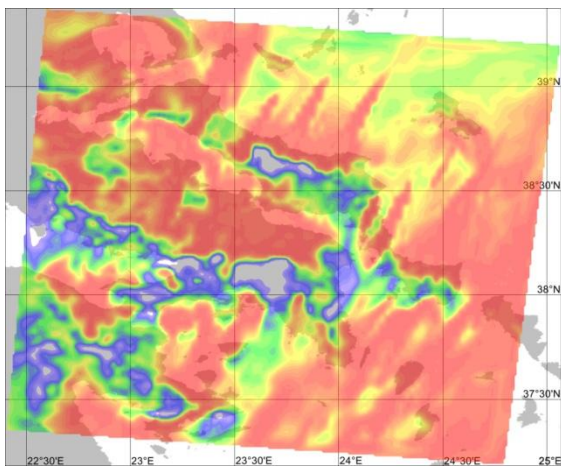


(β)

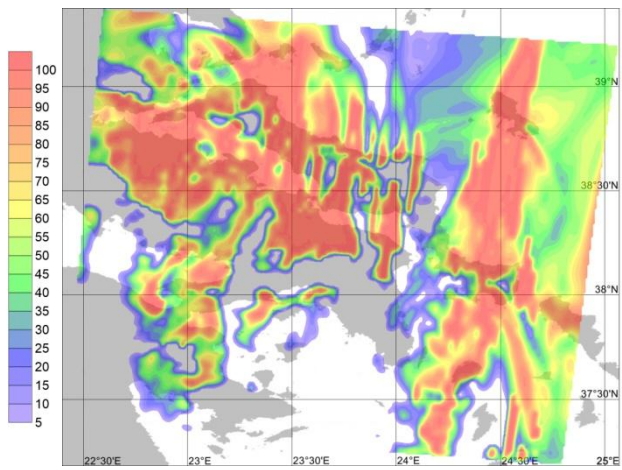


(γ)

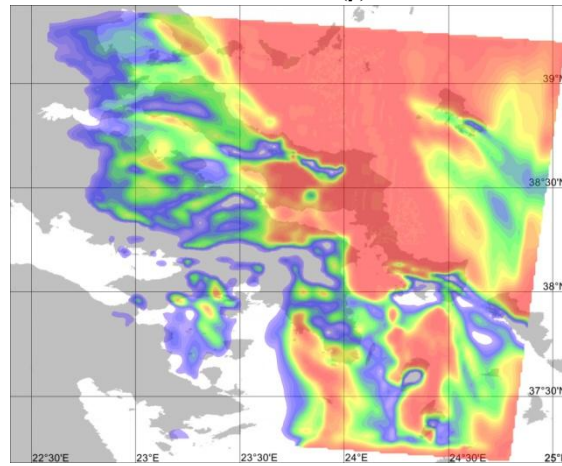
Σχήμα 3-14: Χάρτες μέσης νέφωσης (%) στην περιοχή της Ανατολικής Στερείας για την πρώτη περίπτωση χιονοπτώσεων και για 24 (α), 48 (β) και 72 (γ) ώρες πρόγνωσης, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.



(α)

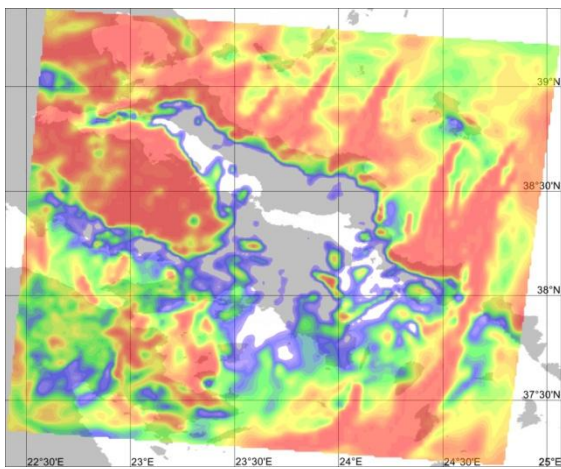


(β)

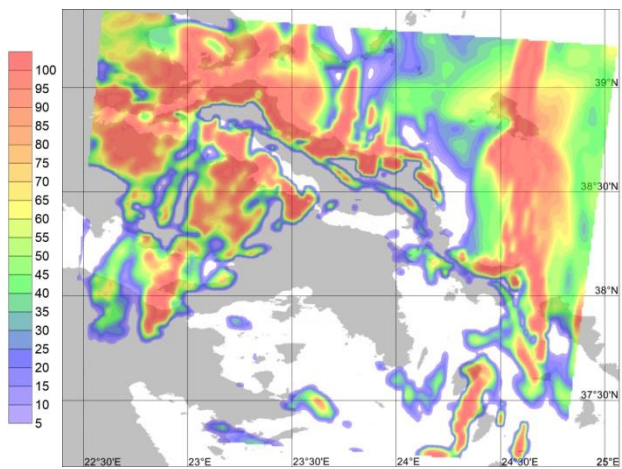


(γ)

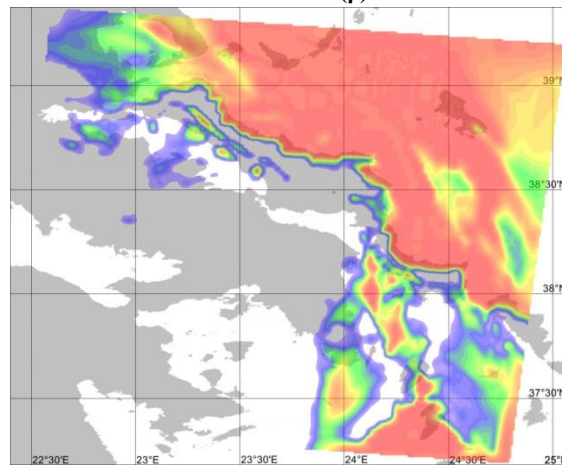
Σχήμα 3-15: Όπως στο σχήμα 3-14, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψόμετρου της.



(α)

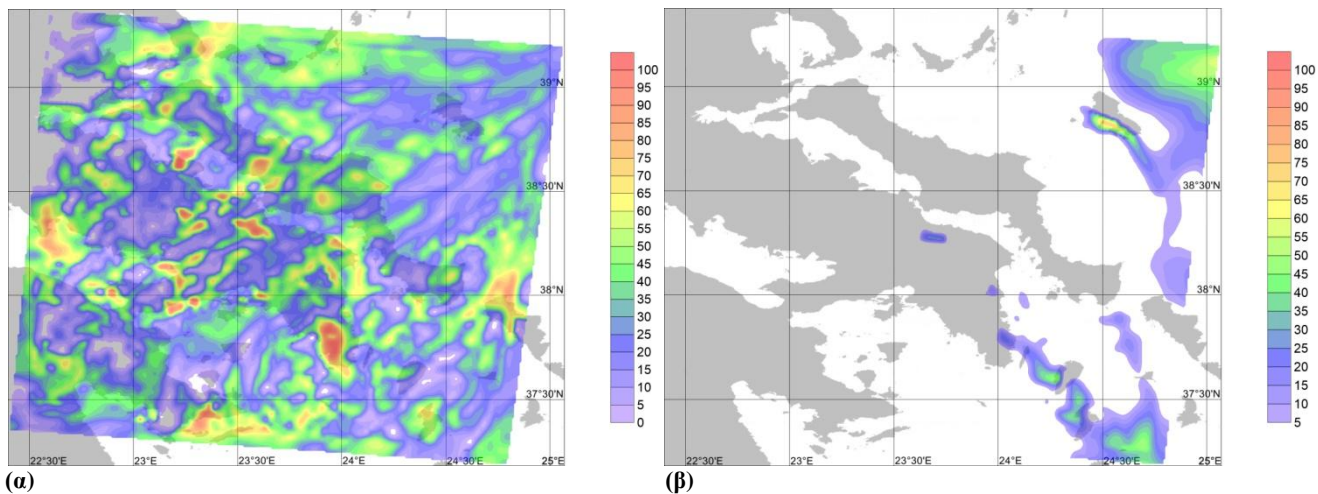


(β)



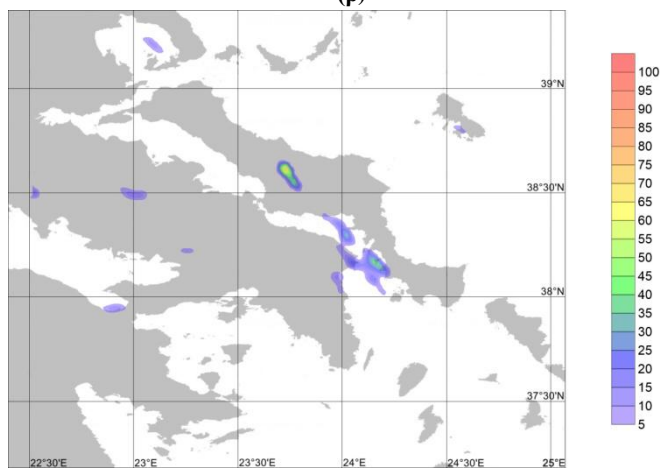
(γ)

Σχήμα 3-16: Όπως στο σχήμα 3-14, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.



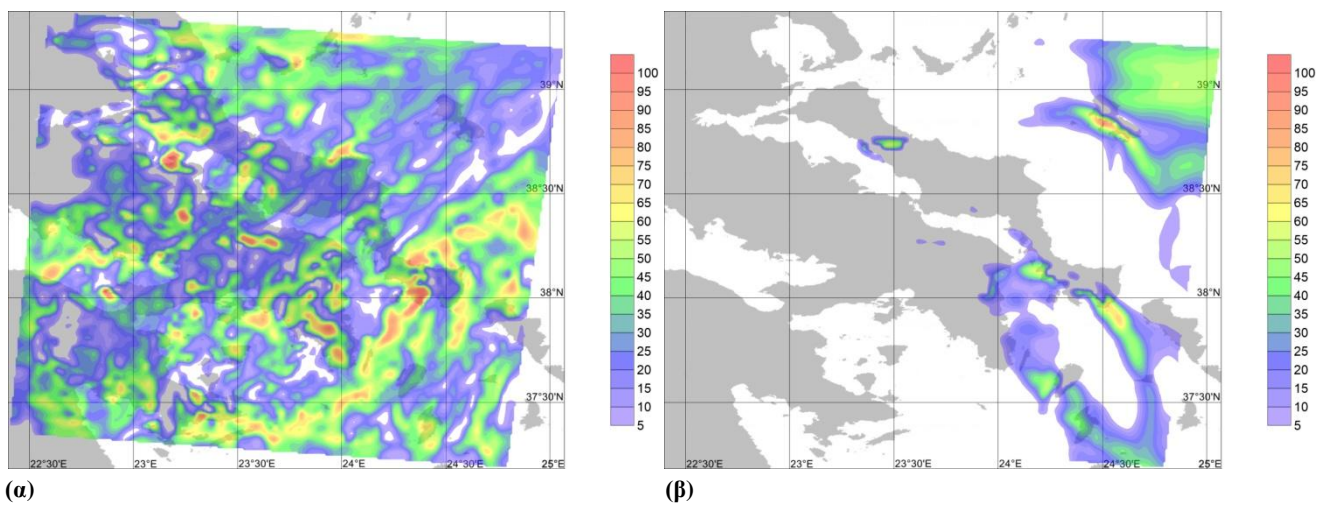
(α)

(β)



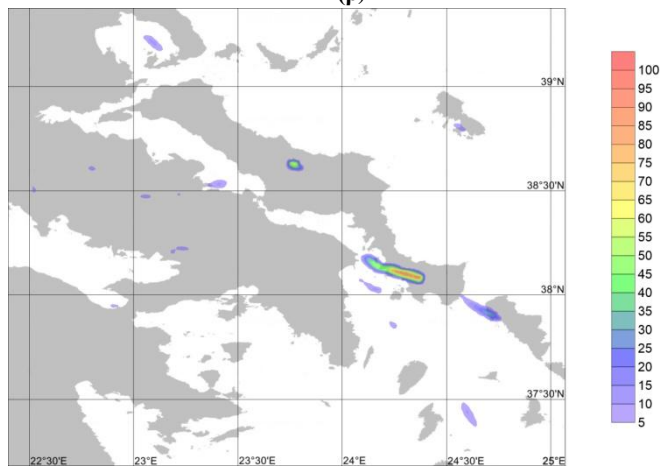
(γ)

Σχήμα 3-17: Χάρτες υψηλής νέφωσης (%) στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την πρώτη περίπτωση χιονοπτώσεων και για 24 (α), 48 (β) και 72 (γ) ώρες πρόγνωσης, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.



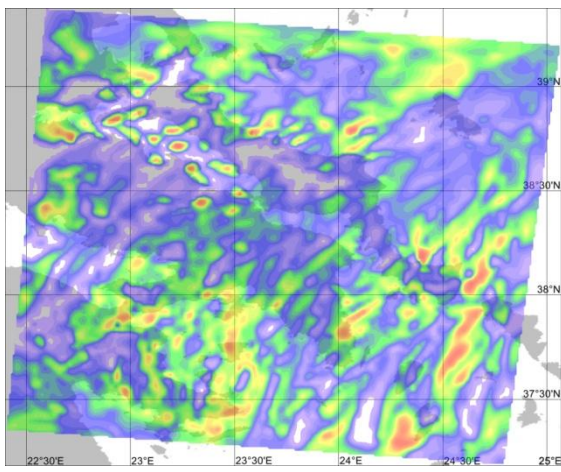
(α)

(β)

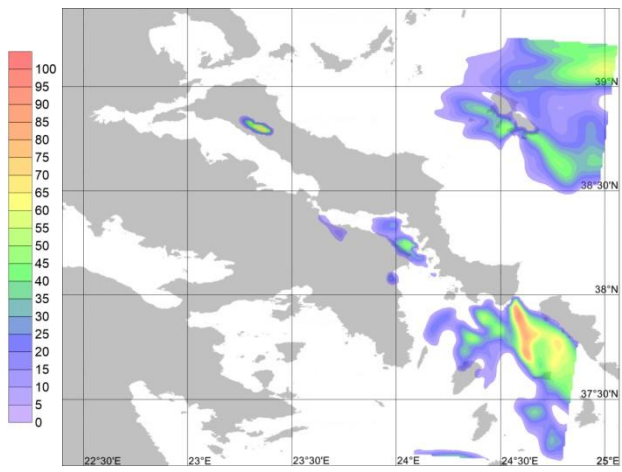


(γ)

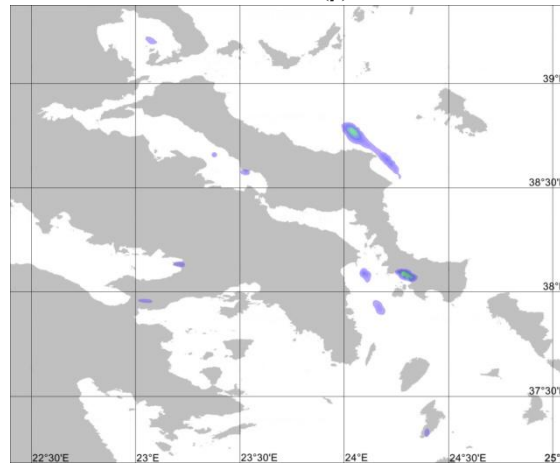
Σχήμα 3-18: Όπως στο σχήμα 3-17, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψόμετρου της.



(α)

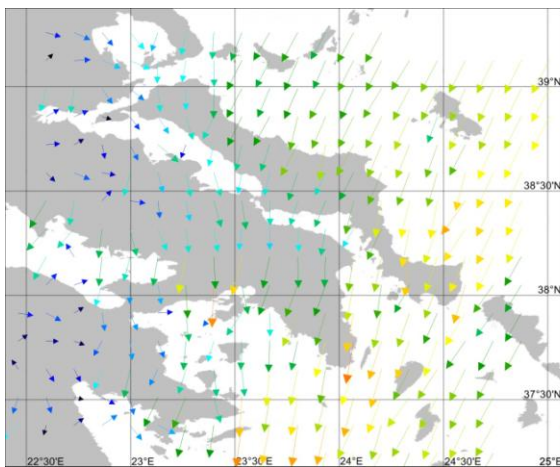


(β)

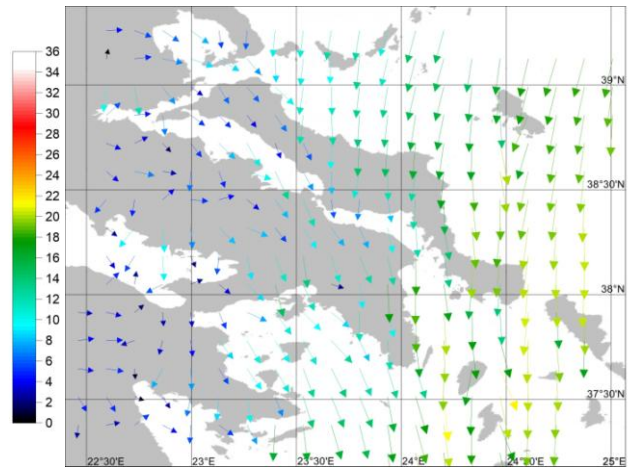


(γ)

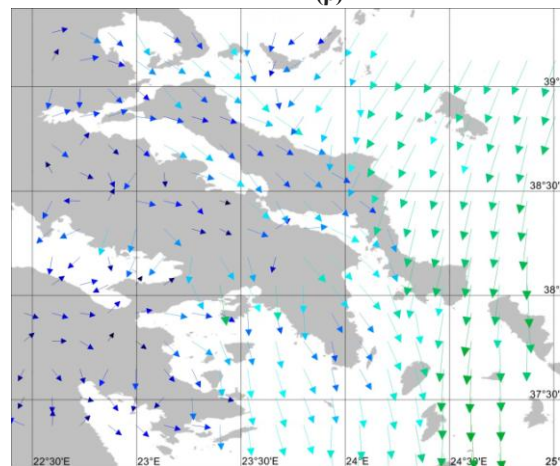
Σχήμα 3-19: Όπως στο σχήμα 3-17, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.



(α)

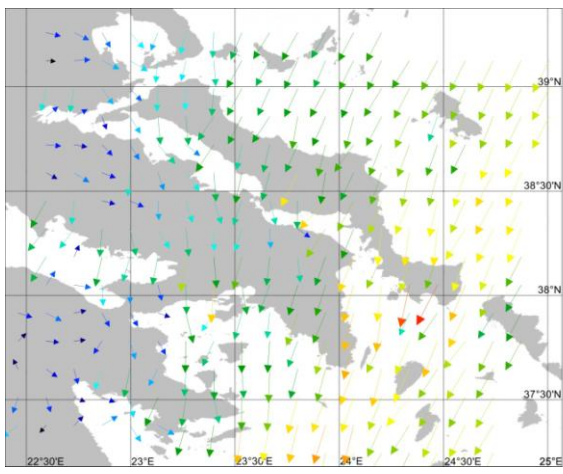


(β)

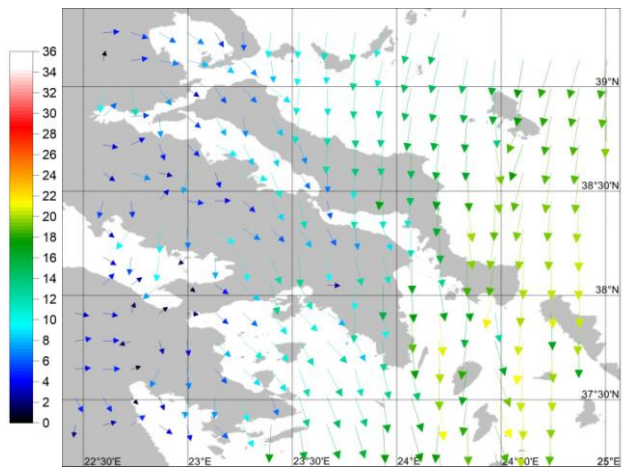


(γ)

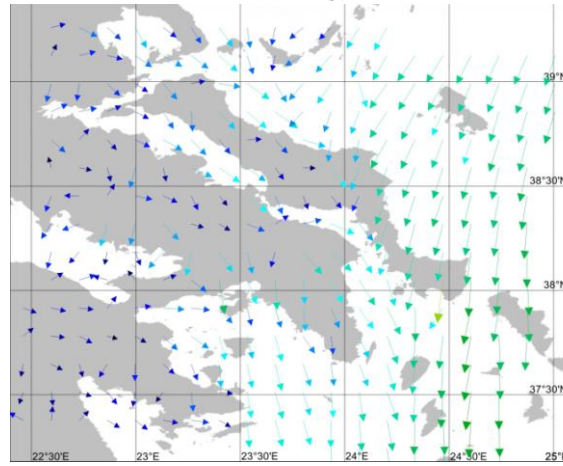
Σχήμα 3-20: Χάρτες ανεμολογικού πεδίου (m/s) στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την πρώτη περίπτωση χιονοπτώσεων και για 24 (α), 48 (β) και 72 (γ) ώρες πρόγνωσης, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.



(α)

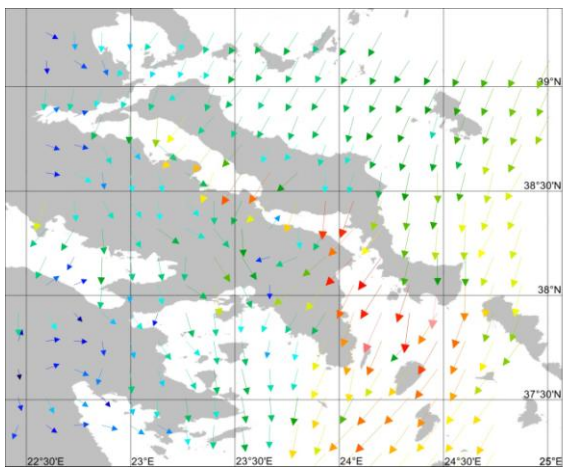


(β)

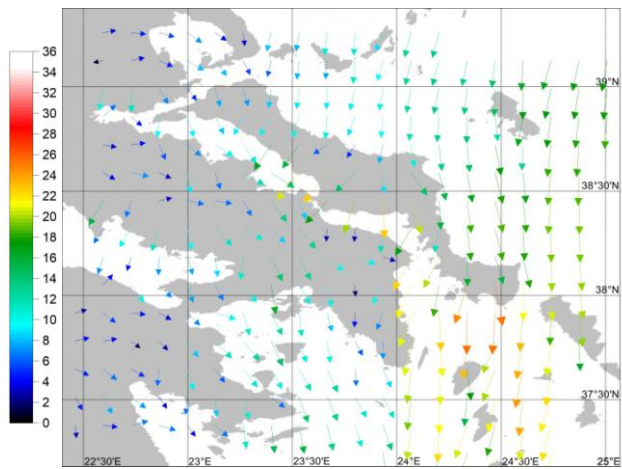


(γ)

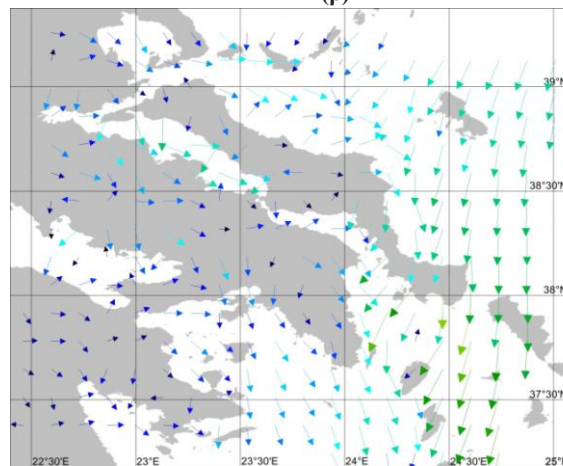
Σχήμα 3-21: Όπως στο σχήμα 3-20, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της.



(α)

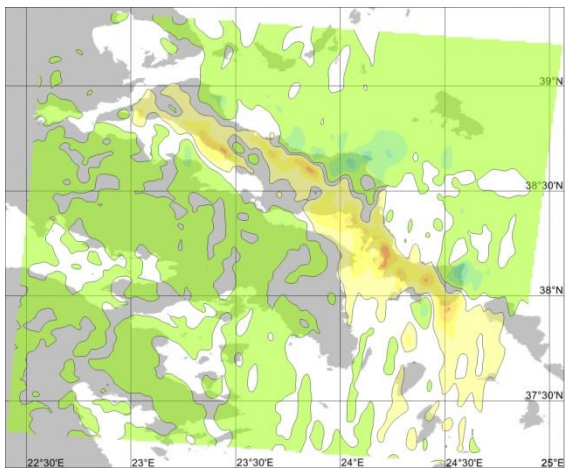


(β)

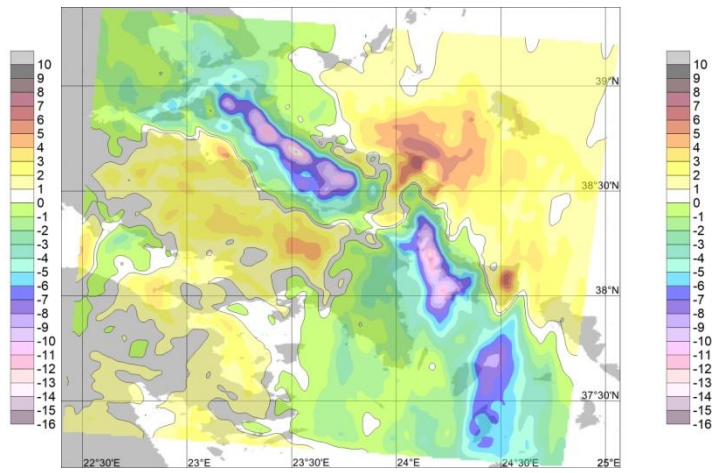


(γ)

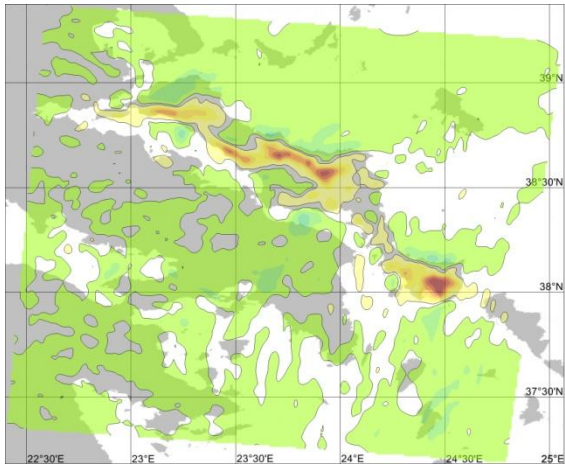
Σχήμα 3-22: Όπως στο σχήμα 3-20, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.



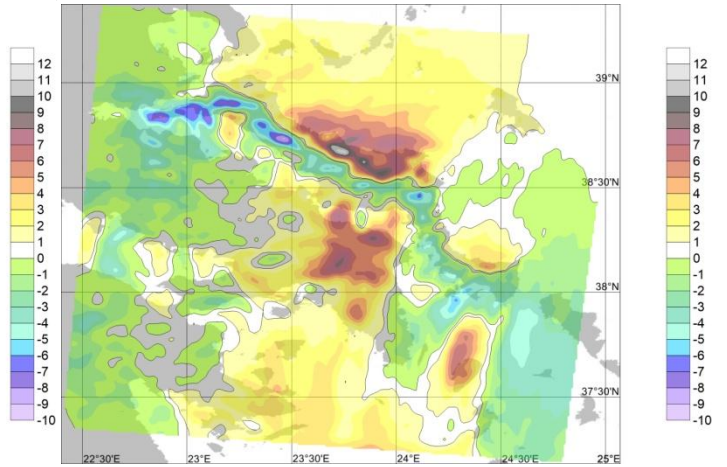
(α1)



(α2)

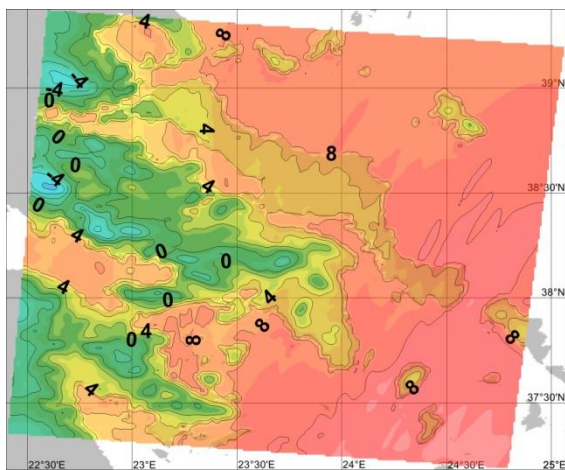


(β1)

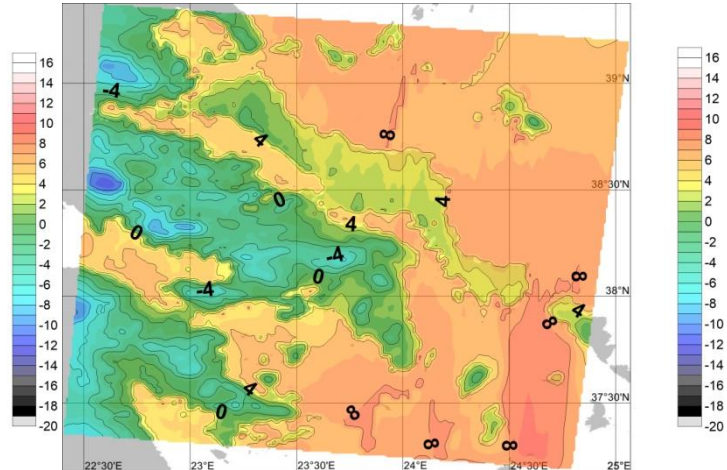


(β2)

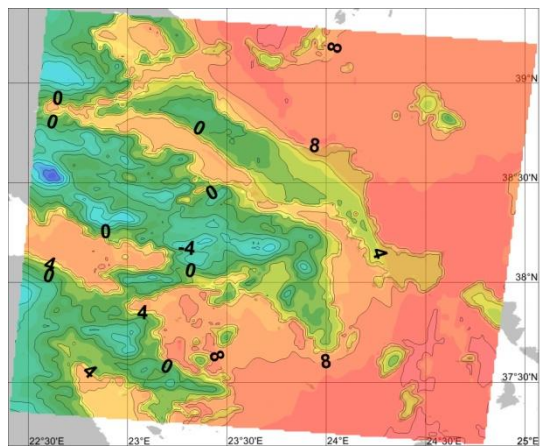
Σχήμα 3-23: Χάρτες αποκλίσεων της μέσης ζωνικής (α) και της μέσης μεσημβρινής (β) ταχύτητας ανέμου (m/s) από τις συνθήκες πραγματικού υψόμετρου της Εύβοιας στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την πρώτη περίπτωση χιονοπτώσεων, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας (1) και με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς (2).



(α)

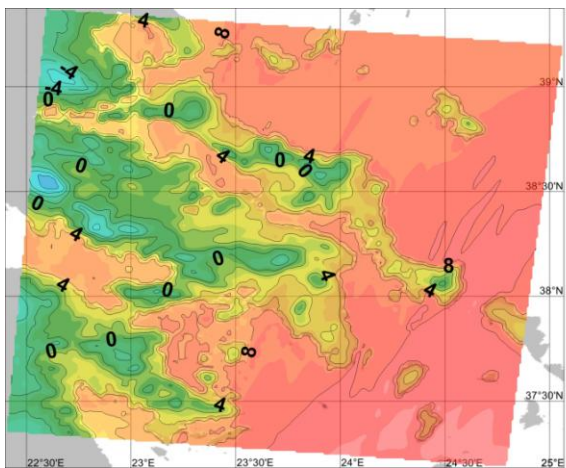


(β)

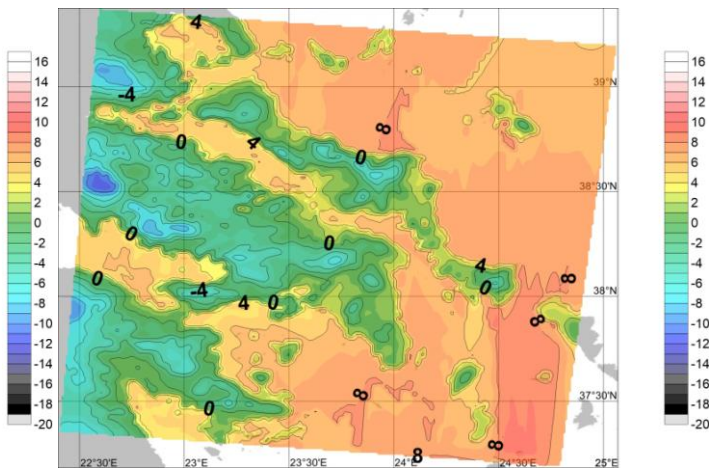


(γ)

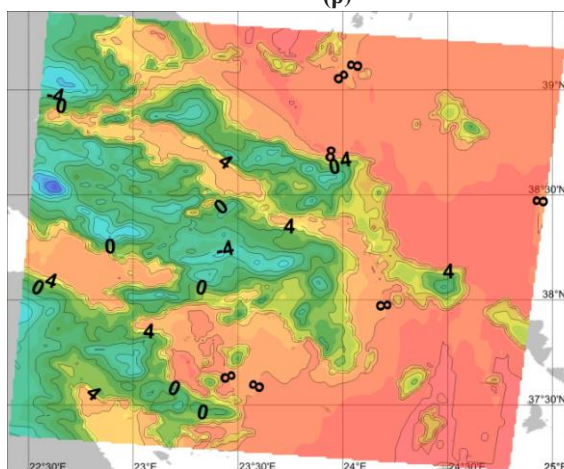
Σχήμα 3-24: Χάρτες της θερμοκρασίας του αέρα (°C) στα 2m από την επιφάνεια της γης στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την πρώτη περίπτωση χιονοπτώσεων και για 24 (α), 48 (β) και 72 (γ) ώρες πρόγνωσης, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.



(α)

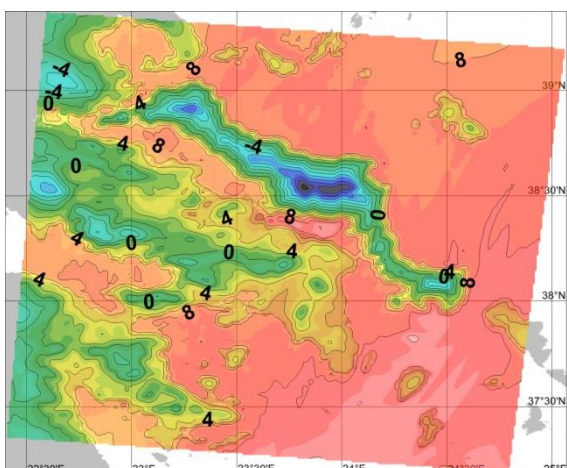


(β)

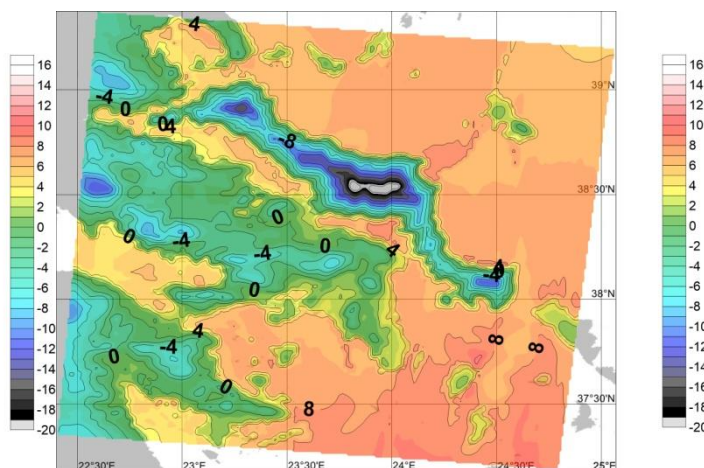


(γ)

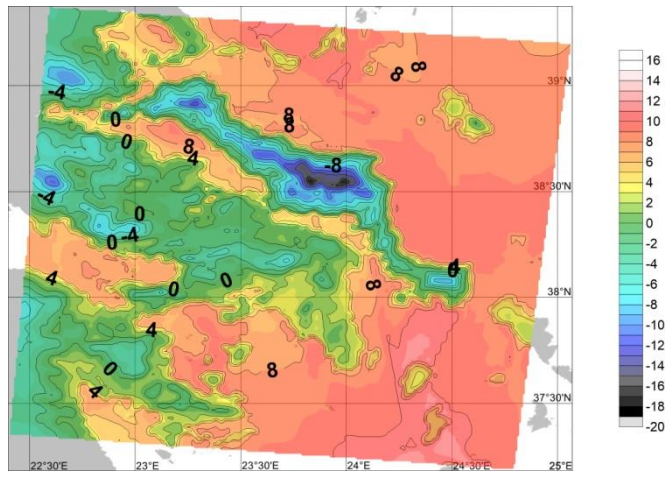
Σχήμα 3-25: Όπως στο σχήμα 3-24, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψόμετρου της.



(α)

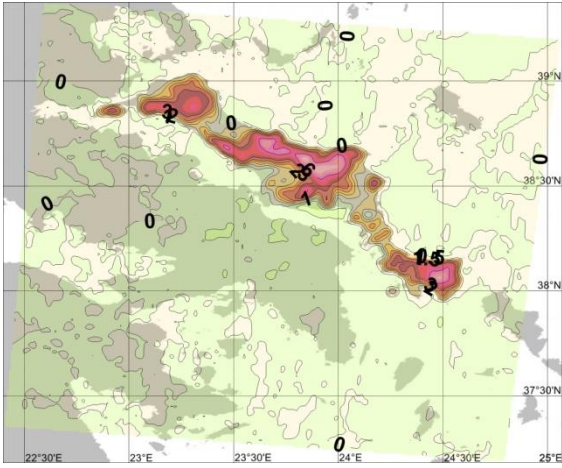


(β)

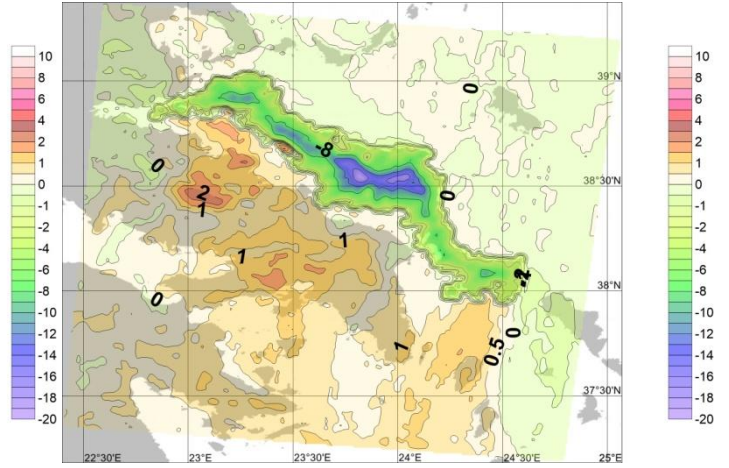


(γ)

Σχήμα 3-26: Όπως στο σχήμα 3-24, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.



(α)

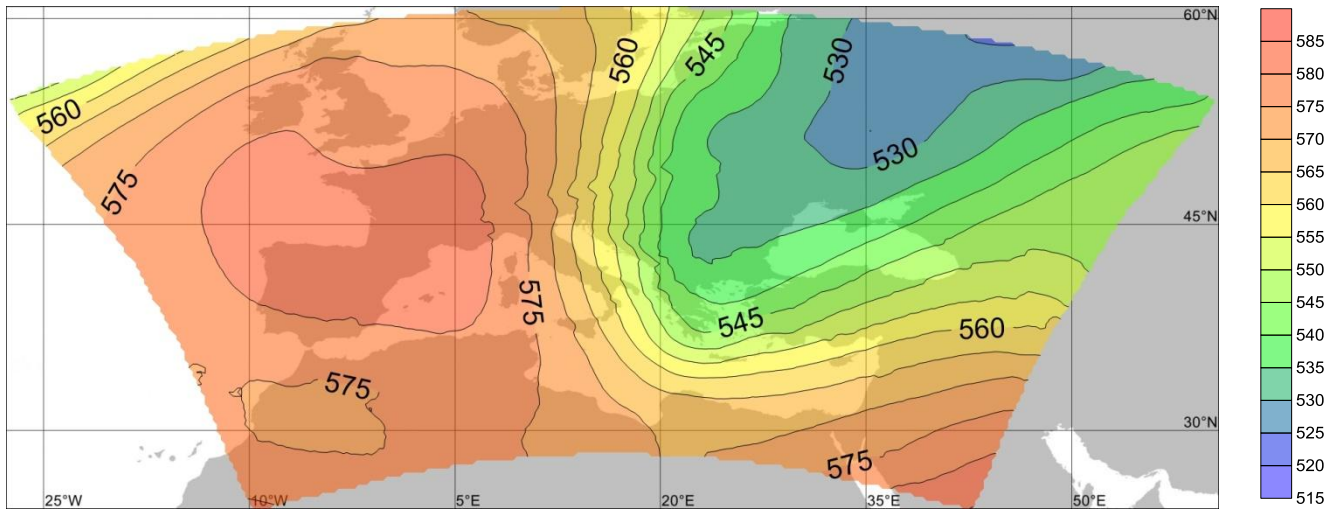


(β)

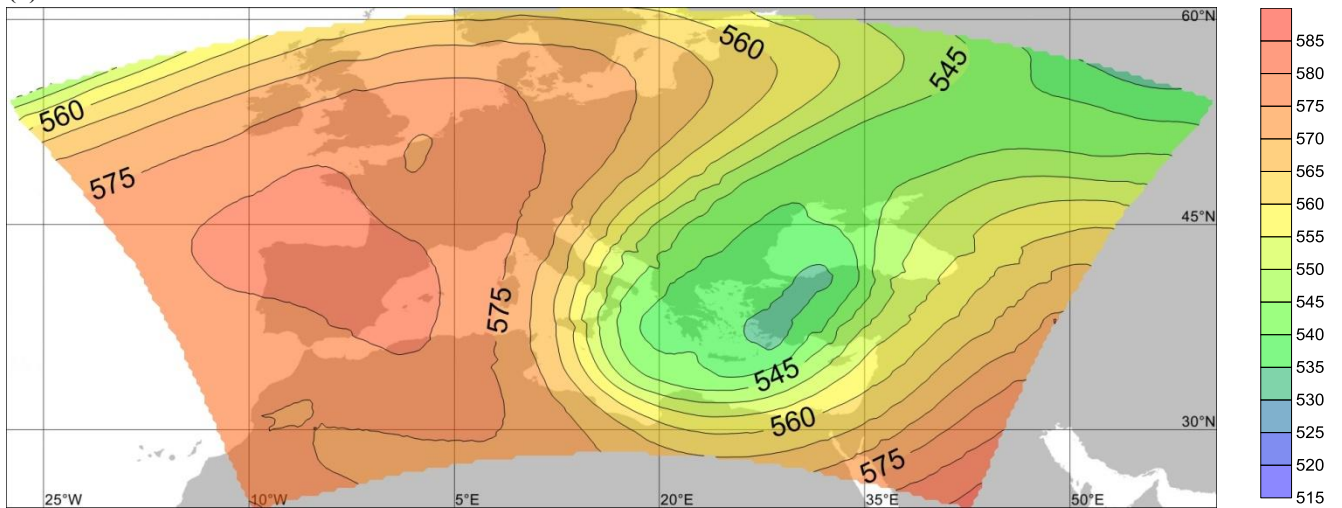
Σχήμα 3-27: Χάρτες θερμοκρασιακών αποκλίσεων ($^{\circ}\text{C}$) από τις συνθήκες πραγματικού υνομέτρου της Εύβοιας στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την πρώτη περίπτωση χιονοπτώσεων, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας (α) και ψηλής οροσειράς (β).

3.2 Δεύτερη περίπτωση χιονοπτώσεων: 27-31/12/2016

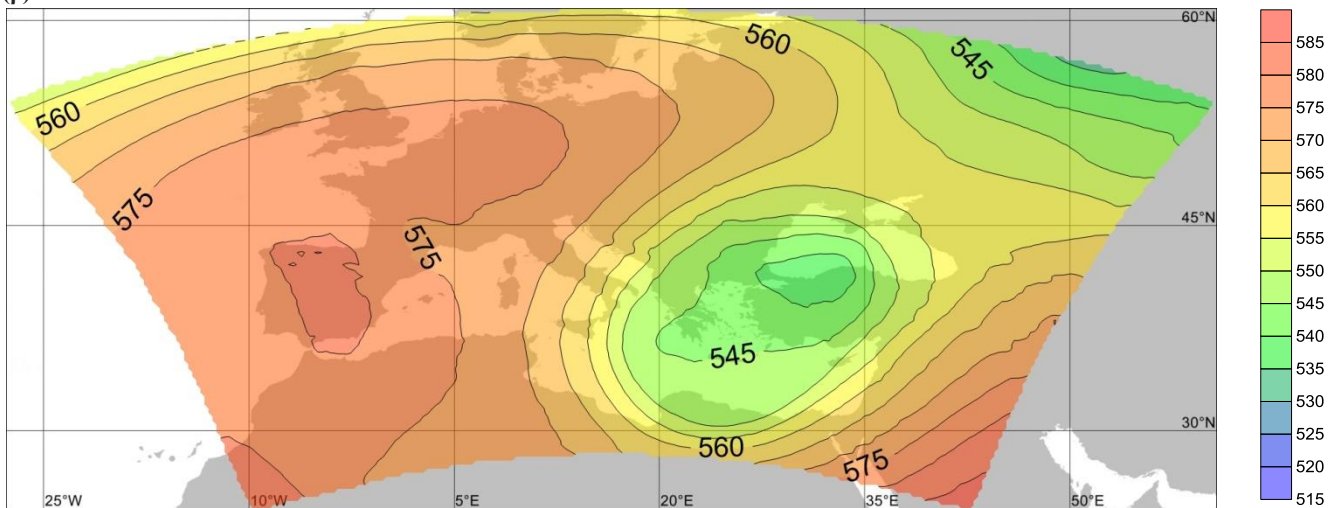
Οι χάρτες της Ευρώπης απεικονίζουν έναν αυλώνα χαμηλών πιέσεων να κατέρχεται στην χώρα μας από τα βόρεια-βορειοανατολικά τμήματα της ηπείρου, ενώ στις 48 ώρες από την αρχή της πρόγνωσης, έχουμε αποκοπή της ψυχρής μάζας με στροβιλισμό αυτής πάνω από τον Ελλαδικό χώρο τα επόμενα 24ωρα και σταδιακή μετακίνησή της ανατολικότερα.



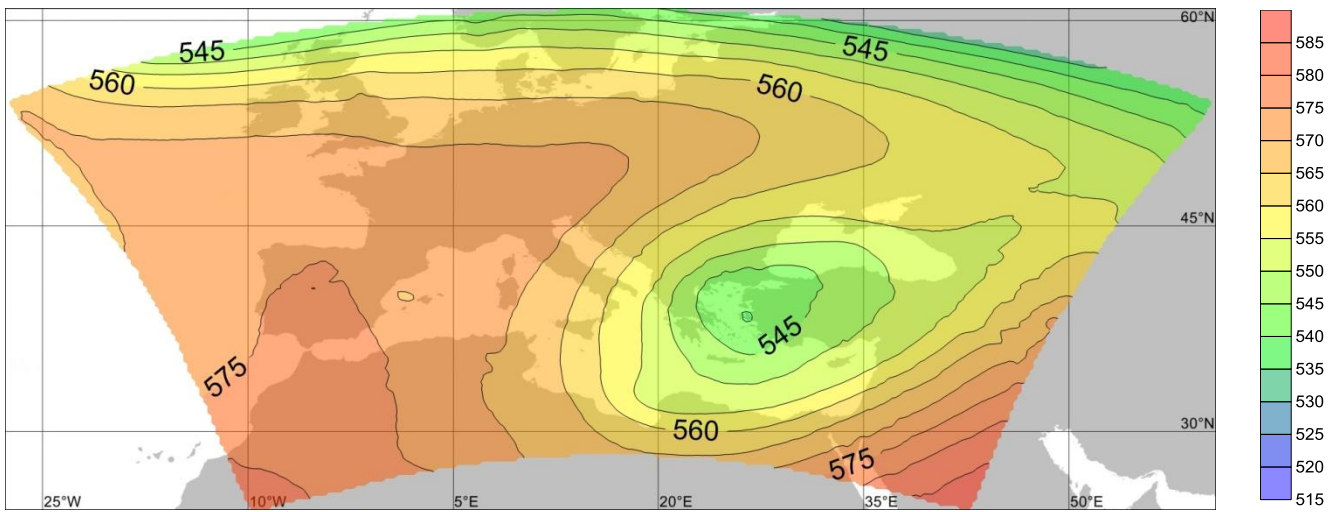
(α)



(β)

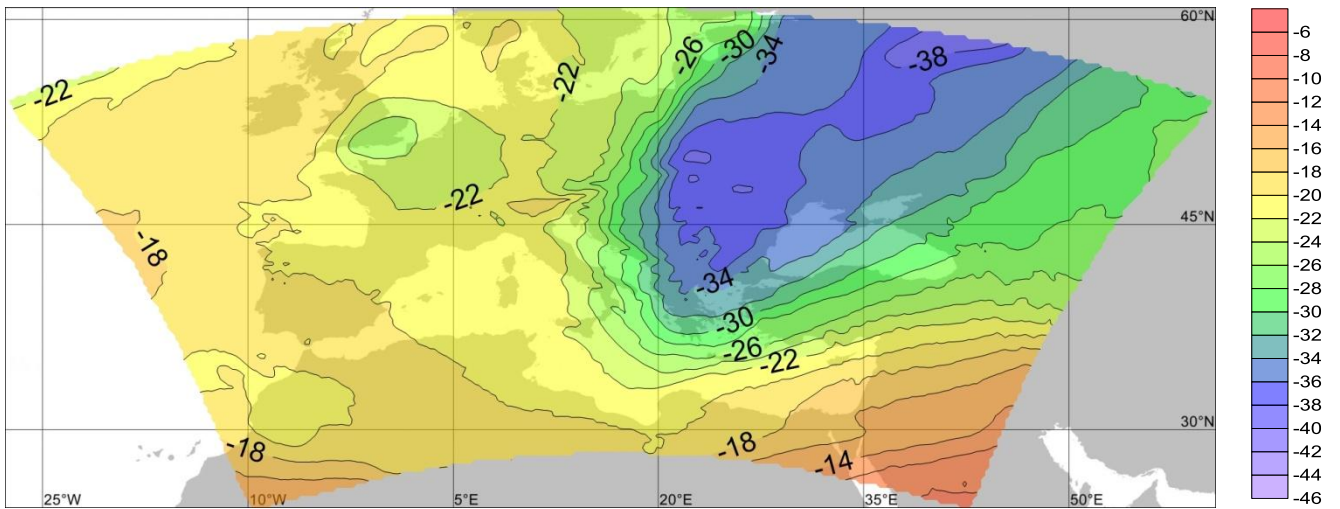


(γ)

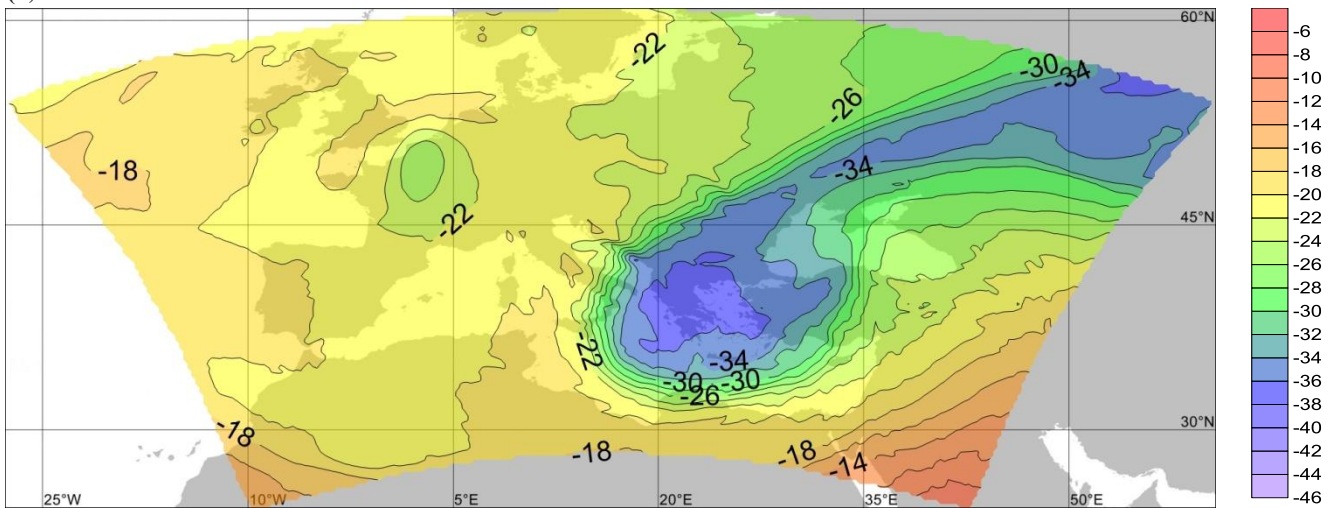


(δ)

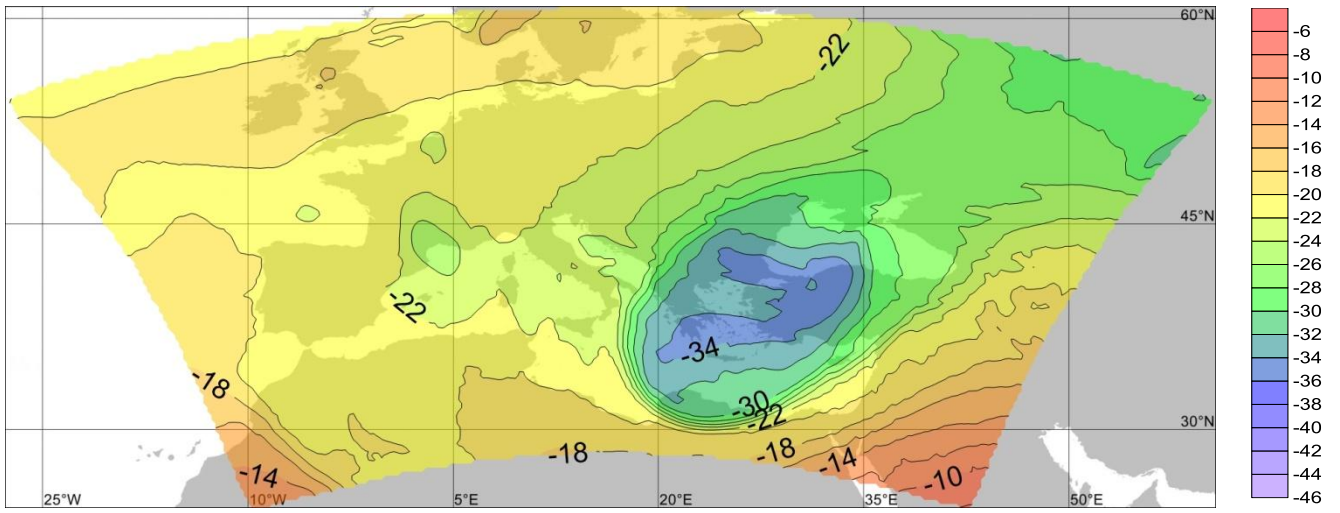
Σχήμα 3-28: Χάρτες γεωδυναμικού ύψους της στάθμης των 500hPa (gpm*10) στην περιοχή της Ευρώπης για την δεύτερη περίπτωση χιονοπτώσεων και για πρόγνωση 24 (α), 48 (β), 72 (γ) και 96 (δ) ωρών.



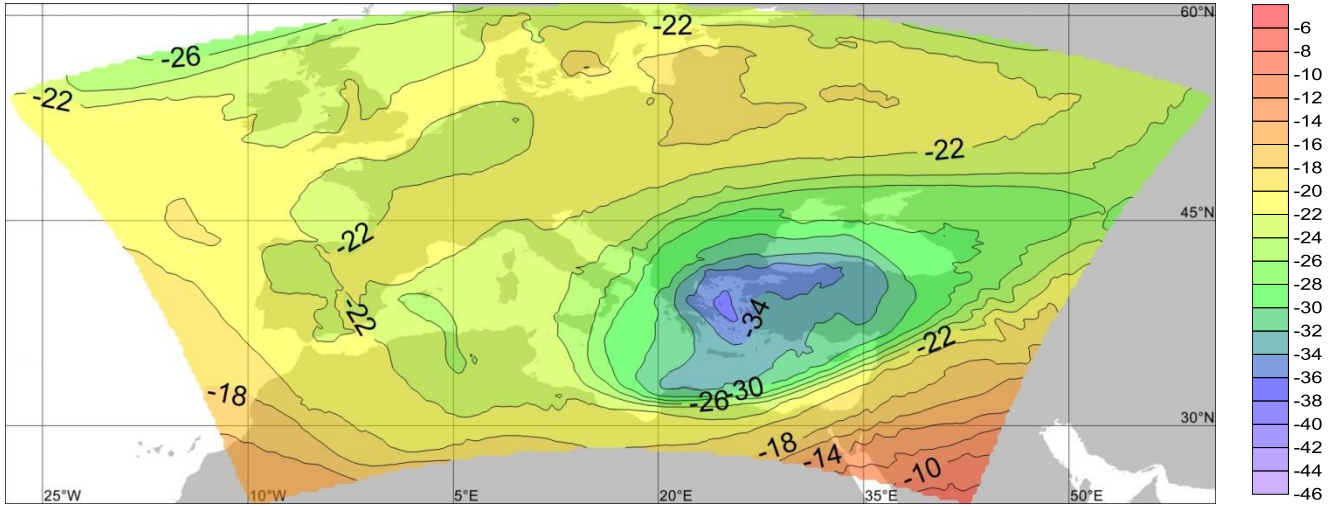
(α)



(β)



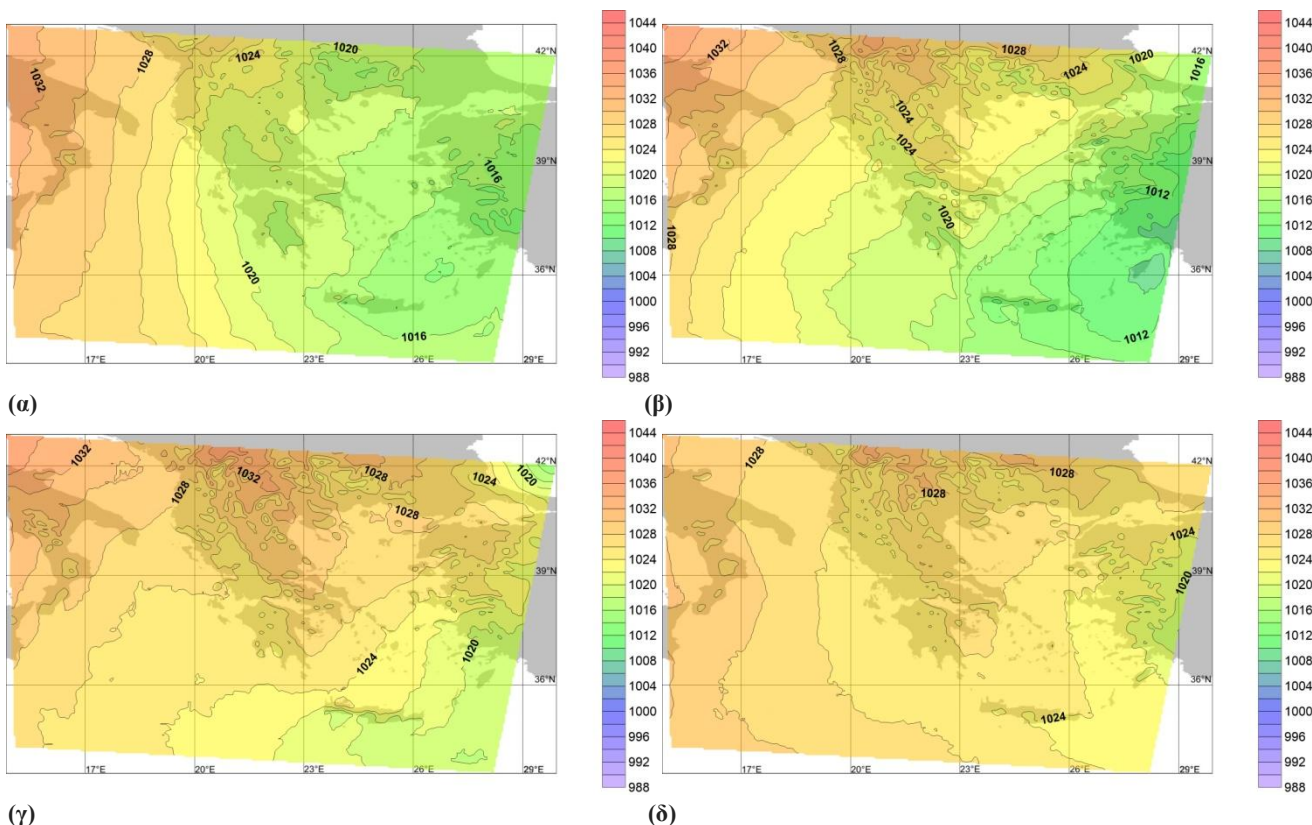
(γ)



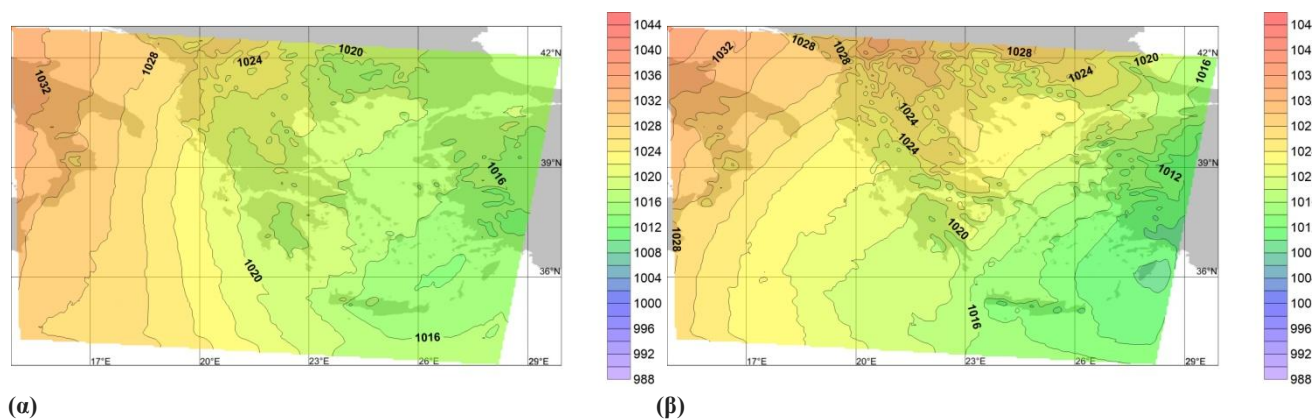
(δ)

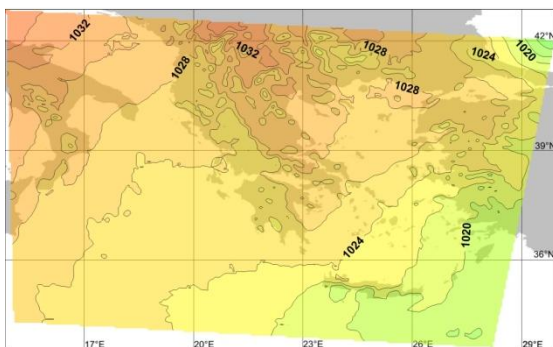
Σχήμα 3-29: Όπως στο σχήμα 3-28, αλλά για τη θερμοκρασία της στάθμης των 500hPa.

Στους συνοπτικούς χάρτες βαρομετρικής πίεσης στην ευρύτερη περιοχή της Ελλάδας, αποτυπώνεται ένα βαρομετρικό χαμηλό το οποίο βρίσκεται στην περιοχή της Τουρκίας να απομακρύνεται σταδιακά ανατολικότερα. Η κατεύθυνση των ισοβαρών δείχνουν και εδώ βορειοανατολικό ρεύμα καθ' όλη την διάρκεια του επεισοδίου, με μέγιστη βαροβαθμίδα στις 48 ώρες από την αρχή της πρόγνωσης. Και εδώ όπως στην πρώτη συνοπτική περίπτωση, οι ισοβαρείς καμπύλες παρουσιάζουν αλλαγές πάνω από την περιοχή της Εύβοιας ανάλογα με την γεωμορφολογία του νησιού. Έτσι στο σενάριο της πεδιάδας- Εύβοιας, δεν έχουμε κάποια έξαρση των ισοβαρών πάνω από την περιοχή, στις πραγματικές συνθήκες έχουμε μια σχετικά μικρή έξαρση των ισοβαρών, και τέλος στο σενάριο της οροσειράς έχουμε και πάλι την δημιουργία ενός επιφανειακού χαμηλού στην υπήνεμη πλευρά της Εύβοιας.

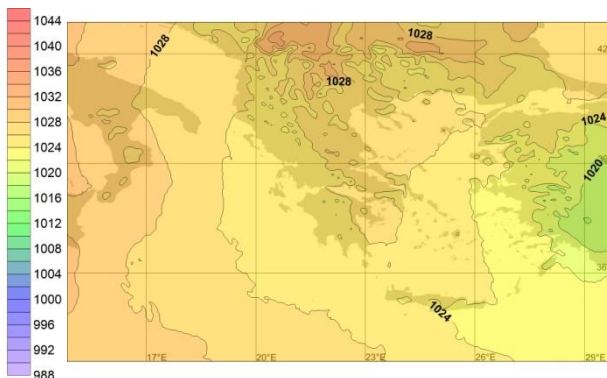


Σχήμα 3-30: Χάρτες ατμοσφαιρικής πίεσης στη μέση στάθμη της επιφάνειας της θάλασσας (hPa) στην περιοχή της Ελλάδας για την δεύτερη περίπτωση χιονοπτώσεων και για πρόγνωση 24 (α), 48 (β), 72 (γ) και 96 (δ) ωρών με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.



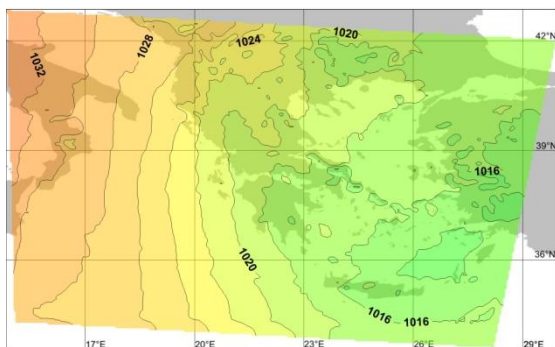


(γ)

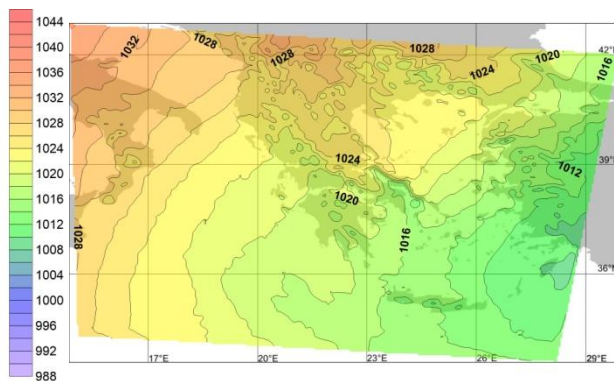


(δ)

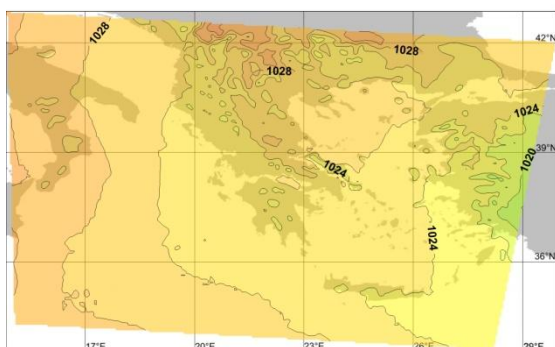
Σχήμα 3-31: Όπως στο σχήμα 3-30, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψόμετρου της.



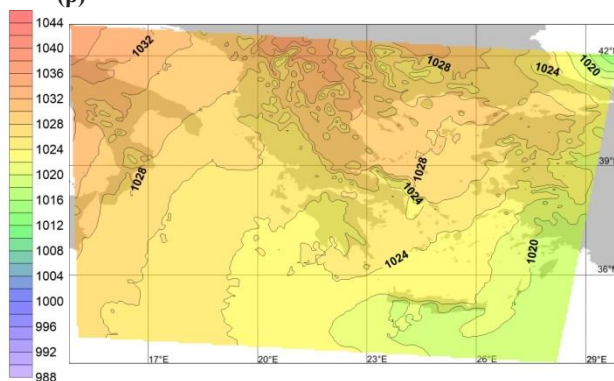
(α)



(β)



(γ)



(δ)

Σχήμα 3-32: Όπως στο σχήμα 3-30, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.

Οι χάρτες των σχημάτων 3-33 έως 3-53, παρουσιάζουν την κατάσταση των μετεωρολογικών παραμέτρων για την δεύτερη περίπτωση χιονοπτώσεων.

Στα σχήματα 3-33, 3-34, 3-35, και 3-36 φαίνεται το **ολικό ύψος υετού** και ο **υετός 24ωρου**.

Στο σενάριο πεδιάδας-Εύβοιας μεγάλες ποσότητες υετού πέφτουν σε μια νοητή γραμμή από τις κεντρικές περιοχές της Εύβοιας, μέχρι τα βόρεια τμήματα της Αττικής καθώς και την ανατολική Στερεά, στις οποίες σημειώνεται τοπικό μέγιστο. Οι μέγιστες τιμές ξεπερνούν τα 150 χιλιοστά υετού. Δευτερεύον μέγιστο υετού παρατηρείται από την περιοχή της ανατολικής Εύβοιας μέχρι αυτή των δυτικών Κυκλάδων.

Στο σενάριο της πραγματικής Εύβοιας η κατανομή των χιλιοστών είναι παρόμοια με το προηγούμενο σενάριο. Οι περιοχές που έχουν τον μέγιστο υετό είναι οι ίδιες με τις προηγούμενες, ενώ εμφανής είναι η επίδραση της ορογραφίας της Εύβοιας, καθώς έχουμε αύξηση των χιλιοστών στα προσήνεμα τμήματα της Δίρφους.

Στο σενάριο οροσειράς-Εύβοιας η περιοχή με τον μέγιστο υετό βρίσκεται στα κεντρικά και ανατολικά προσήνεμα τμήματα της Εύβοιας. Το μεγαλύτερο μέρος του υετού πέφτει το δεύτερο και το τρίτο 24ωρο από την αρχή της πρόγνωσης.

Στους χάρτες του σχήματος 3-37 είναι αποτυπωμένες οι **αποκλίσεις του συνολικού υετού** για κάθε σενάριο γεωμορφολογίας της Εύβοιας, σε σχέση με τις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της.

Στο σενάριο της πεδιάδας-Εύβοιας παρατηρείται πως σε σχέση με τις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της Εύβοιας έχουμε αύξηση του υετού κυρίως στις περιοχές που είχαν τοπικό μέγιστο υετού στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της Εύβοιας. Αυτή η αύξηση αγγίζει τα 30 χιλιοστά υετού. Στην υπόλοιπη Αττική έχουμε τοπικές αλλαγές είτε προς τα κάτω είτε προς τα πάνω οι οποίες οφείλονται στις τοπικές συγκλίσεις ή και αποκλίσεις των επιφανειακών ανέμων, που οδηγούν σε διαφορετική θέση των όμβρων χιονιού.

Στο σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας παρατηρείται πως σε σχέση με τις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της Εύβοιας η οροσειρά έχει ως αποτέλεσμα σημαντική αύξηση των χιλιοστών υετού στα ανατολικά προσήνεμα της Εύβοιας, με μέγιστη θετική απόκλιση τα 200 χιλιοστά υετού. Αντίστοιχα οι υπήνεμες περιοχές της Εύβοιας και η περιοχή της βόρειας Αττικής έχουν υποστεί σημαντική μείωση του υετού, η οποία αγγίζει τα 100 χιλιοστά. Μειωμένα είναι τα χιλιοστά υετού στο μεγαλύτερο μέρος της Αττικής. Αυξημένα χιλιοστά φαίνεται να έχουν οι νότιες περιοχές της Αττικής και ο Σαρωνικός κόλπος, ωστόσο ο υετός της περιοχής πέφτει το πρώτο 24ωρο, κατά το οποίο η ψυχρή εισβολή δεν έχει κατέρθει στην χώρα μας, και άρα η αύξηση των φαινομένων στην περιοχή δεν σχετίζεται με το φαινόμενο Aegean effect.

Στους χάρτες των σχημάτων 3-38, 3-39 και 3-40 φαίνεται το **κλάσμα χαμηλών νεφώσεων**. Έχουν παρόμοια χρονική και χωρική κατανομή στο σενάριο που τρέχουμε το μοντέλο με την Εύβοια ως πεδιάδα και αυτό με τις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου του νησιού. Στις 24 προγνωστικές ώρες έχουμε μέγιστη πυκνότητα νεφώσεων στα νότια τμήματα της περιοχής, που αποτελούν τις νεφώσεις που προέρχονται από τα ψυχρά μέτωπα. Στα επόμενα 24ωρα, οι χαμηλές νεφώσεις έχουν την κλασική κατανομή που προκαλεί το Aegean effect.

Στο σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας, οι χαμηλές νεφώσεις εμποδίζονται από την Εύβοια, με αποτέλεσμα να έχουμε αυξημένες χαμηλές νεφώσεις στα προσήνεμα τμήματα αυτής και μεγάλη μείωση για όλα τα 24ωρα στο ποσοστό χαμηλών νεφώσεων στην Αττική καθώς και στα υπήνεμα τμήματα του νησιού.

Στους χάρτες των σχημάτων 3-41, 3-42 και 3-43 αποτυπώνεται το **κλάσμα μέσων νεφώσεων**. Ακολουθούν παρόμοια χωρική και χρονική κατανομή με τις χαμηλές νεφώσεις τόσο στις πραγματικές συνθήκες υψομέτρου της Εύβοιας, όσο και σε αυτές της πεδιάδας-Εύβοιας. Κάποιες διαφορές είναι εμφανείς κυρίως στις 72 προγνωστικές ώρες, με αυξημένο κλάσμα μέσων νεφώσεων στα προσήνεμα τμήματα της Εύβοιας στις πραγματικές συνθήκες σε σχέση με το σενάριο της πεδιάδας-Εύβοιας. Η μέγιστη πυκνότητα τους στην περιοχή της Αττικής συμβαίνει στις 48 και 72 ώρες από την αρχή της πρόγνωσης.

Στο σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας εμποδίζονται και οι μέσες νεφώσεις από το νησί, ενώ έχουμε πλήρη απουσία αυτών πάνω από την περιοχή της Αττικής τα δύο 24ωρα κατά τα οποία στα άλλα δύο σενάρια υψομέτρου της Εύβοιας έχουμε μέγιστο υετό. Συγκρίνοντας το κλάσμα της μέσης νέφωσης με το αντίστοιχο της χαμηλής στο σενάριο αυτό, παρατηρείται πως η μέση νέφωση έχει μειωθεί σε σημαντικότερο βαθμό από ότι η χαμηλή νέφωση πάνω από την Αττική. Κάτι τέτοιο με την πρώτη ματιά δεν φαίνεται λογικό, καθώς στην υπήνεμη πλευρά της Εύβοιας η αδιαβατική θέρμανση συμβαίνει για μικρότερες διαδρομές προς τα κάτω της αέριας μάζας για νέφη μέσης διαστρωμάτωσης σε σχέση με αυτά της χαμηλής διαστρωμάτωσης. Μια πιθανή εξήγηση για το γεγονός αυτό είναι ο τρόπος με τον οποίο πέφτει το χιόνι σε αυτές τις περιοχές. Τα νέφη που προκαλούν τον υετό είναι εν γένη κατακόρυφης ανάπτυξης. Καθώς η αέρια μάζα έχει χάσει πολύ σημαντικό ποσό υδρατμών και έχει θερμανθεί κατά την διάρκεια της κατάβασής της στα υπήνεμα τμήματα της οροσειράς, περνώντας πάνω από την Αττική δεν υπάρχει πλέον η δυνατότητα κατακόρυφης ανάπτυξης νεφών λόγω των νέων χαρακτηριστικών της αέριας μάζας. Έτσι ενώ εξαιτίας του Ευβοϊκού κόλπου έχουμε μια μικρή τροφοδότηση της αέριας μάζας με υδρατμούς στα κατώτερα τμήματά της και άρα την δημιουργία χαμηλών νεφών, δεν υπάρχει η δυνατότητα ανωμεταφοράς από εκείνα τα υψόμετρα μέχρι αυτά των μέσων νεφών και ως εκ τούτου δεν έχουμε κορυφές νεφών που να ξεπερνούν αυτό το ύψος.

Τέλος ένα χαρακτηριστικό που παρατηρείται στην υπήνεμη πλευρά της οροσειράς-Εύβοιας, είναι μια πρόσκαιρη απότομη αύξηση του ποσοστού των μέσων νεφών, μετά από το τοπικό ελάχιστο. Αυτές οι νεφώσεις έχουν πάρει τον χαρακτηριστικό σχηματισμό νεφών αναταράξεων που αναφέρθηκαν στο εδάφιο 1.2.6.

Οι χάρτες των σχημάτων 3-44, 3-45 και 3-46 **αποτυπώνουν το κλάσμα υψηλών νεφώσεων**. Οι υψηλές νεφώσεις και εδώ έχουν ένα μικρό ποσοστό κάλυψης του ουρανού, με μικρές διαφορές μεταξύ του σεναρίου πεδιάδας-Εύβοιας και των πραγματικών συνθηκών υψομέτρου της Εύβοιας. Οι αλλαγές φαίνονται πιο σημαντικές στο σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας στις 96 προγνωστικές ώρες. Έχουμε αυξημένες υψηλές νεφώσεις στην περιοχή των δυτικών Κυκλάδων, οι οποίες αποτελούν επίπτωση του διαφορετικού προφίλ των ανέμων στα μέσα και μεγάλα υψόμετρα που δημιουργεί η ορογραφία της Εύβοιας.

Οι χάρτες των σχημάτων 3-47, 3-48 και 3-49 αποτυπώνουν το **ανεμολογικό πεδίο** της περιοχής. Αρχικά οι άνεμοι είναι βορειοδυτικών διευθύνσεων, με μέγιστες εντάσεις στο Αιγαίο. Έπειτα έχουμε στροφή του ρεύματος σε μεγάλο μέρος της γεωγραφικής περιοχής σε ενισχυμένους βόρειο-βορειοανατολικούς. Στις 72 ώρες από την αρχή της πρόγνωσης, έχουμε εκ νέου στροφή των ανέμων σε βορειοδυτικούς κυρίως πάνω από την ξηρά, ενώ στην θάλασσα έχουμε συνέχεια του βορειοανατολικού ρεύματος. Η επικράτηση του βορειοδυτικού ρεύματος σε όλη την γεωγραφική περιοχή συμβαίνει στο τέλος των προγνωστικών ωρών.

Στο σενάριο οροσειράς-Εύβοιας, υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις των ανέμων σε όλα τα προγνωστικά 24ωρα. Στο πρώτο 24ωρο σε σύγκριση με τα άλλα δύο σενάρια γεωμορφολογίας της Εύβοιας, υπάρχει μια αλλαγή ως προς την διεύθυνση του ανέμου στο Αιγαίο πέλαγος κοντά στα προσήνεμα τμήματα της Εύβοιας. Η οροσειρά αποτελεί εμπόδιο για το ρεύμα αέρα, που λόγω της κλίσης του με αυτό δεν το ξεπερνάει, αλλά εξαναγκάζεται σε στροφή ώστε το διάνυσμά του ανέμου να γίνει παράλληλο με το φυσικό εμπόδιο της οροσειράς. Το ρεύμα το οποίο είναι παράλληλο με την οροσειρά, όταν συναντηθεί με το κύριο ρεύμα του Αιγαίου, έχει ως συνέπεια την διανυσματική πρόσθεσή τους με αποτέλεσμα το ρεύμα στο Αιγαίο να έχει μια πιο δυτική συνιστώσα σε σχέση με τα άλλα δύο σενάρια γεωμορφολογίας της Εύβοιας. Στην περιοχή της Αττικής, το προφίλ των ανέμων ταιριάζει με το προφίλ του επιφανειακού χαμηλού στα υπήνεμα της Εύβοιας καθώς ακολουθούν την κυκλοφορία θετικού στροβιλισμού. Σημαντική είναι η παρατήρηση της σύγκλισης των ανέμων στην περιοχή του Σαρωνικού στις 24 προγνωστικές ώρες, καθώς όπως διαπιστώθηκε στους χάρτες του υετού, το σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας έχει αυξημένο υετό στην περιοχή αυτή σε σχέση με τα άλλα δύο γεωμορφολογικά σενάρια και το ανεμολογικό πεδίο μπορεί να εξηγήσει αυτές τις διαφορές.

Στις 48 προγνωστικές ώρες το ρεύμα στρέφεται γενικά σε βόρειο-βορειοανατολικό, με αποτέλεσμα στα υπήνεμα τμήματα της Εύβοιας να παρατηρούνται ισχυροί καταβατικοί άνεμοι. Στις

72 και 96 προγνωστικές ώρες έχουμε μια παρόμοια εικόνα των ανέμων στην περιοχή με αυτή που είχαμε στις 24 ώρες και οι αιτίες που δημιουργούν το συγκεκριμένο προφίλ είναι οι ίδιες.

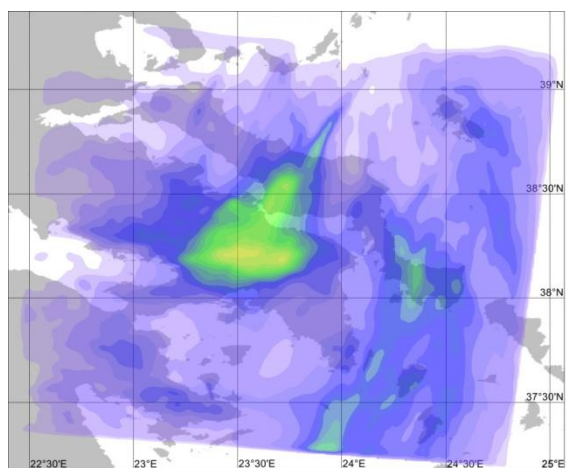
Στους συγκριτικούς χάρτες της **διαφοράς της μέσης έντασης της ζωνικής και μεσημβρινής συνιστώσας των ανέμων** (σχήμα 3-50), είναι και πάλι εμφανής η αλληλεπίδραση της ορογραφίας με τους ανέμους. Σε σχέση με τις πραγματικές συνθήκες το σενάριο πεδιάδας-Εύβοιας παρουσιάζει ανάλογες αποκλίσεις στο ανεμολογικό πεδίο με αυτές στην πρώτη περίπτωση χιονοπτώσεων και η εξήγηση για το φαινόμενο αυτό έχει αναφερθεί. Για το γεωμορφολογικό σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας έχουμε και εδώ παρόμοιες αλλαγές με την πρώτη περίπτωση χιονοπτώσεων, οι οποίες έχουν την ίδια λογική επεξήγησης.

Στους χάρτες των σχημάτων 3-51, 3-52 και 3-53 φαίνονται οι **θερμοκρασίες 2 μέτρων από την επιφάνεια της γης**. Η ψυχρή εισβολή χρονικά σημειώνει την μέγιστη έντασή της στις 72 προγνωστικές ώρες.

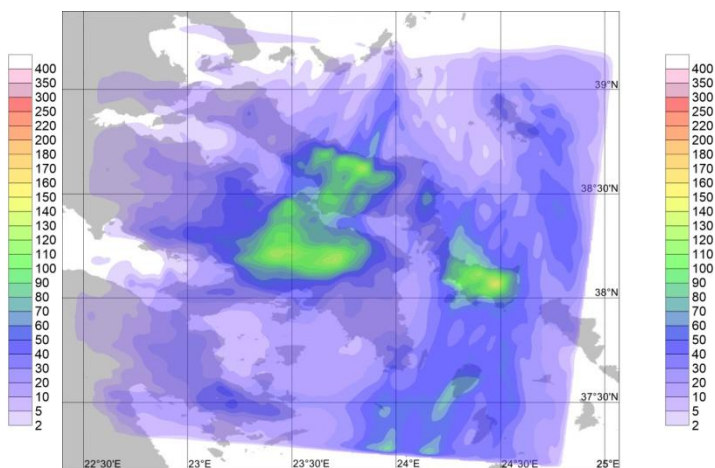
Όσο αφορά τις **αποκλίσεις των μέσων θερμοκρασιών** (σχήμα 3-54), των δύο πειραματικών σεναρίων σε σχέση με τις πραγματικές συνθήκες υψόμετρου της Εύβοιας παρατηρούνται τα εξής:

1) 0 έως -0.5 βαθμοί απόκλιση στις επιφανειακές θερμοκρασίες στην περιοχή της Αθήνας, που θα οδηγούσε σε λίγο χαμηλότερα υψόμετρα χιονόπτωσης και λίγο μεγαλύτερες χιονοστρώσεις στις περιοχές που έχουν οριακές θερμοκρασίες. Οι λόγοι που οδηγούν σε αυτή την απόκλιση, έχουν εξηγηθεί αναλυτικά στην προηγούμενη περίπτωση χιονοπτώσεων. 2) Άνοδος κατά ~1 βαθμό Κελσίου στην περιοχή της Αττικής στο σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας σε σχέση με το σενάριο πραγματικών συνθηκών υψόμετρου της Εύβοιας, οδηγώντας σε μεγαλύτερα υψόμετρα χιονόπτωσης και μικρότερες χιονοστρώσεις στις περιοχές με οριακές θερμοκρασίες. Οι αιτίες της ανόδου αυτής έχουν εξηγηθεί αναλυτικά στην προηγούμενη περίπτωση χιονοπτώσεων.

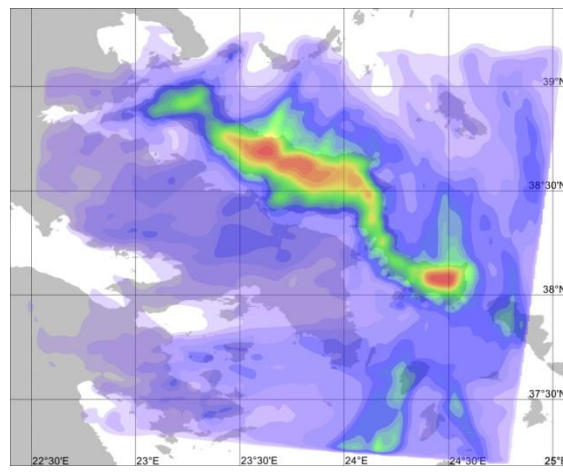
Φυσικά οι θερμοκρασιακές διαφορές στην περιοχή της Εύβοιας αποδίδονται κυρίως στις αλλαγές που έχουν συμβεί στο υψόμετρο της.



(α)

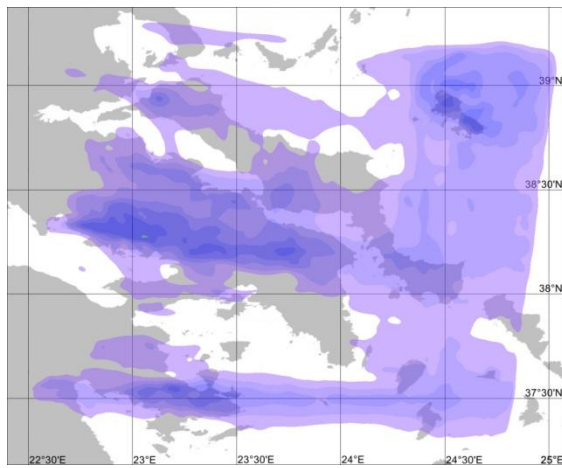


(β)

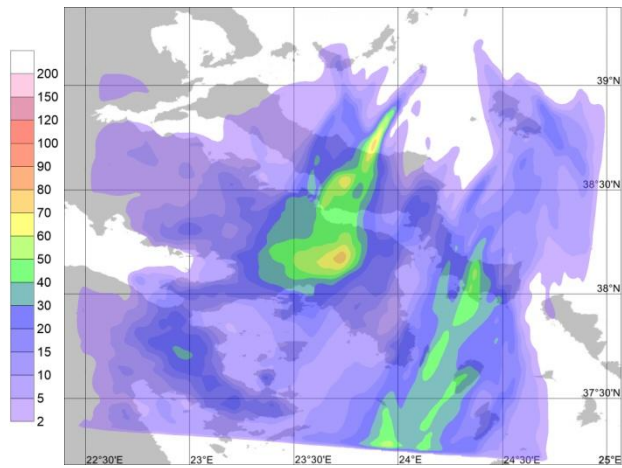


(γ)

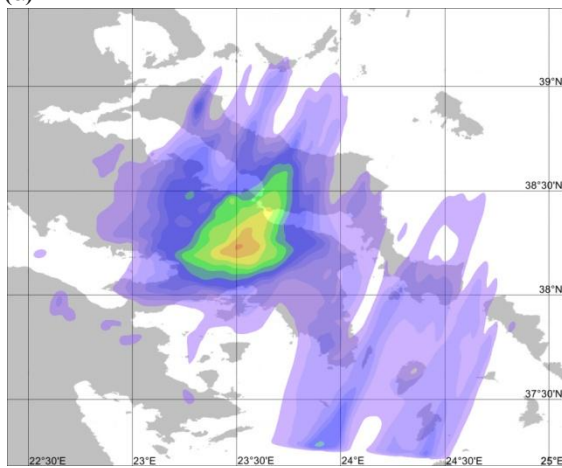
Σχήμα 3-33: Χάρτες ολικού ύψους νετού (mm) στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την δεύτερη περίπτωση χιονοπτώσεων, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας (α), με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της (β) και με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς (γ).



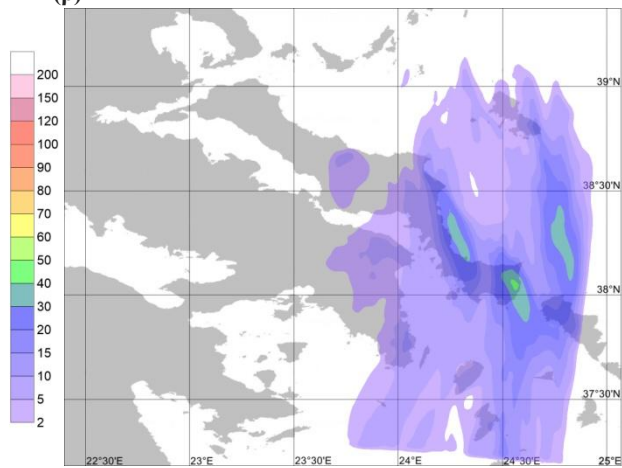
(α)



(β)

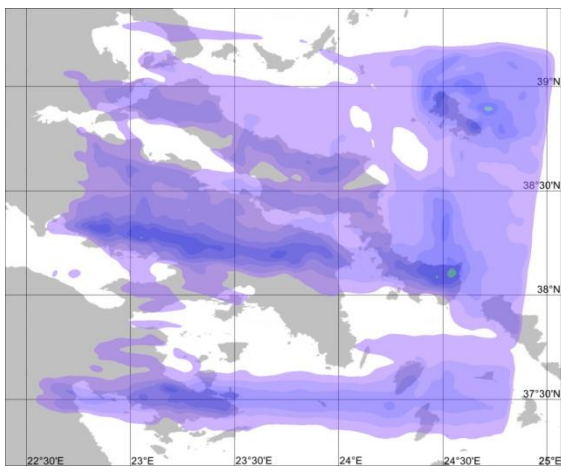


(γ)

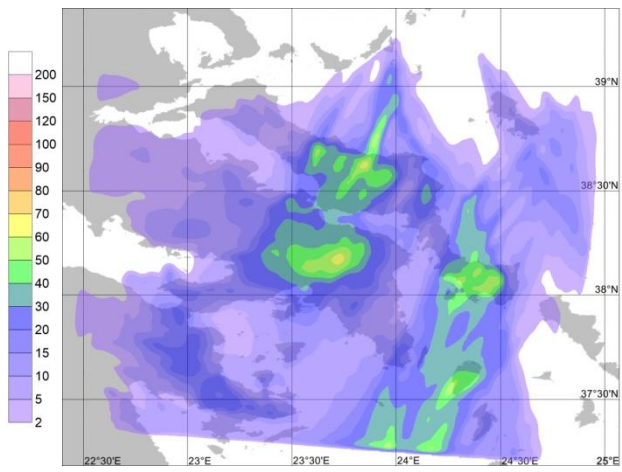


(δ)

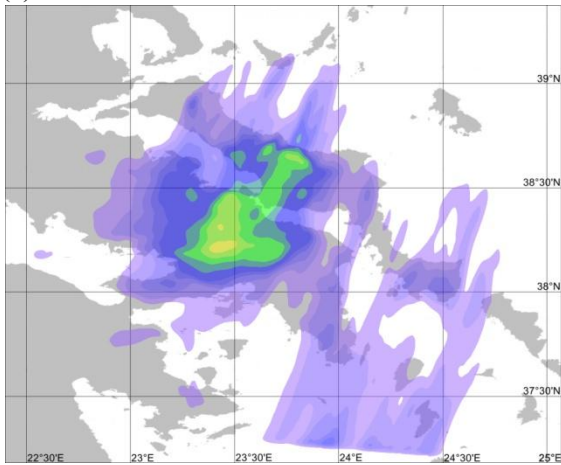
Σχήμα 3-34: Χάρτες ύψους νετού 24ωρου (mm) στην περιοχή της ανατολικής Στερεάς για την δεύτερη περίπτωση χιονοπτώσεων και για 24 (α), 48 (β), 72 (γ) και 96 (δ) ώρες πρόγνωσης, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.



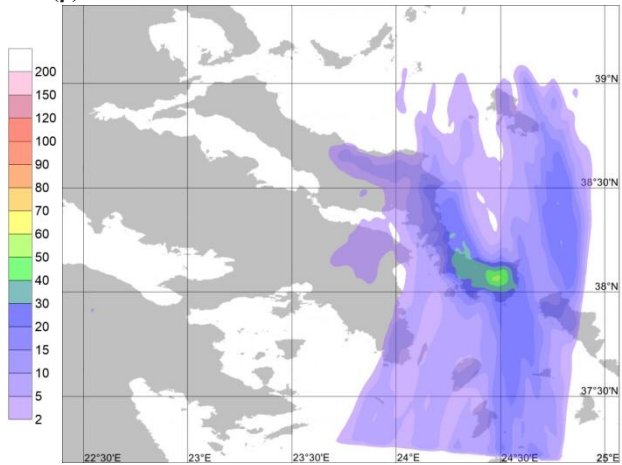
(α)



(β)

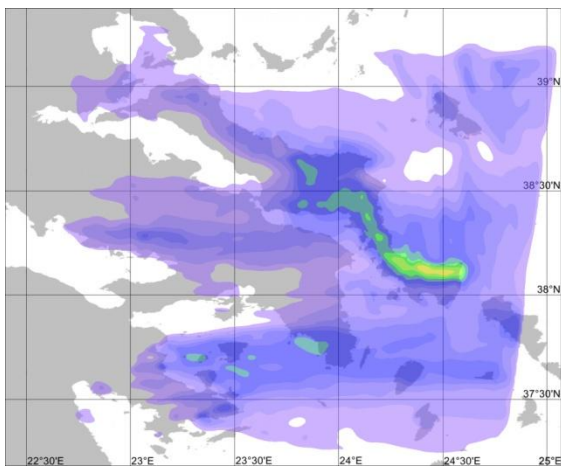


(γ)

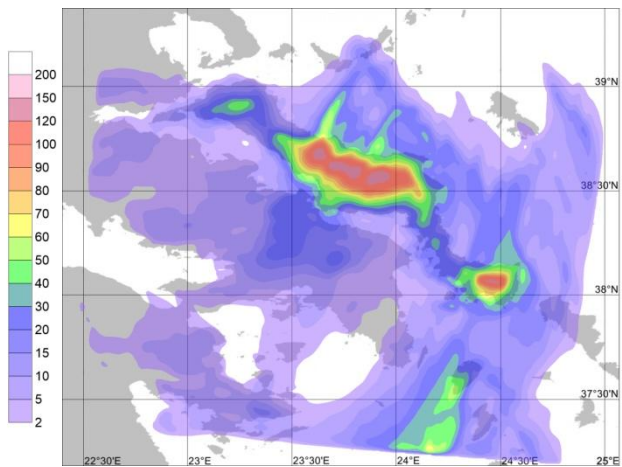


(δ)

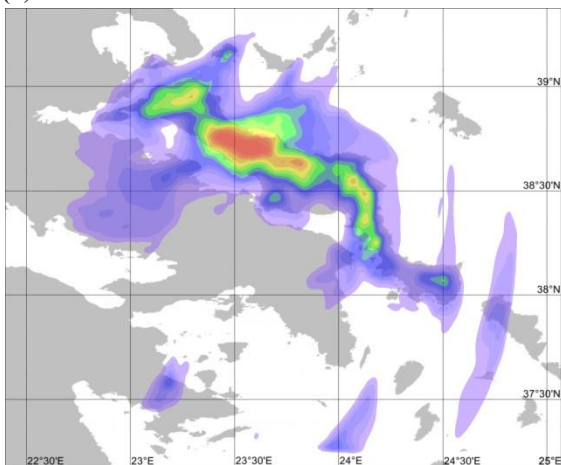
Σχήμα 3-35: Όπως στο σχήμα 3-34, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της.



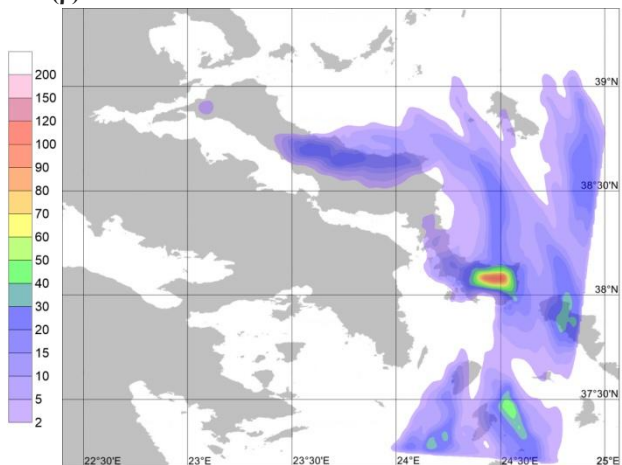
(α)



(β)

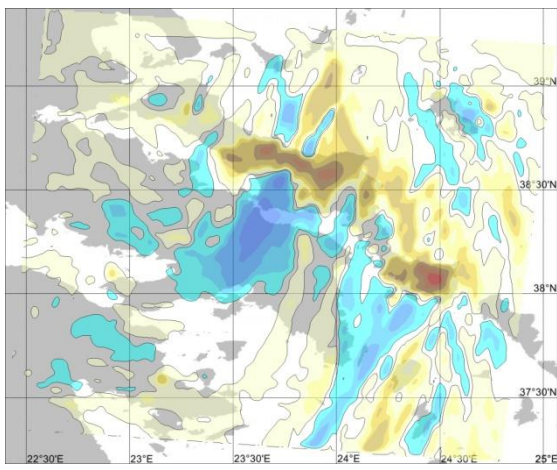


(γ)

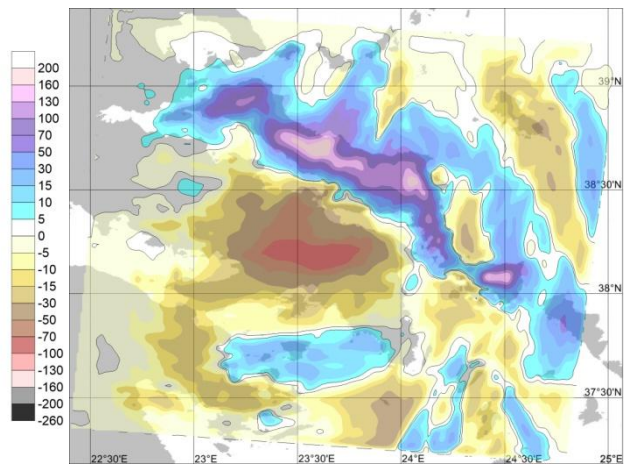


(δ)

Σχήμα 3-36: Όπως στο σχήμα 3-34, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.

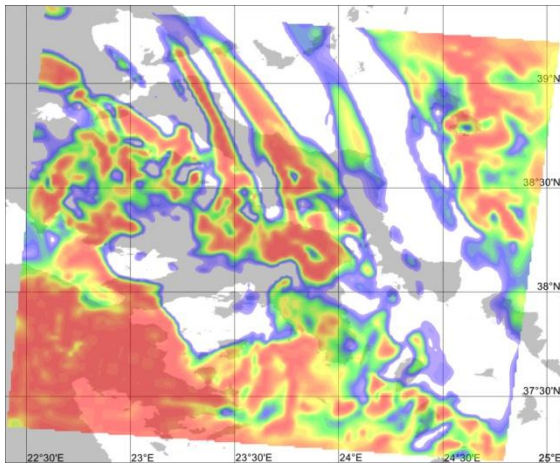


(α)

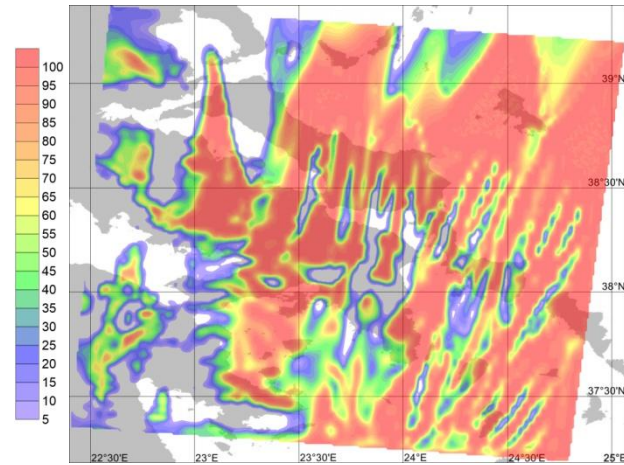


(β)

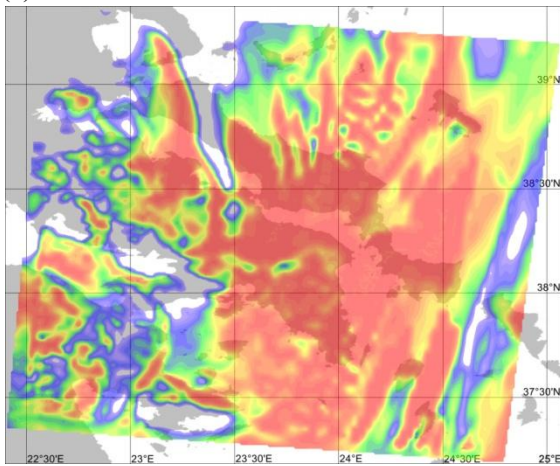
Σχήμα 3-37: Χάρτες αποκλίσεων ύψους νετού (mm) από τις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της Εύβοιας στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την δεύτερη περίπτωση χιονοπτώσεων, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας (α) και με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς (β).



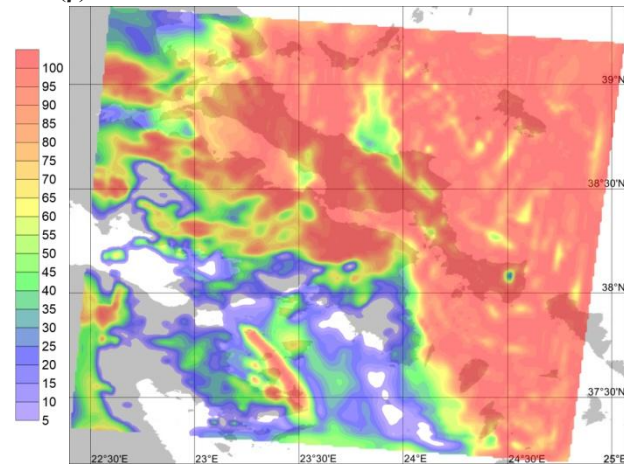
(α)



(β)

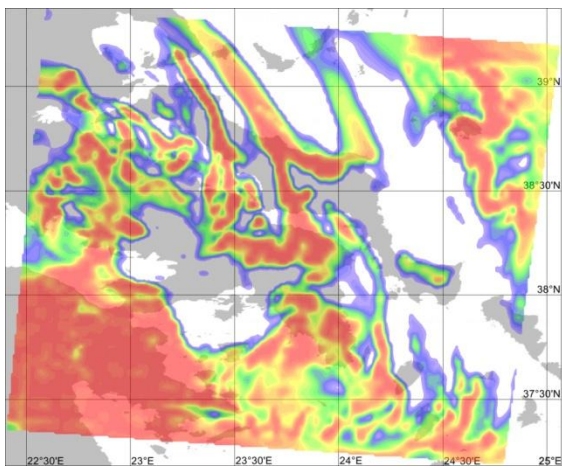


(γ)

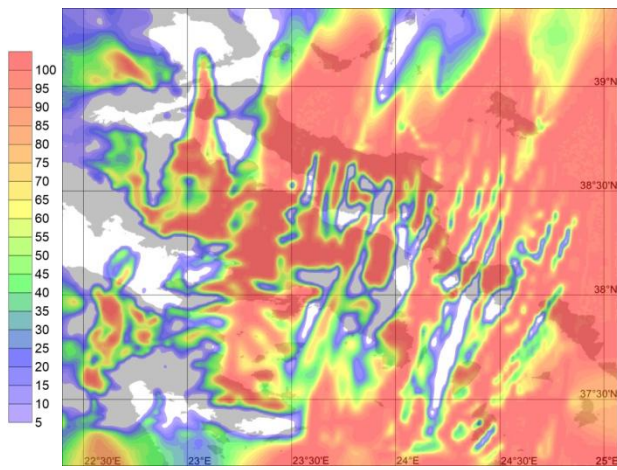


(δ)

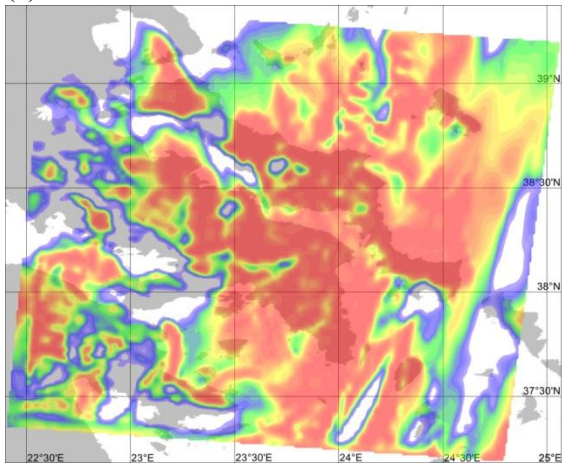
Σχήμα 3-38: Χάρτες χαμηλής νέφωσης (%) στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την δεύτερη περίπτωση χιονοπτώσεων και για 24 (α), 48 (β), 72 (γ) και 96 (δ) ώρες πρόγνωσης, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.



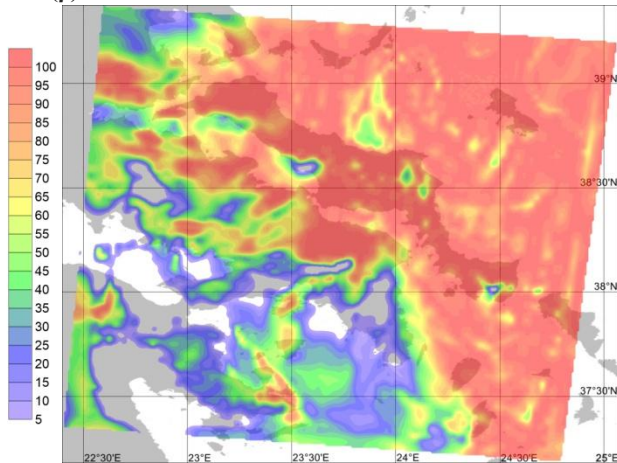
(α)



(β)

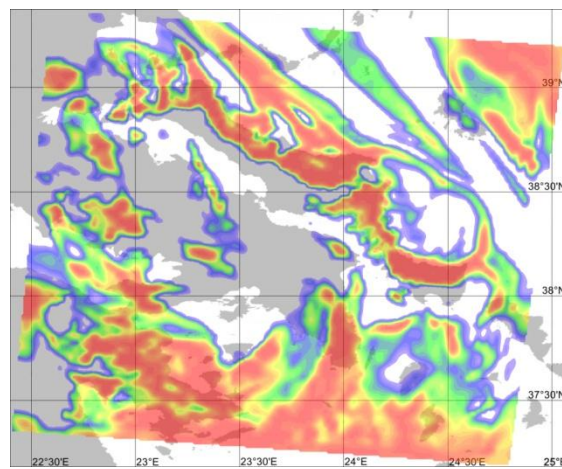


(γ)

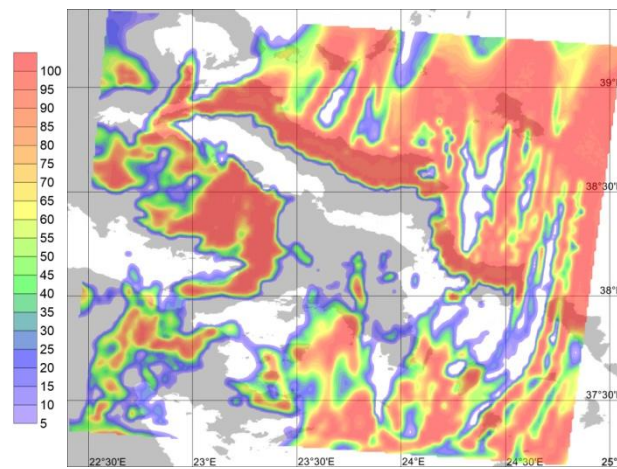


(δ)

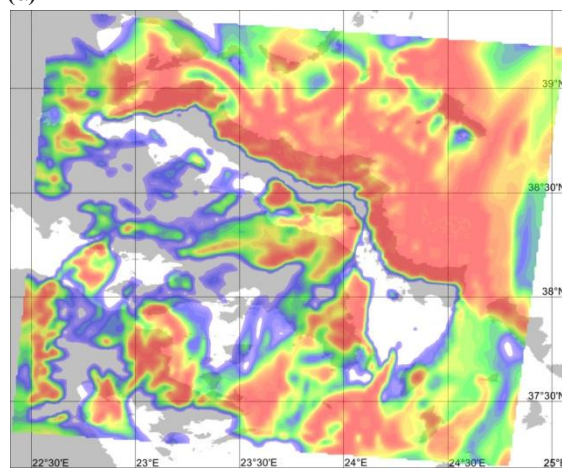
Σχήμα 3-39: Όπως στο σχήμα 3-38, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψόμετρου της.



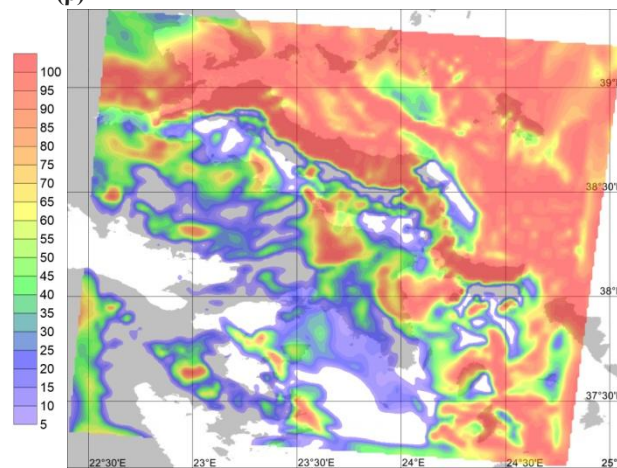
(α)



(β)

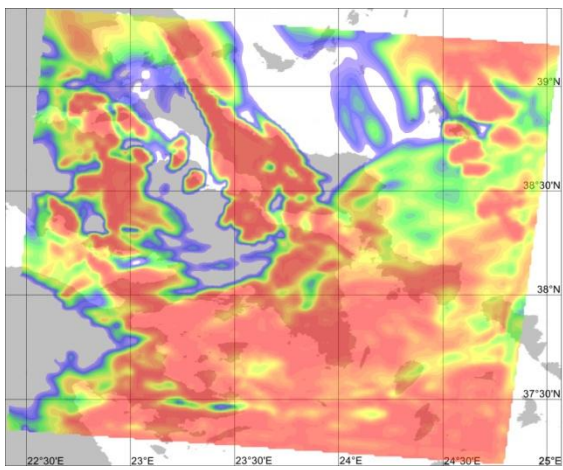


(γ)

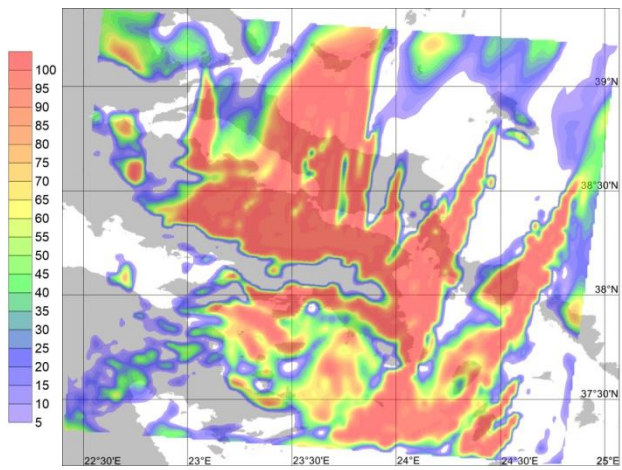


(δ)

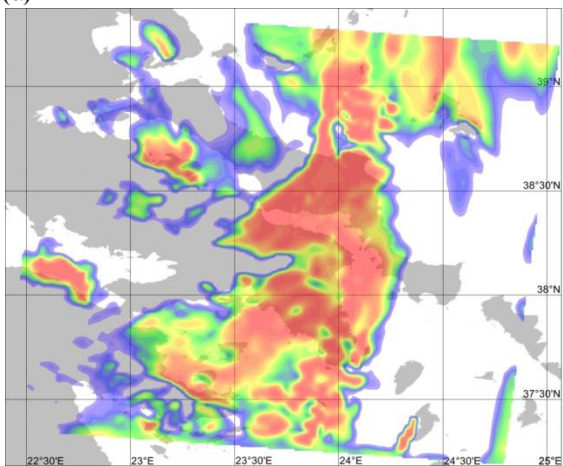
Σχήμα 3-40: Όπως στο σχήμα 3-38, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.



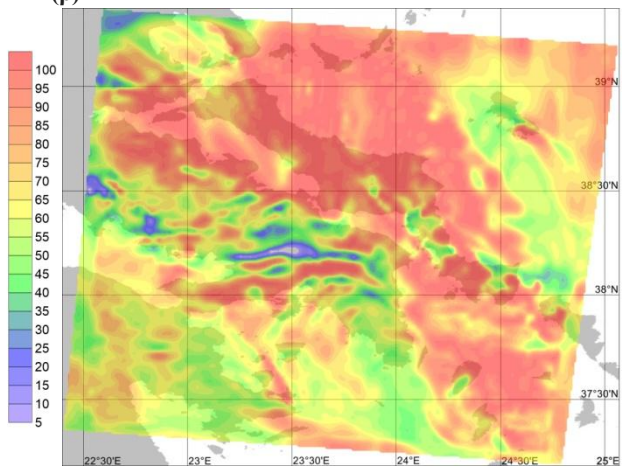
(α)



(β)

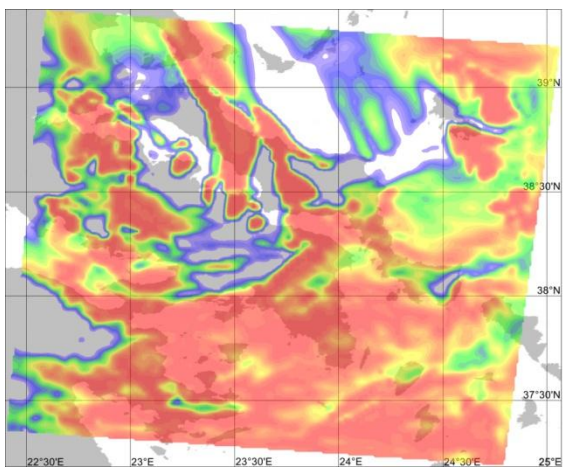


(γ)

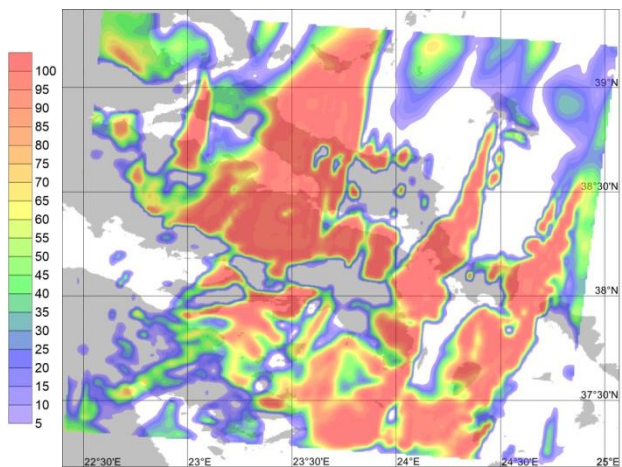


(δ)

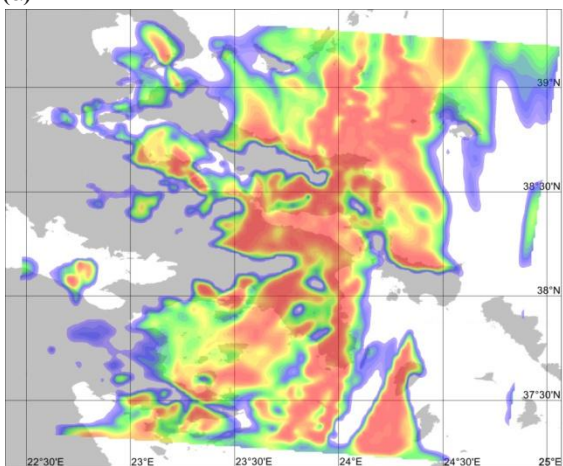
Σχήμα 3-41: Χάρτες μέσης νέφωσης (%) στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την δεύτερη περίπτωση χιονοπτώσεων και για 24 (α), 48 (β), 72 (γ) και 96 (δ) ώρες πρόγνωσης, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.



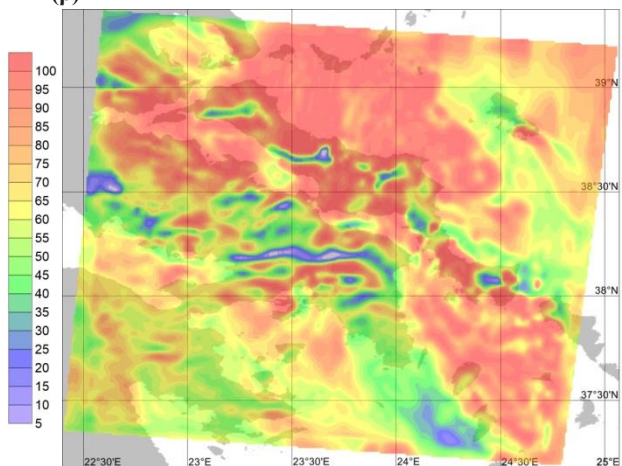
(α)



(β)

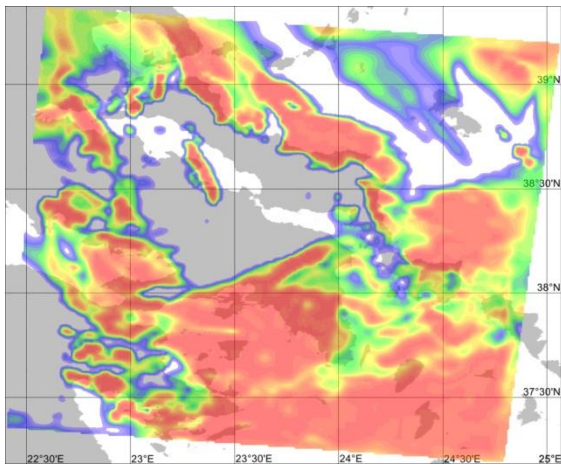


(γ)

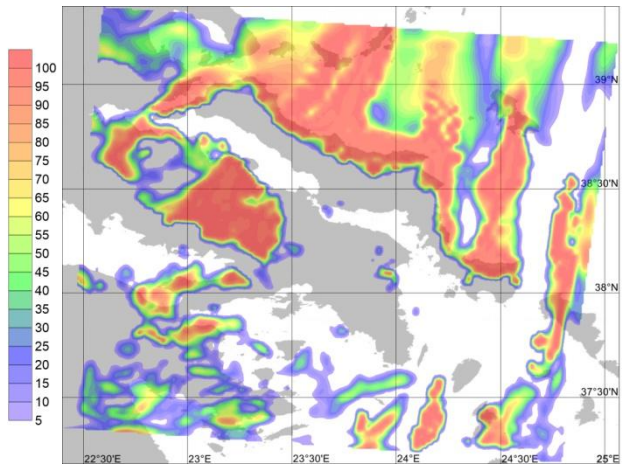


(δ)

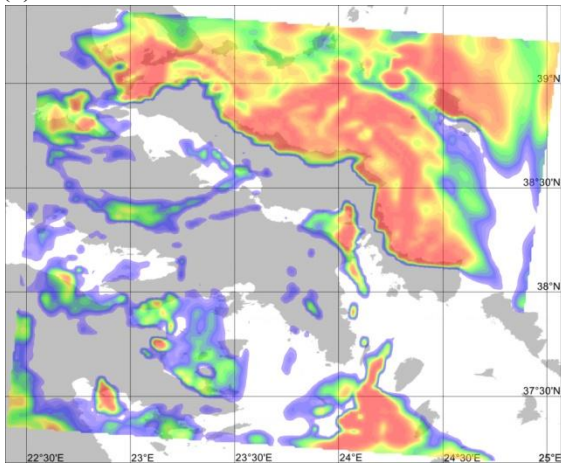
Σχήμα 3-42: Όπως στο σχήμα 3-41, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της.



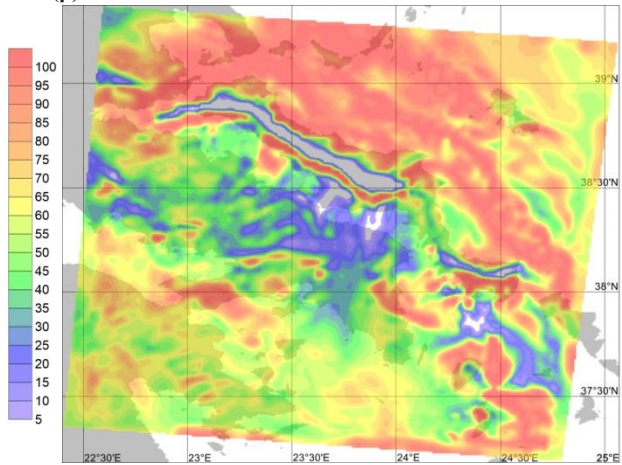
(α)



(β)

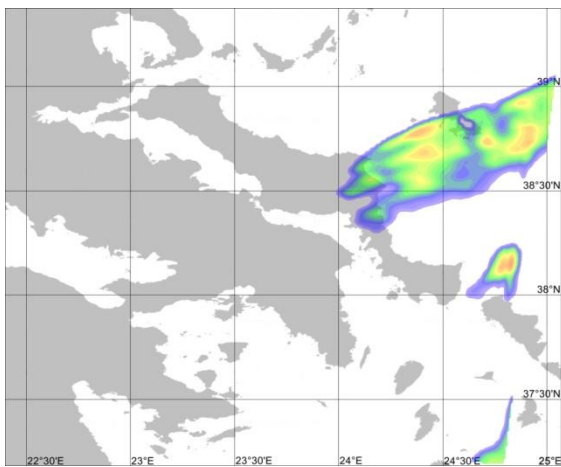


(γ)

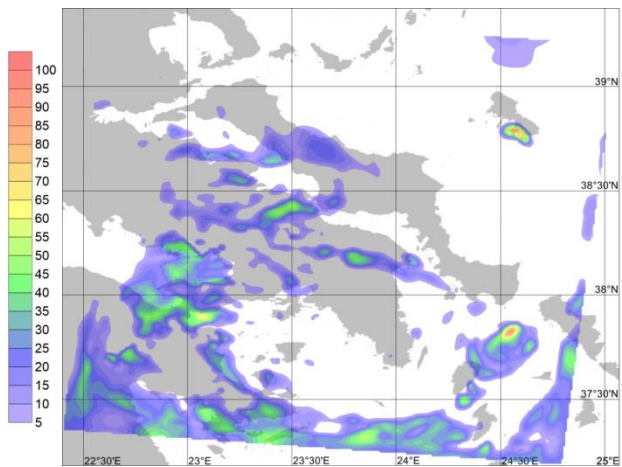


(δ)

Σχήμα 3-43: Όπως στο σχήμα 3-41, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.



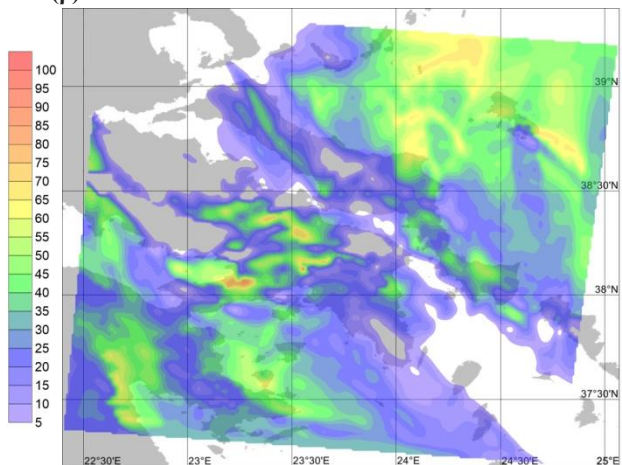
(α)



(β)

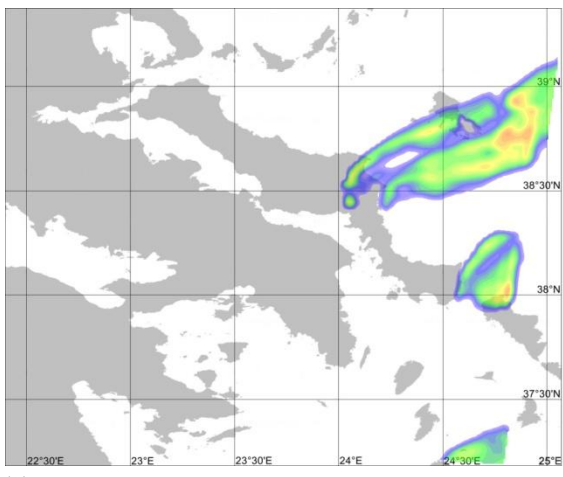


(γ)

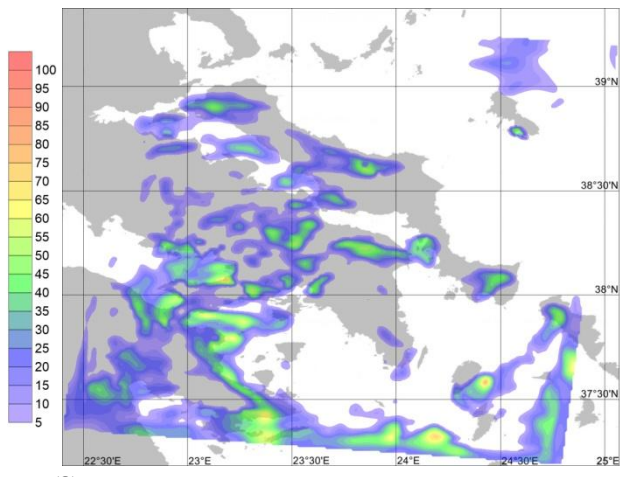


(δ)

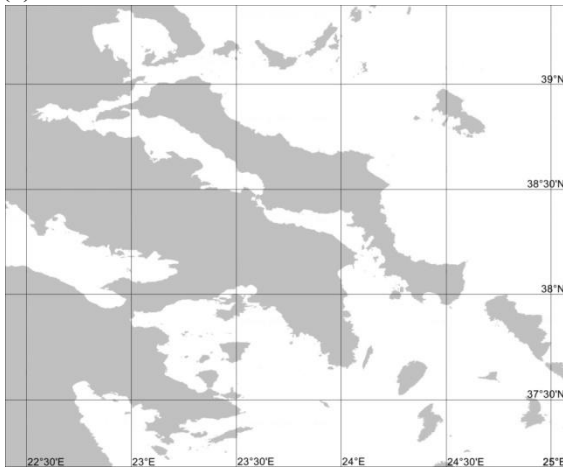
Σχήμα 3-44: Χάρτες υψηλής νέφωσης (%) στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την δεύτερη περίπτωση χιονοπτώσεων και για 24 (α), 48 (β), 72 (γ) και 96 (δ) ώρες πρόγνωσης, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.



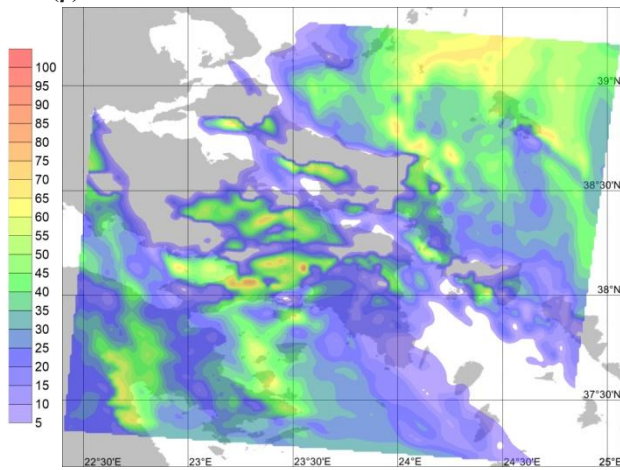
(α)



(β)

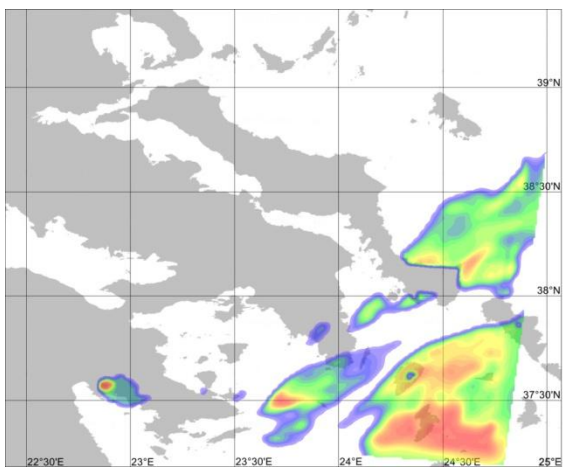


(γ)

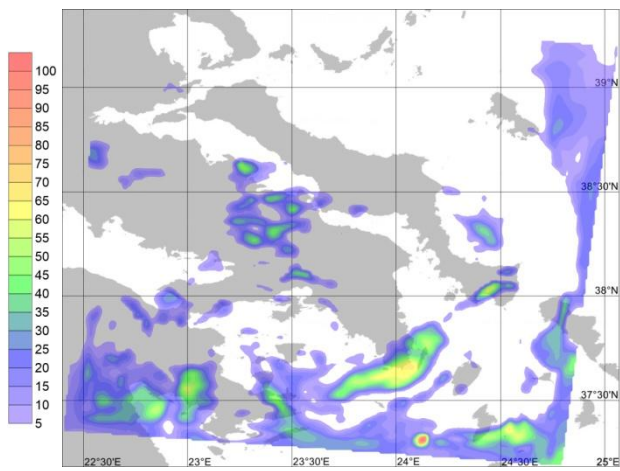


(δ)

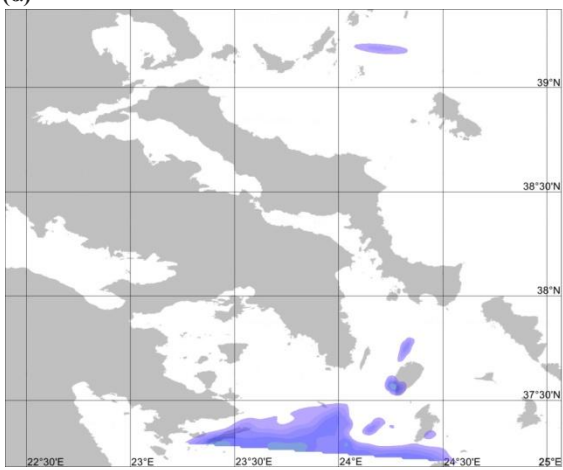
Σχήμα 3-45: Όπως στο σχήμα 3-44, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της.



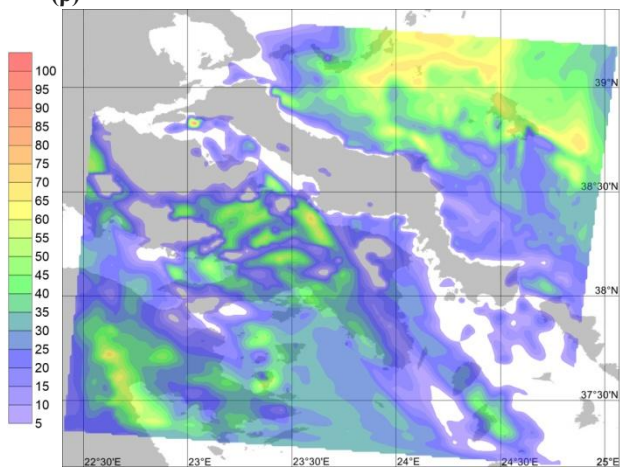
(α)



(β)

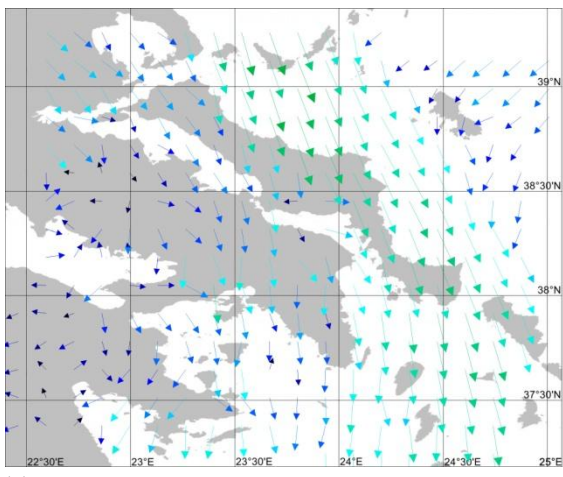


(γ)

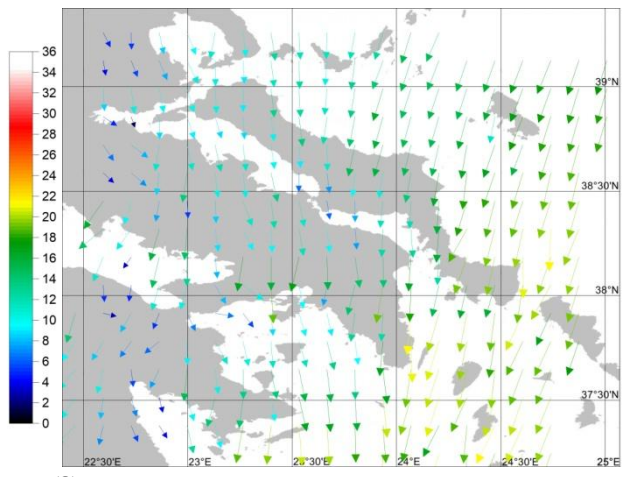


(δ)

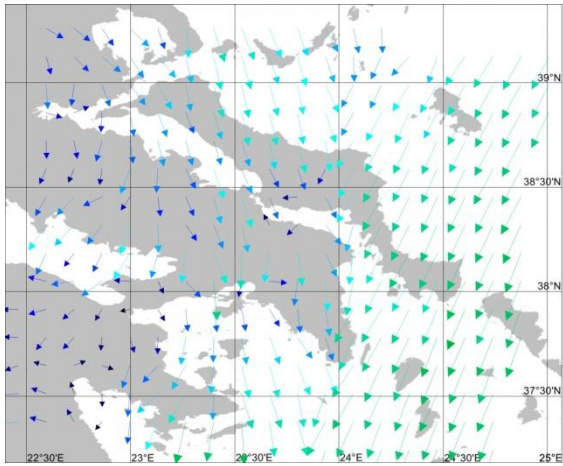
Σχήμα 3-46: Όπως στο σχήμα 3-44, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.



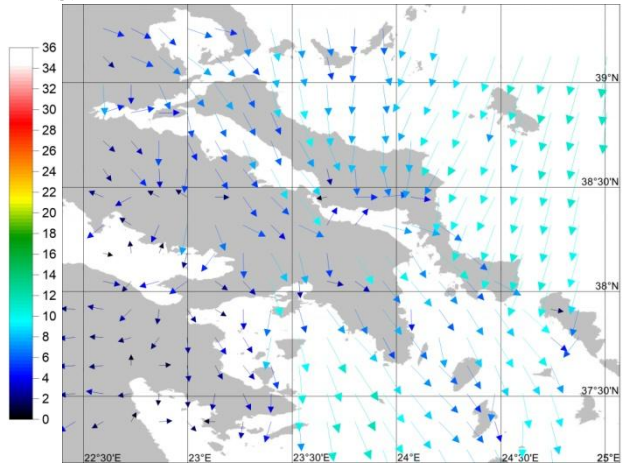
(α)



(β)

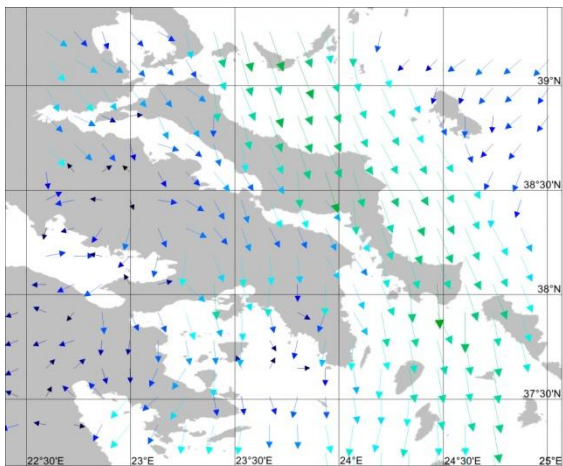


(γ)

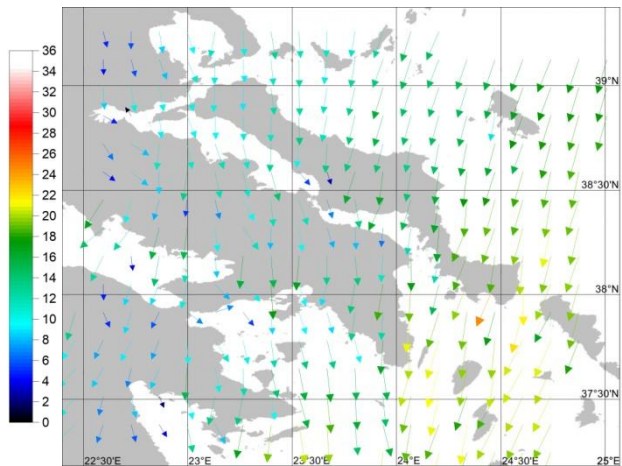


(δ)

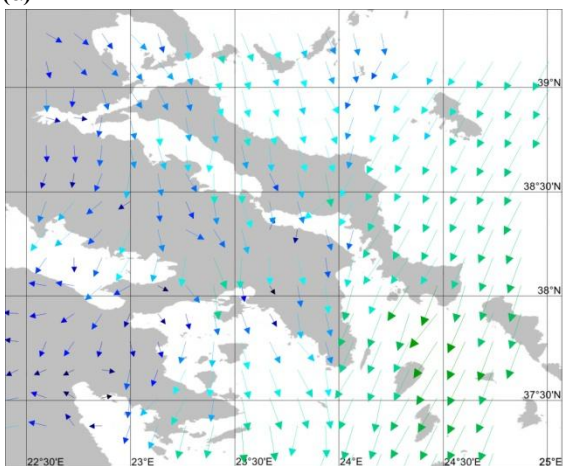
Σχήμα 3-47: Χάρτες ανεμολογικού πεδίου (m/s) στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την δεύτερη περίπτωση χιονοπτώσεων και για 24 (α), 48 (β), 72 (γ) και 96 (δ) ώρες πρόγνωσης, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.



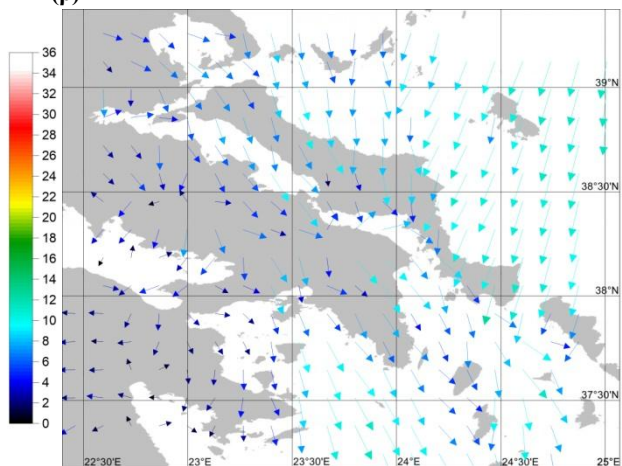
(α)



(β)

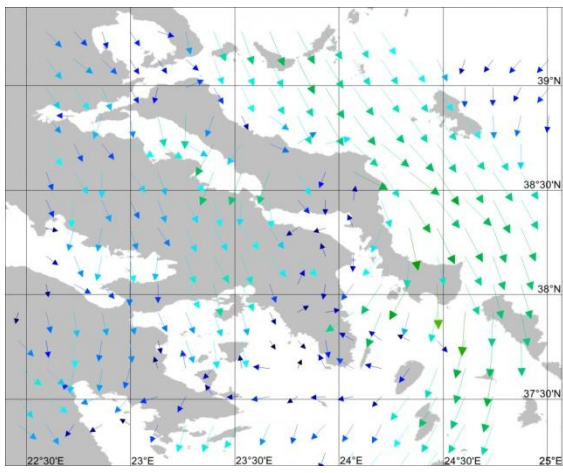


(γ)

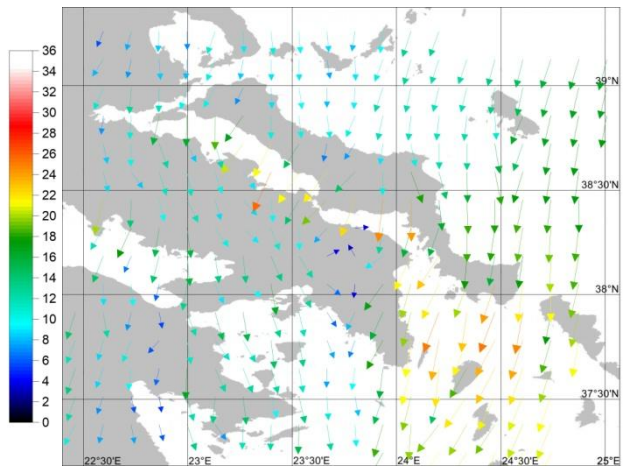


(δ)

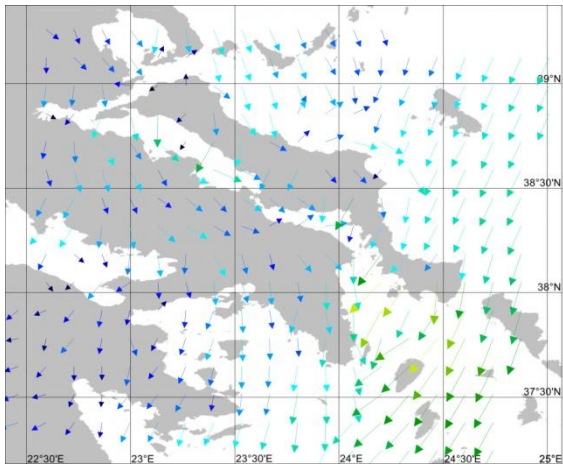
Σχήμα 3-48: Όπως στο σχήμα 3-47, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψόμετρου της.



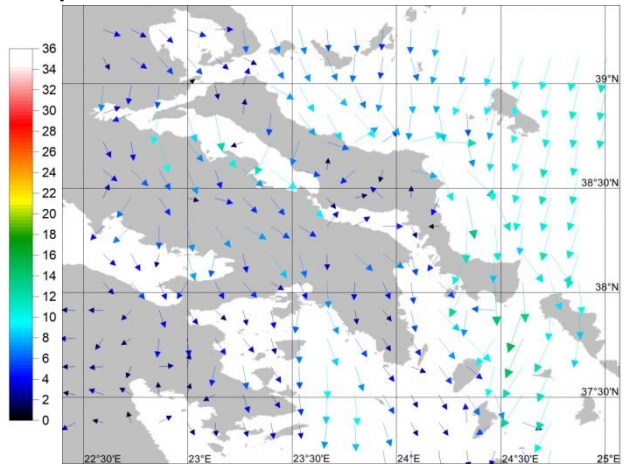
(α)



(β)

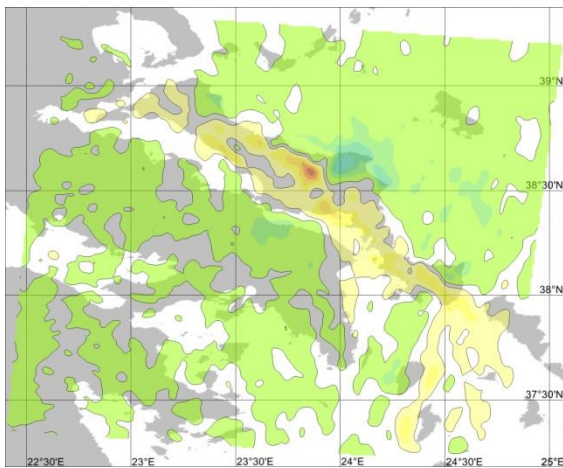


(γ)

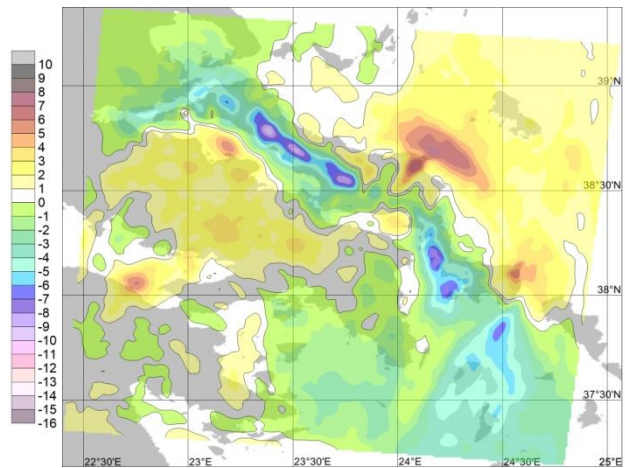


(δ)

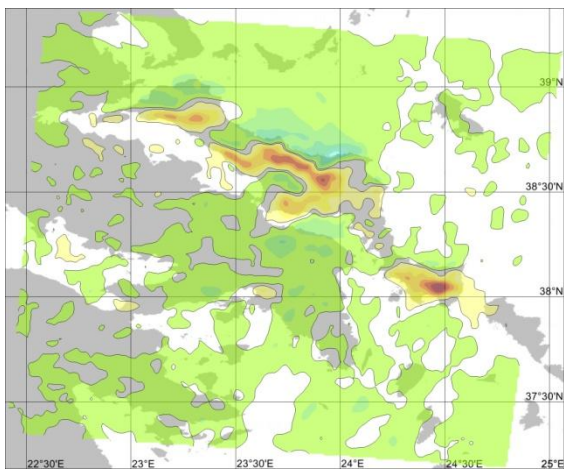
Σχήμα 3-49: Όπως στο σχήμα 3-47, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.



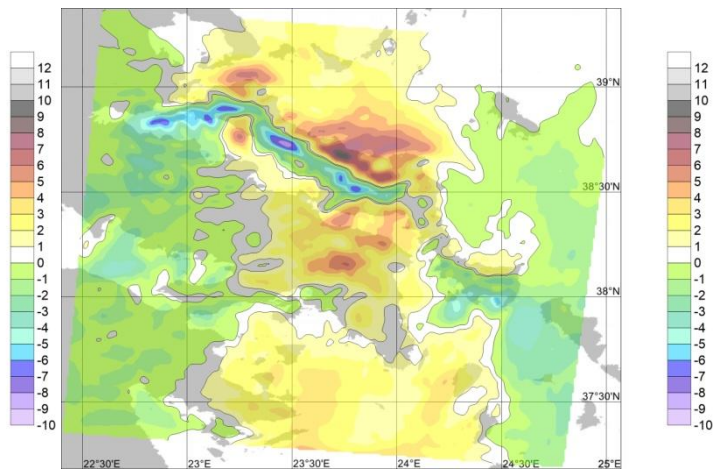
(α1)



(α2)

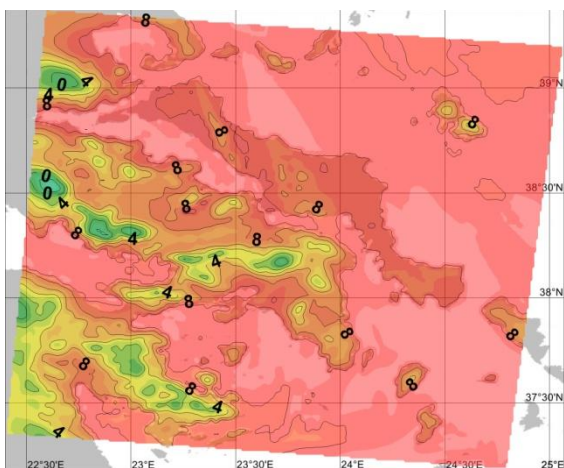


(β1)

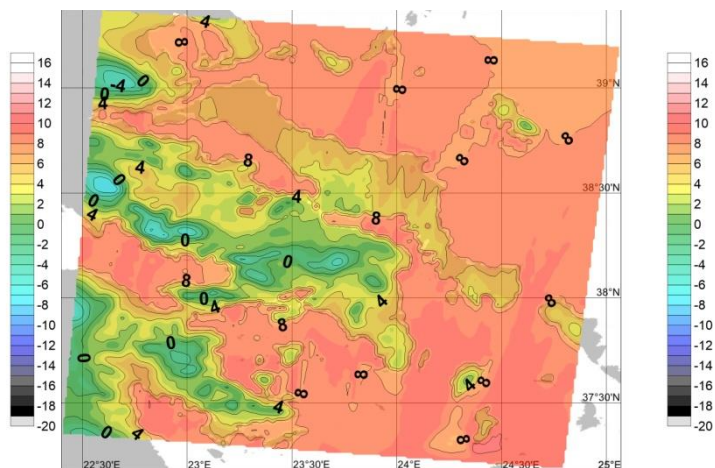


(β2)

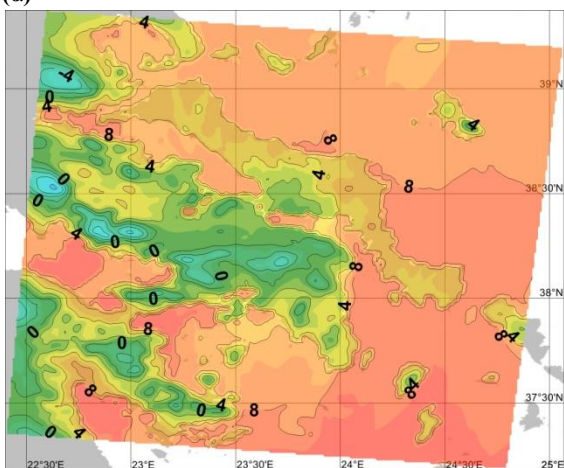
Σχήμα 3-50: Χάρτες αποκλίσεων της μέσης ζωνικής (α) και της μέσης μεσημβρινής (β) ταχύτητας ανέμου (m/s) από τις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της Εύβοιας στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την δεύτερη περίπτωση χιονοπτώσεων, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας (1) και με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς (2).



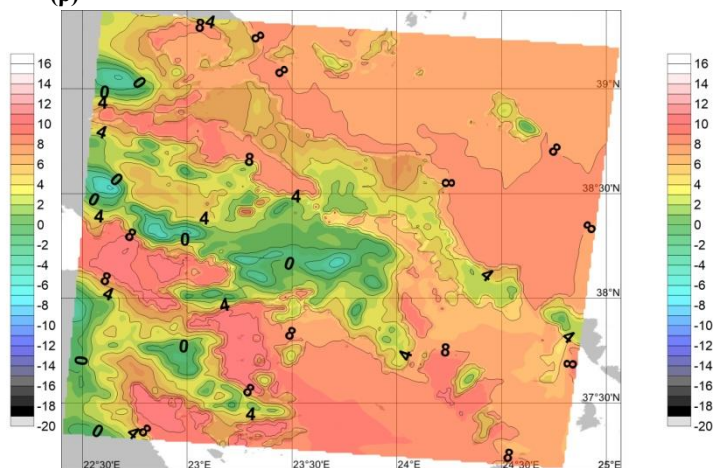
(α)



(β)

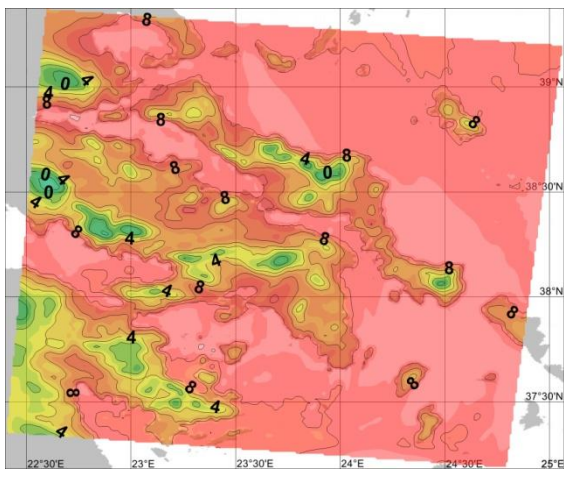


(γ)

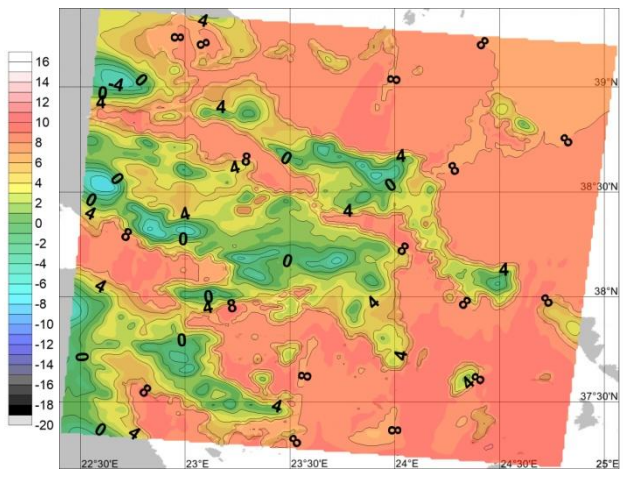


(δ)

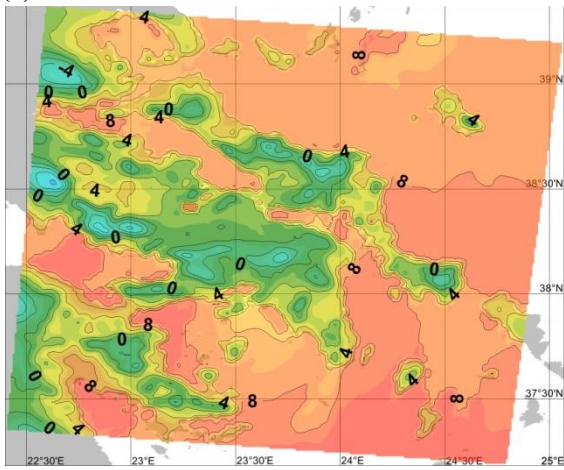
Σχήμα 3-51: Χάρτες της θερμοκρασίας του αέρα (°C) στα 2m από την επιφάνεια της γης στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την δεύτερη περίπτωση χιονοπτώσεων και για 24 (α), 48 (β), 72 (γ) και 96 (δ) ώρες πρόγνωσης, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.



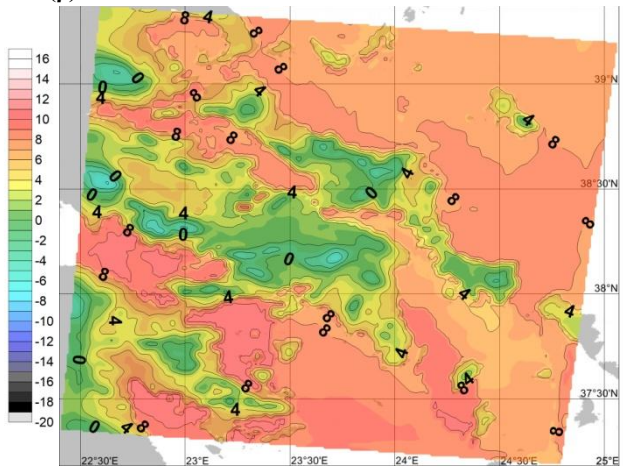
(α)



(β)

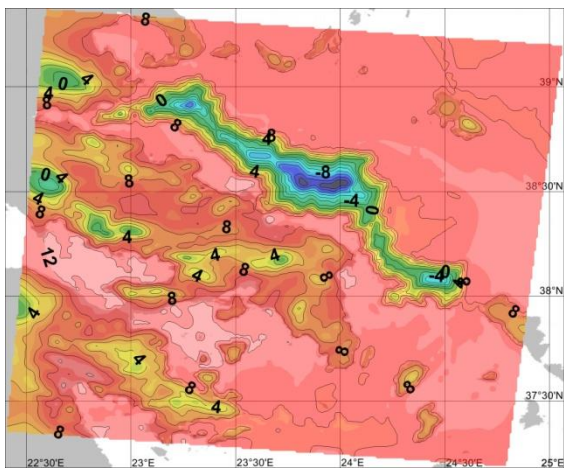


(γ)

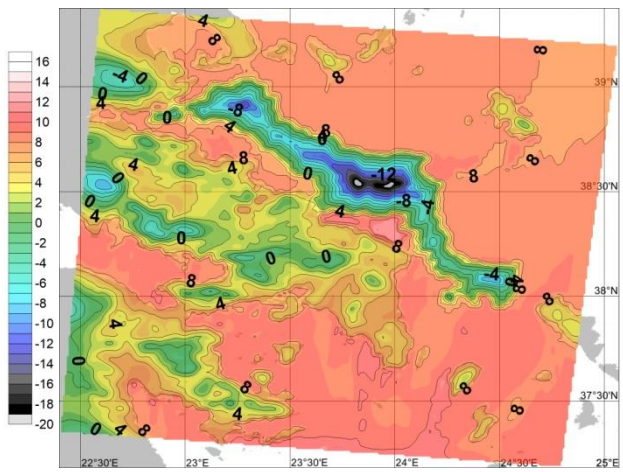


(δ)

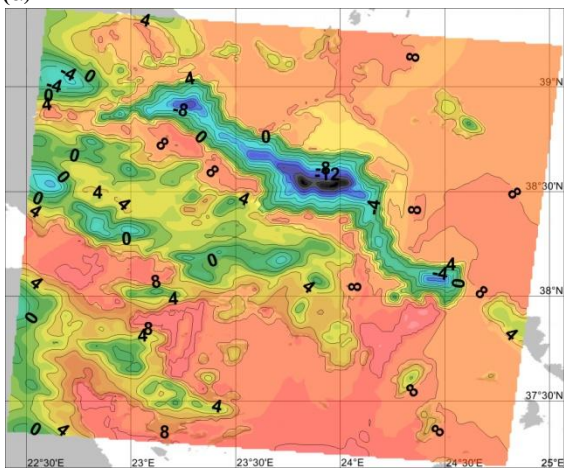
Σχήμα 3-52: Όπως στο σχήμα 3-51, αλλά για την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υνομέτρου της.



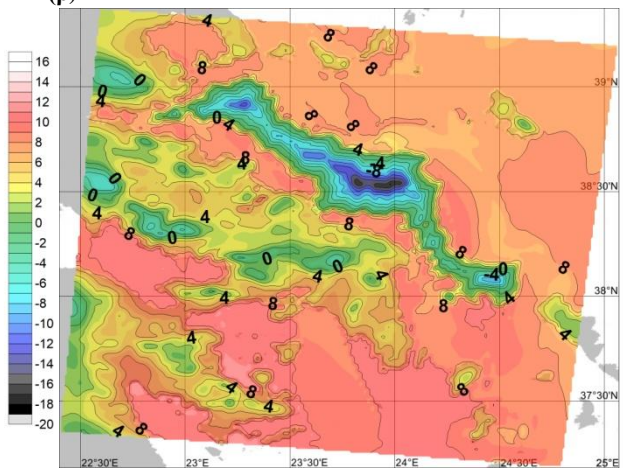
(α)



(β)

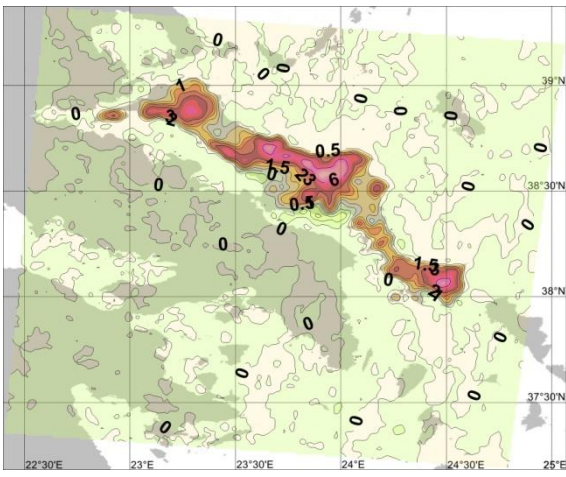


(γ)

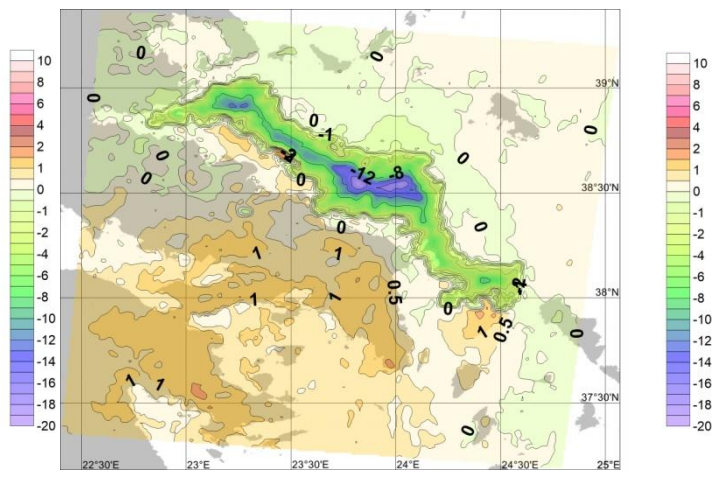


(δ)

Σχήμα 3-53: Όπως στο σχήμα 3-52 για την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.



(α)

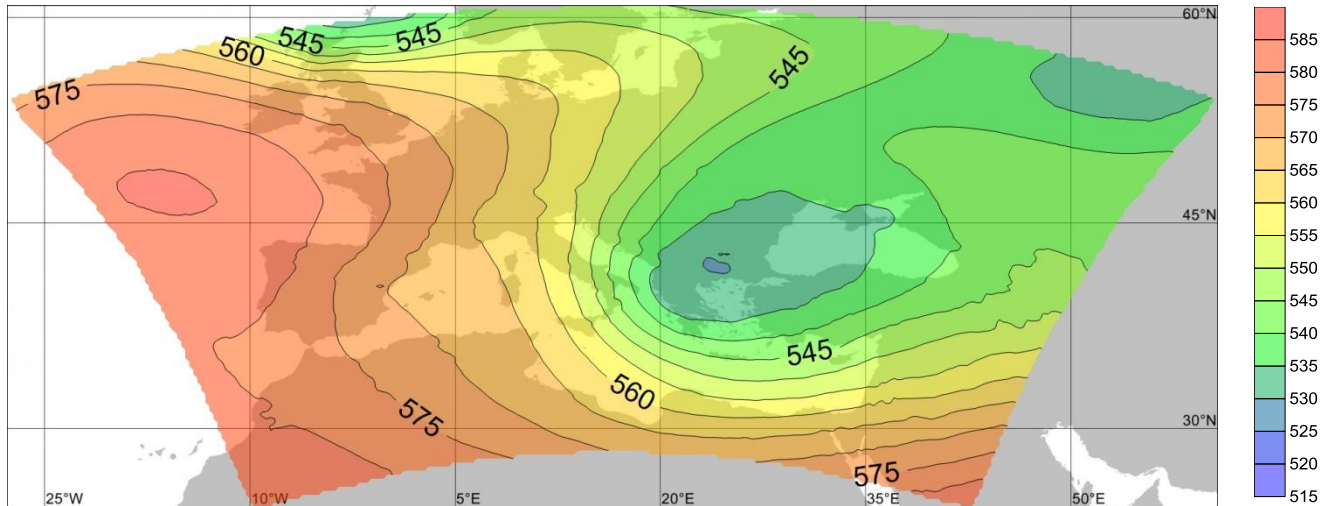


(β)

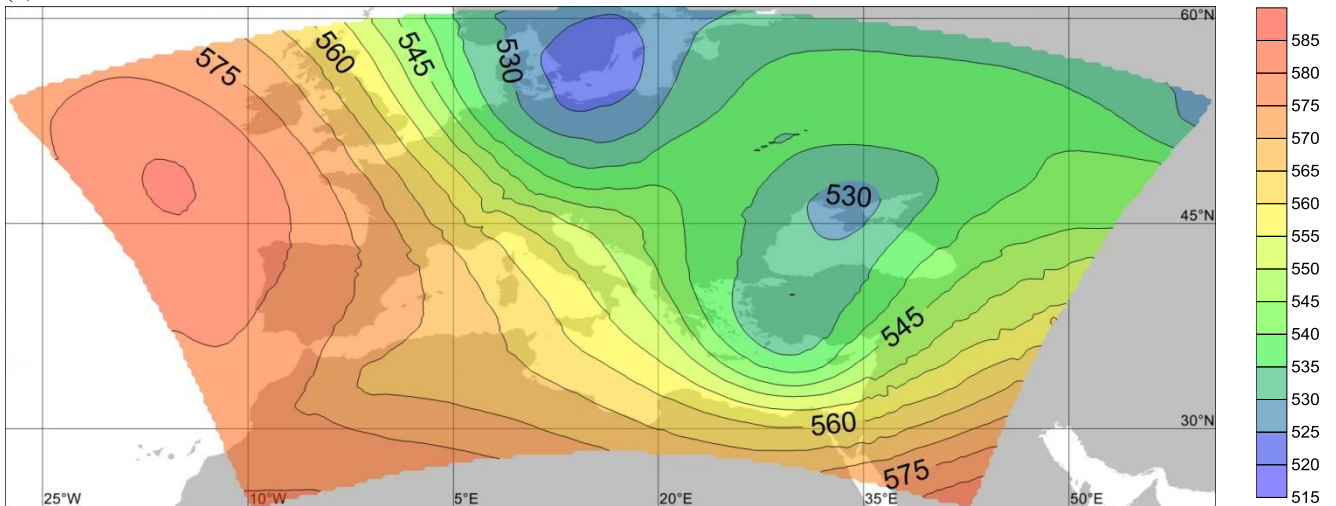
Σχήμα 3-54: Χάρτες θερμοκρασιακών αποκλίσεων ($^{\circ}\text{C}$) από τις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της Εύβοιας στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την δεύτερη περίπτωση χιονοπτώσεων, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας (α) και ψηλής οροσειράς (β).

3.3 Τρίτη περίπτωση χιονοπτώσεων: 6-8/1/2019

Η τρίτη περίπτωση χιονοπτώσεων αφορά έναν αρκετά βαθύ αυλώνα με κέντρο το βόρειο Αιγαίο να κινείται γρήγορα ανατολικά. Η περίπτωση αυτή είναι σύντομη καθώς σε αντίθεση με τις δύο προηγούμενες περιπτώσεις δεν έχουμε αποκοπή μέρους του αυλώνα πάνω από την χώρα μας σε μορφή ψυχρή λίμνης, αλλά κατάβαση νέου αυλώνα από τα βορειοδυτικά που εξαναγκάζει τον αυλώνα που βρίσκεται υπό εξέταση σε γρήγορη ανατολική κίνηση. Από τις περιπτώσεις χιονοπτώσεων που εξετάζονται, ο αυλώνας της τρίτης περίπτωσης έχει τις πιο χαμηλές θερμοκρασίες στην στάθμη των 500 hPa.

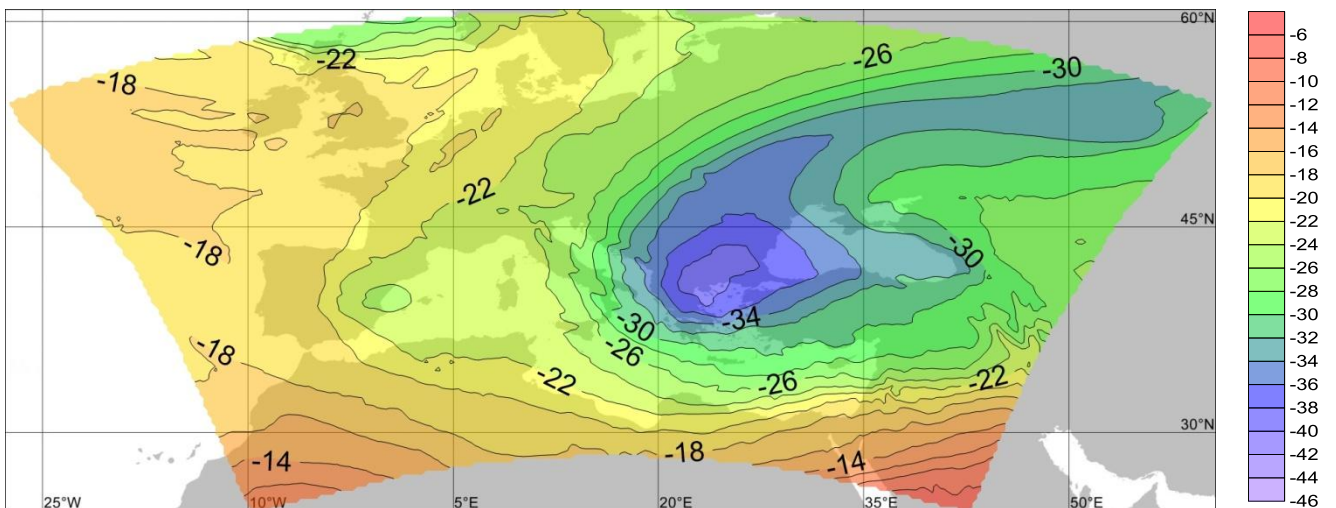


(α)

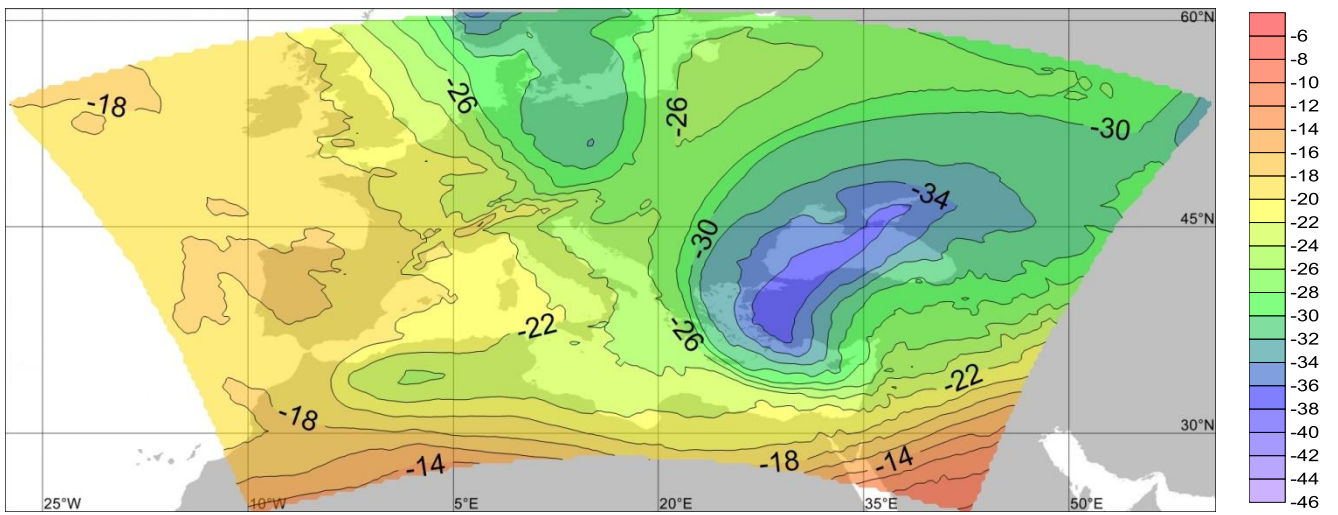


(β)

Σχήμα 3-55: Χάρτες γεωδυναμικού ύψους της στάθμης των 500hPa (gpm*10) στην περιοχή της Ευρώπης για την τρίτη περίπτωση χιονοπτώσεων και για πρόγνωση 24 (α), και 48 (β) ωρών.



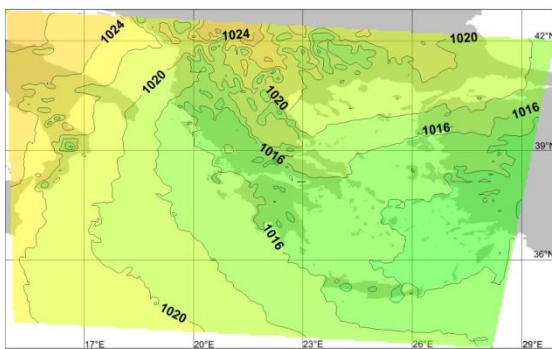
(α)



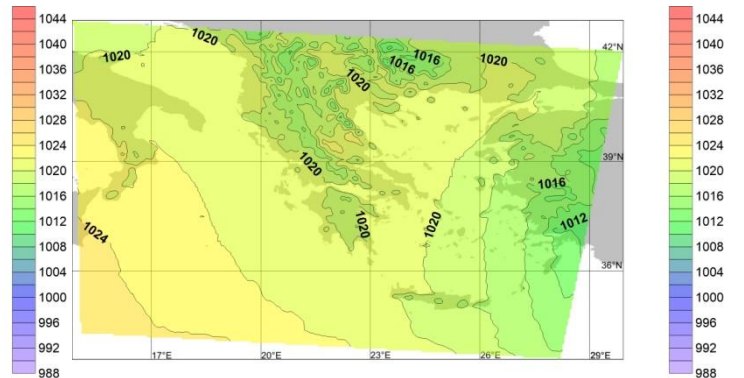
(β)

Σχήμα 3-56: Όπως στο σχήμα 3-55, αλλά για τη θερμοκρασία της στάθμης των 500hPa.

Στους συνοπτικούς χάρτες πίεσης της Ελλάδας αποτυπώνεται ένα βαρομετρικό χαμηλό στην περιοχή της Τουρκίας που κινείται ανατολικότερα, το οποίο δίνει βορειοανατολικό ρεύμα στο Αιγαίο. Όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις έτσι και εδώ έχουμε την δημιουργία επιφανειακού χαμηλού στα υπήνεμα τμήματα της Εύβοιας στο σενάριο της Εύβοιας σε μορφή ψηλής οροσειράς.

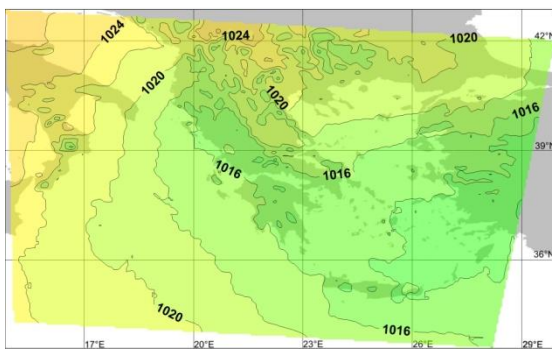


(α)

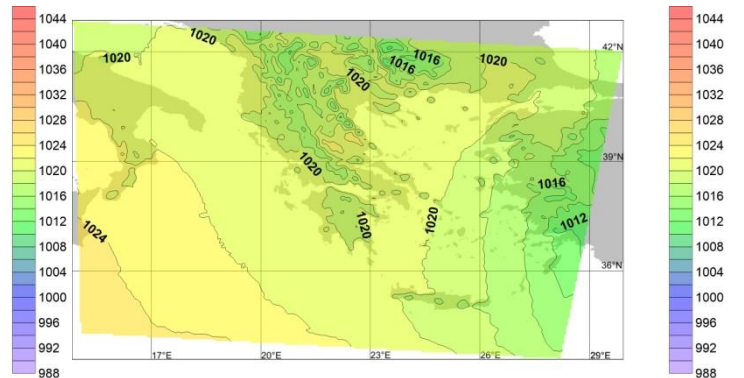


(β)

Σχήμα 3-57: Χάρτες ατμοσφαιρικής πίεσης στη μέση στάθμη της επιφάνειας της θάλασσας (hPa) στην περιοχή της Ελλάδας για την τρίτη περίπτωση χιονοπτώσεων και για πρόγνωση 24 (α) και 48 (β) ωρών με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.

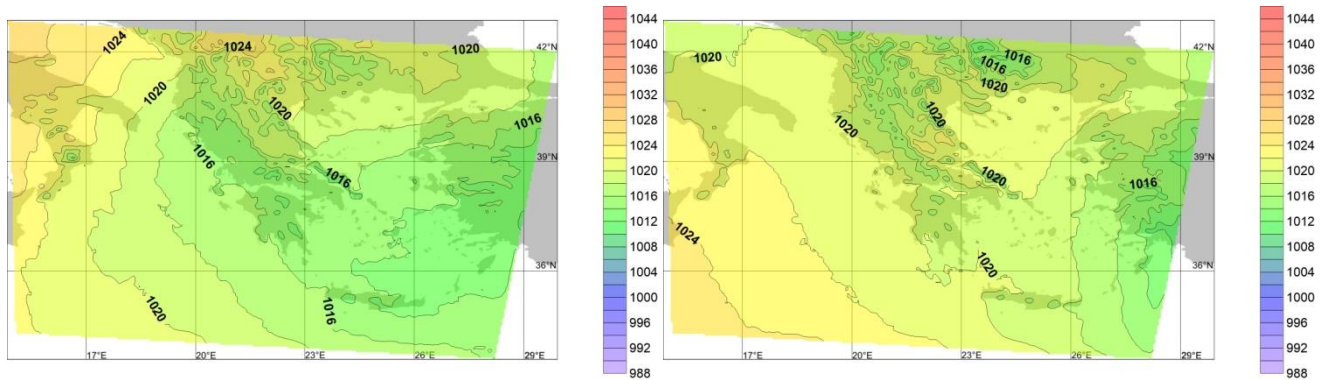


(α)



(β)

Σχήμα 3-58: Όπως στο σχήμα 3-57, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της.



(α)

(β)

Σχήμα 3-59: Όπως στο σχήμα 3-57, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.

Οι χάρτες των σχημάτων 3-60 έως 3-81, παρουσιάζουν την κατάσταση των μετεωρολογικών παραμέτρων για την τρίτη περίπτωση χιονοπτώσεων.

Στους χάρτες των σχημάτων 3-60, 3-61, 3-62 και 3-63 αποτυπώνεται το **ολικό ύψος υετού** και ο **υετός 24ωρου**. Το μεγαλύτερο μέρος του υετού σημειώνεται στο δεύτερο 24ωρο πρόγνωσης. Το χωρικό του μέγιστο παρατηρείται στο βόρειο κομμάτι της Αττικής, την Βοιωτία, καθώς και σε περιοχές της Εύβοιας τόσο στο σενάριο της πεδιάδας-Εύβοιας, όσο και στο σενάριο πραγματικών συνθηκών υψομέτρου του νησιού. Πολύ μικρά ποσά υετού παρατηρούνται στην πόλη της Αθήνας.

Στο σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας το κύριο τμήμα του υετού πέφτει στην βόρεια Εύβοια, ενώ λίγα είναι τα χιλιοστά που πέφτουν στην Αττική και στην Βοιωτία.

Στους χάρτες του σχήματος 3-64 είναι αποτυπωμένες οι **αποκλίσεις του συνολικού υετού** για κάθε σενάριο γεωμορφολογίας της Εύβοιας σε σχέση με τις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της. Στο σενάριο πεδιάδας-Εύβοιας παρατηρείται μια μικρή αύξηση υετού στην Αττική και στην Βοιωτία, ενώ ο υετός στην περιοχή της Εύβοιας έχει εξομαλυνθεί χωρικά. Πολύ μικρή μείωση του υετού παρατηρείται στις υπόλοιπες περιοχές της Αττικής, λόγω τοπικών αποκλίσεων ανέμων που πιθανώς να υπάρχουν.

Αντίθετα στο σενάριο οροσειράς-Εύβοιας έχουμε και πάλι εξαιρετικά μεγάλες αρνητικές αποκλίσεις στον υετό της βόρειας Αττικής, της Βοιωτίας καθώς και στα υπήνεμα τμήματα της Εύβοιας, με το μέγιστο μέγεθος της αρνητικής απόκλισης να κυμαίνεται μεταξύ των 50 και 70 χιλιοστών. Τα προσήνεμα τμήματα της Εύβοιας σε αυτό το σενάριο καταγράφουν και πάλι μια σημαντική αύξηση υετού, με αυτή να αγγίζει τα 70 χιλιοστά υετού στις βόρειες προσήνεμες περιοχές της. Η αύξηση του υετού στο Αιγαίο πλησίον της Εύβοιας, οφείλεται στην σύγκλιση των ανέμων που συμβαίνει σε αυτές τις περιοχές, όπως θα εξηγηθεί στην παράγραφο για τους ανέμους.

Στους χάρτες των σχημάτων 3-65, 3-66 και 3-67 αποτυπώνεται το **κλάσμα χαμηλών νεφώσεων**. Οι χαμηλές νεφώσεις σημειώνουν χρονικό μέγιστο τις 24 προγνωστικές ώρες στις περισσότερες περιοχές βορειότερα του λεκανοπεδίου. Πολύ μικρές είναι οι διαφορές της χωρικής και χρονικής κατανομής των νεφώσεων στα σενάρια πεδιάδας-Εύβοιας και πραγματικού υψομέτρου της Εύβοιας, ενώ σαφής είναι η μείωσή τους πάνω από την περιοχή της Αττικής και της Βοιωτίας στο σενάριο οροσειράς-Εύβοιας.

Στους χάρτες των σχημάτων 3-68, 3-69 και 3-70 αποτυπώνεται το **κλάσμα μέσων νεφώσεων**. Οι μέσες νεφώσεις έχουν μικρότερο ποσοστό πυκνότητας από ότι οι χαμηλές νεφώσεις στην υπό εξέταση περιοχή. Το χρονικό μέγιστό τους βρίσκεται στις 24 προγνωστικές ώρες, ενώ σημειώνονται αρκετά χωρικά τοπικά μέγιστα. Παρατηρούμε μια προοδευτική μείωση των μέσων νεφώσεων στην βόρεια Αττική και στην Βοιωτία με την αύξηση του υψομέτρου της Εύβοιας. Η μικρή αύξηση των μέσων νεφώσεων στην κεντροανατολική Αττική που συμβαίνει με αύξηση του υψομέτρου της Εύβοιας φαίνεται να συνδέεται με μια μικρή τοπική σύγκλιση ανέμων σε αυτές τις περιοχές.

Στους χάρτες των σχημάτων 3-71, 3-72, και 3-73 αποτυπώνεται το **κλάσμα υψηλών νεφώσεων**. Οι υψηλές νεφώσεις σημειώνουν χρονικό μέγιστο στις 24 προγνωστικές ώρες, ενώ

καλύπτουν μικρό ποσοστό του ουρανού. Δεν υπάρχει κάποια αξιόλογη αλληλεπίδραση της κατανομής τους σε σχέση με την γεωμορφολογία της Εύβοιας.

Οι χάρτες των σχημάτων 3-74, 3-75 και 3-76 αναφέρονται στο **ανεμολογικό πεδίο** της γεωγραφικής περιοχής. Το πεδίο των ανέμων είναι βορειοανατολικό μέσα στην θάλασσα του Αιγαίου στις 24 προγνωστικές ώρες και από βόρειες γενικά διευθύνσεις στην ξηρά με αρκετά μικρές εντάσεις. Περαιτέρω εξασθένιση και στροφή των ανέμων σε βορειοδυτικούς έχουμε στην συνέχεια του επόμενου 24ωρου. Τα παραπάνω ισχύουν για όλα τα σενάρια γεωμορφολογίας της Εύβοιας. Διαφοροποιήσεις συμβαίνουν στο σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας μόνο στον βαθμό εισχώρησης του βορειοανατολικού ρεύματος στα προσήνεμα τμήματα της Εύβοιας σε σχέση με τα άλλα δύο γεωμορφολογικά σενάρια. Αυτός είναι μικρότερος, για τους ίδιους λόγους που ισχύουν και στις προηγούμενες δύο περιπτώσεις χιονοπτώσεων, οι οποίοι αναλύονται στην δεύτερη περίπτωση. Τέλος παρατηρούμε μια μικρή σύγκλιση των επιφανειακών ανέμων στην περιοχή της κεντροανατολικής Αττικής, που εξηγεί τις αυξημένες χαμηλές και μέσες νεφώσεις στην περιοχή σε σχέση με τα άλλα δύο σενάρια κατανομής του υψομέτρου της Εύβοιας.

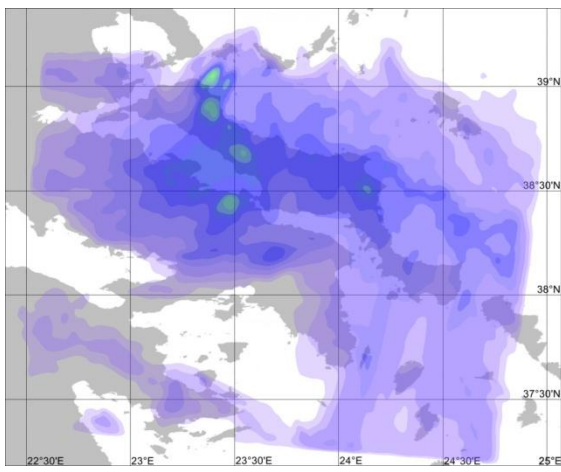
Οι συγκριτικοί χάρτες της **διαφοράς της μέσης έντασης της ζωνικής και μεσημβρινής συνιστώσας των ανέμων** (σχήμα 3-77) των δύο πειραματικών σεναρίων γεωμορφολογίας της Εύβοιας σε σχέση με τις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της Εύβοιας παρουσιάζουν την ίδια εικόνα με τις προηγούμενες δύο περιπτώσεις χιονοπτώσεων, και η αιτιολόγησή τους είναι η ίδια.

Στους χάρτες των σχημάτων 3-78, 3-79 και 3-80 αποτυπώνονται οι **θερμοκρασίες δύο μέτρων από την επιφάνεια της γης**. Η ψυχρή εισβολή βρίσκεται στην έξαρσή της κατά το δεύτερο προγνωστικό 24ωρο, στο οποίο πέφτει ο κύριος όγκος του νετού.

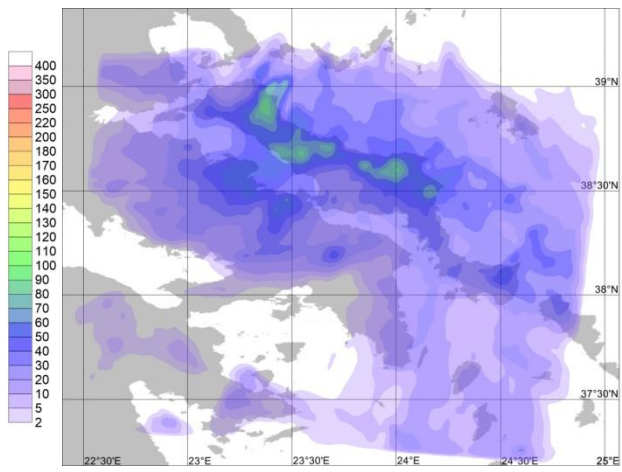
Στους χάρτες της σχήματος 3-81 αποτυπώνονται οι **αποκλίσεις των μέσων θερμοκρασιών** των δύο πειραματικών σεναρίων σε σύγκριση με το σενάριο των συνθηκών πραγματικού υψομέτρου της Εύβοιας. Και πάλι στο σενάριο της πεδιάδας-Εύβοιας παρατηρούνται αρνητικές θερμοκρασιακές αποκλίσεις της τάξεως των 0.5 βαθμών στην περιοχή της Αττικής, οδηγώντας και εδώ σε τροποποιήσεις στο υψόμετρο των χιονοπτώσεων καθώς και στο ύψος των χιονοστρώσεων, για τους ίδιους λόγους που έχουν αναλυθεί στις προηγούμενες περιπτώσεις χιονοπτώσεων.

Στο σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας, έχουμε άνοδο της επιφανειακής θερμοκρασίας που κυμαίνεται από 0 έως 0.5 βαθμούς Κελσίου. Η άνοδος αυτή είναι η μικρότερη που παρατηρείται σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις χιονοπτώσεων. Κάτι τέτοιο φαίνεται να οφείλεται στην έλλειψη των ισχυρών θερμών καταβατικών ανέμων που υπάρχουν στις συνοπτικές καταστάσεις των προηγούμενων περιπτώσεων. Το βορειοανατολικό ρεύμα στο Αιγαίο δεν είναι ισχυρό, άρα η υπερπήδηση του πάνω από την οροσειρά συμβαίνει σε μικρό βαθμό και το διάνυσμα των ανέμων τελικά αλλάζει με τέτοιο τρόπο ώστε το ρεύμα αέρα να κινείται παράλληλα με το προσήνεμο τμήμα της οροσειράς. Έτσι η μικρή αυτή άνοδος της επιφανειακής θερμοκρασίας μπορεί να εξηγηθεί από τον συνολικά μειωμένο νετό που πέφτει σε αυτό το σενάριο γεωμορφολογίας της Εύβοιας.

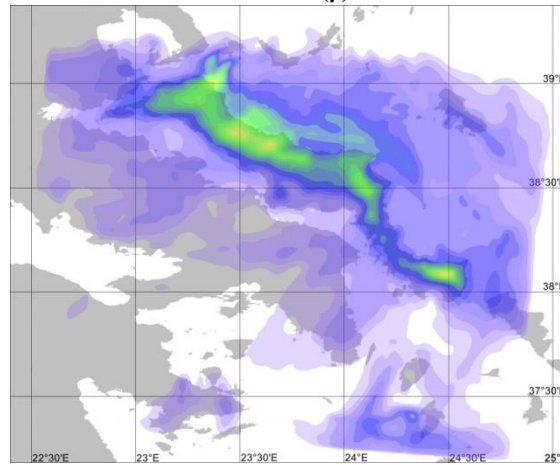
Οι θερμοκρασιακές διαφοροποιήσεις στην Εύβοια και εδώ οφείλονται στις αλλαγές που γίνονται στο υψόμετρό της.



(α)

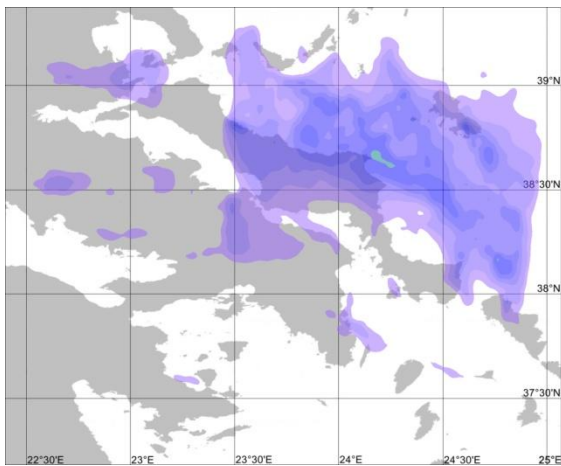


(β)

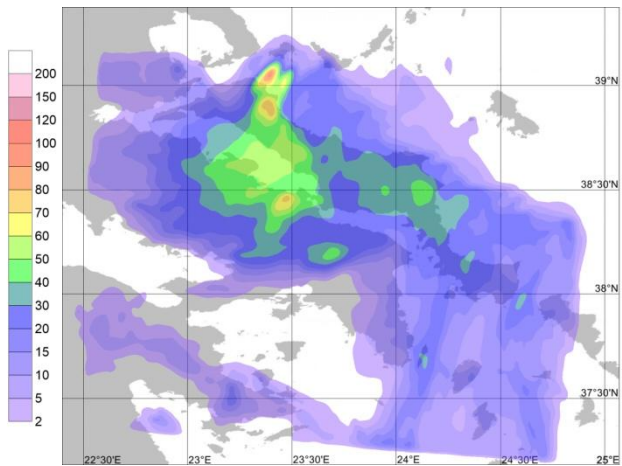


(γ)

Σχήμα 3-60: Χάρτες ολικού ύψους νετού (mm) στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την τρίτη περίπτωση χιονοπτώσεων, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας (α), με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της (β) και με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς (γ).

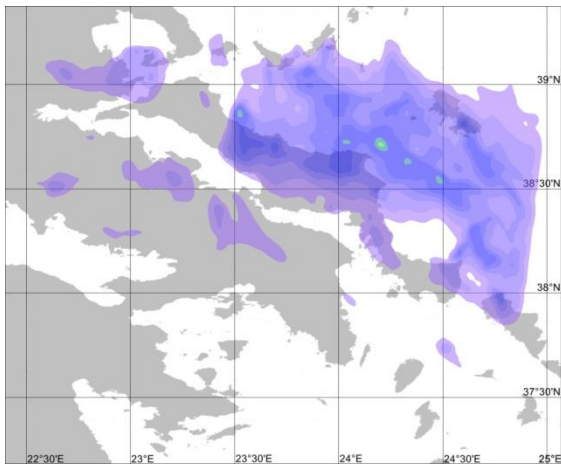


(α)

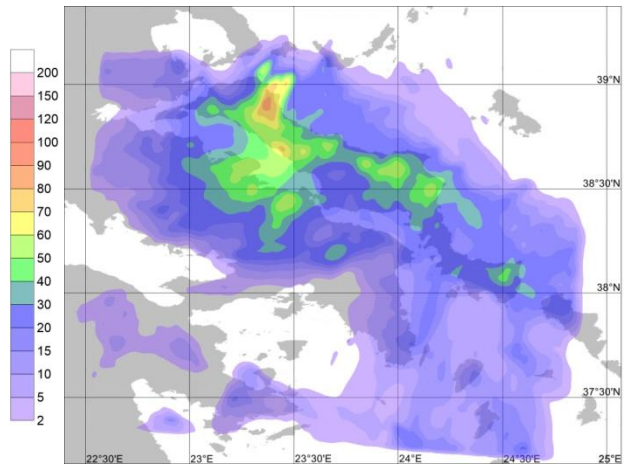


(β)

Σχήμα 3-61: Χάρτες ύψους νετού 24ωρου (mm) στην περιοχή της ανατολικής Στερεάς για την τρίτη περίπτωση χιονοπτώσεων, για 24 (α) και 48 (β) ώρες πρόγνωσης, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.

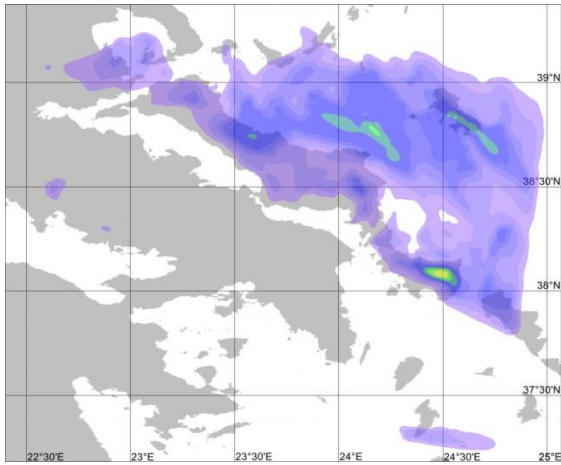


(α)

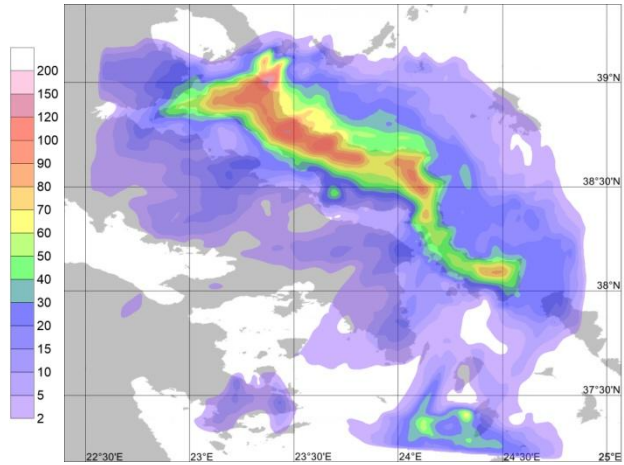


(β)

Σχήμα 3-62: Όπως στο σχήμα 3-61, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της.

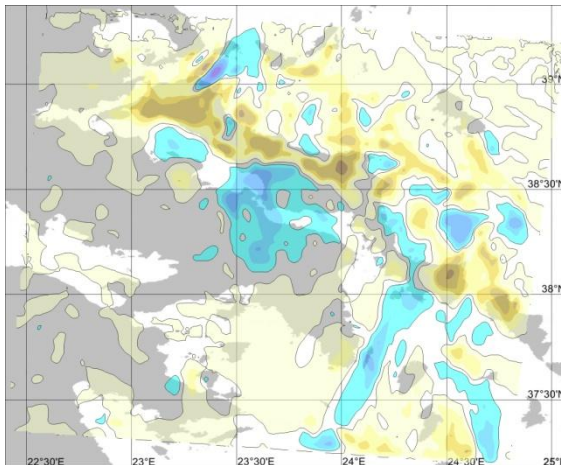


(α)

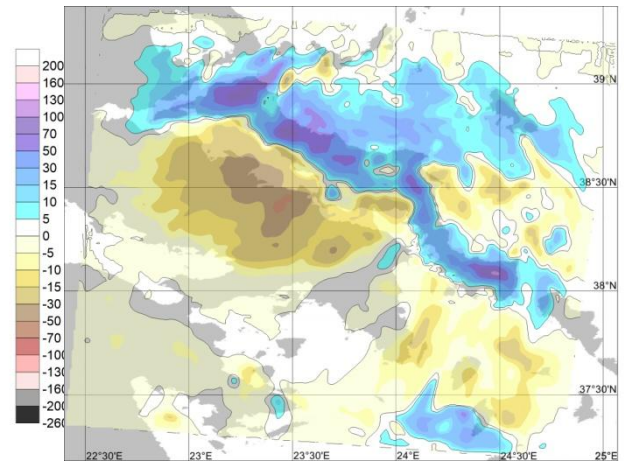


(β)

Σχήμα 3-63: Όπως στο σχήμα 3-61, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.

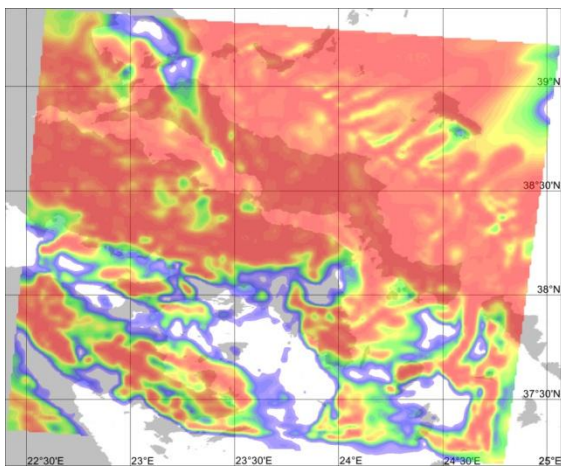


(α)

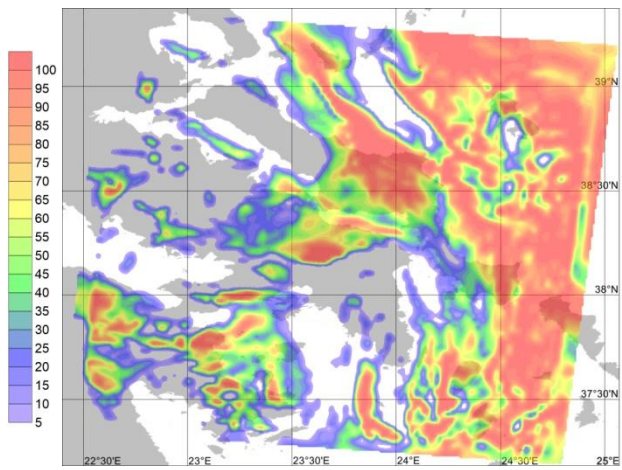


(β)

Σχήμα 3-64: Χάρτες αποκλίσεων ύψους νετού (mm) από τις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της Εύβοιας στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την τρίτη περίπτωση χιονοπτώσεων, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας (α) και με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς (β).

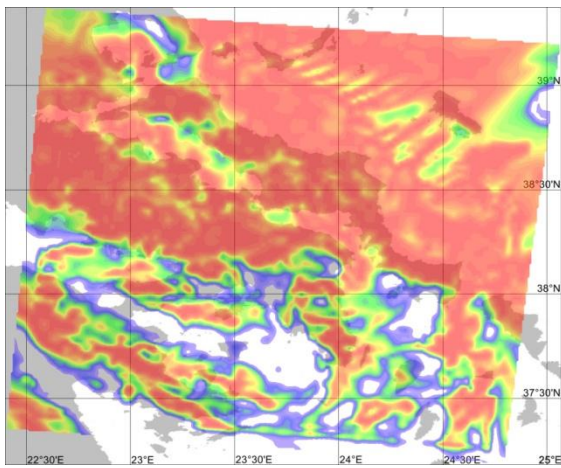


(α)

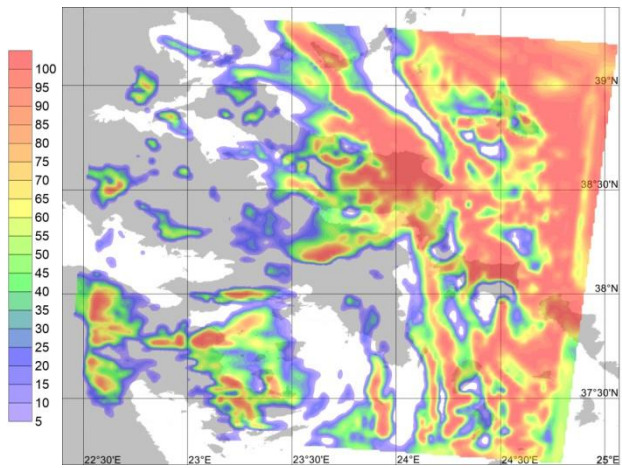


(β)

Σχήμα 3-65: Χάρτες χαμηλής νέφωσης (%) στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την τρίτη περίπτωση χιονοπτώσεων για 24 (α) και 48 (β) ώρες πρόγνωσης, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.

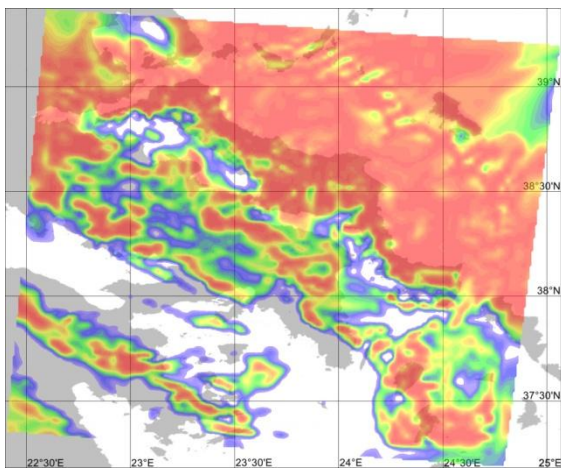


(α)

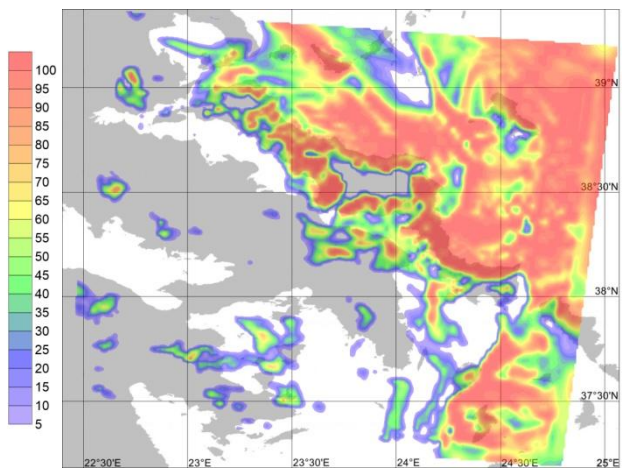


(β)

Σχήμα 3-66: Όπως στο σχήμα 3-65, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της.

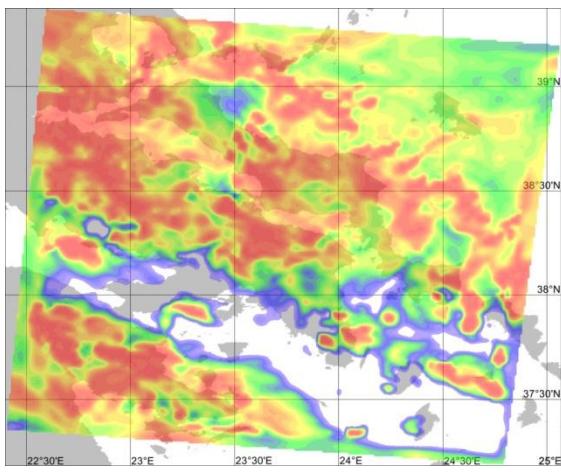


(α)

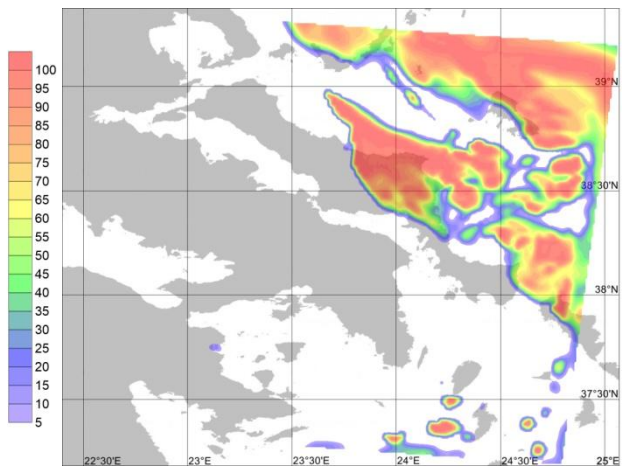


(β)

Σχήμα 3-67: Όπως στο σχήμα 3-65, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.

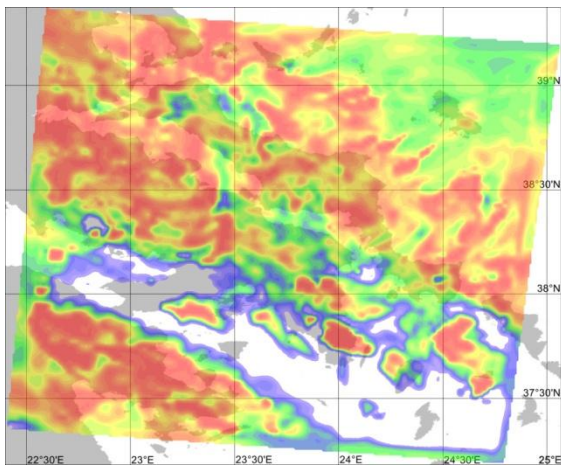


(α)

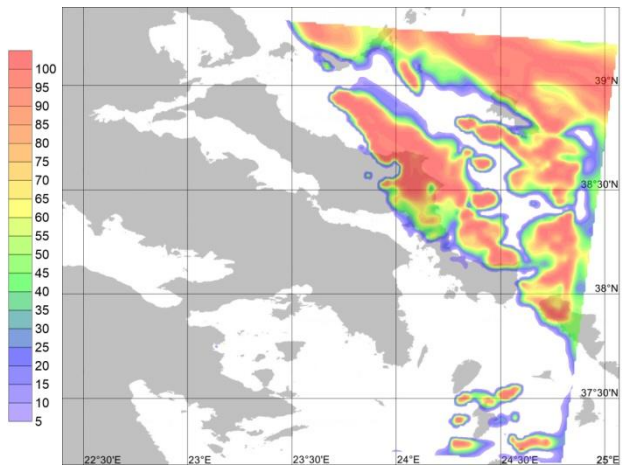


(β)

Σχήμα 3-68: Χάρτες μέσης νέφωσης (%) στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την τρίτη περίπτωση χιονοπτώσεων για 24 (α) και 48 (β) ώρες πρόγνωσης με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.

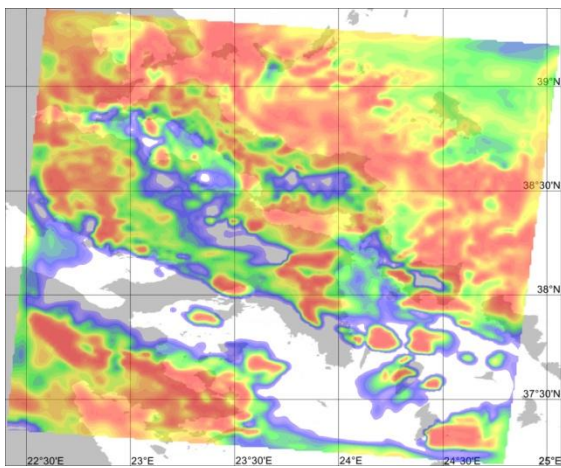


(α)

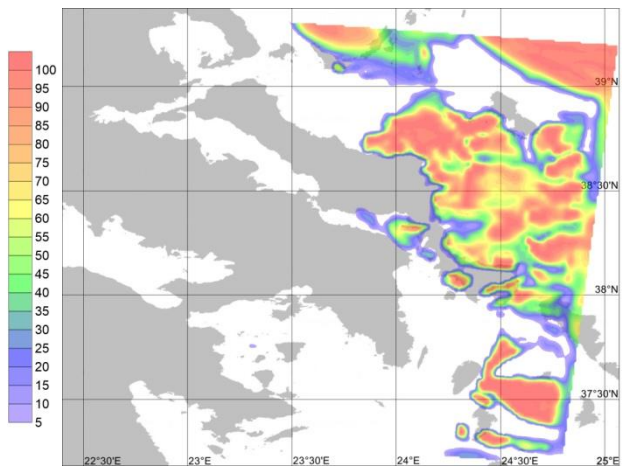


(β)

Σχήμα 3-69: Όπως στο σχήμα 3-68, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της.

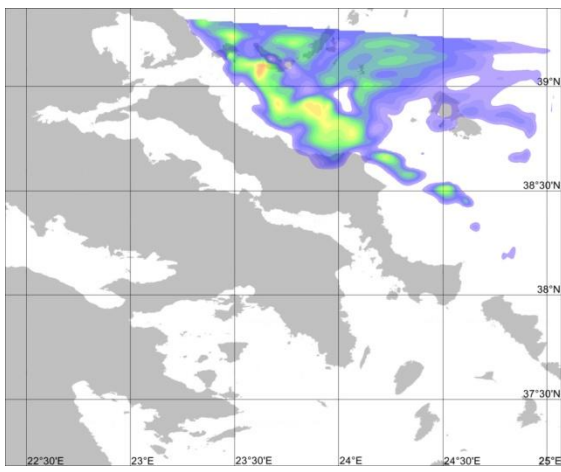


(α)

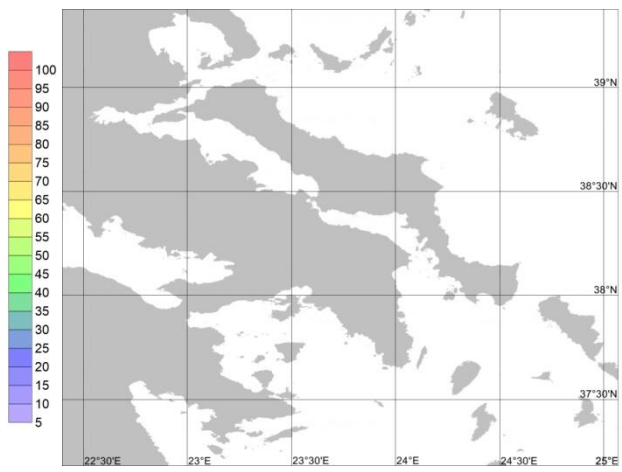


(β)

Σχήμα 3-70: Όπως στο σχήμα 3-68, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.

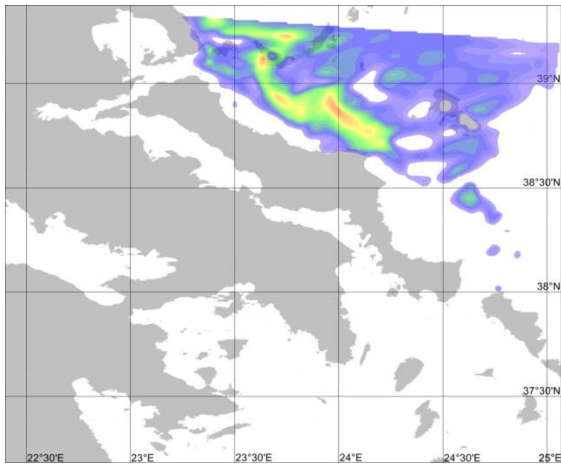


(α)

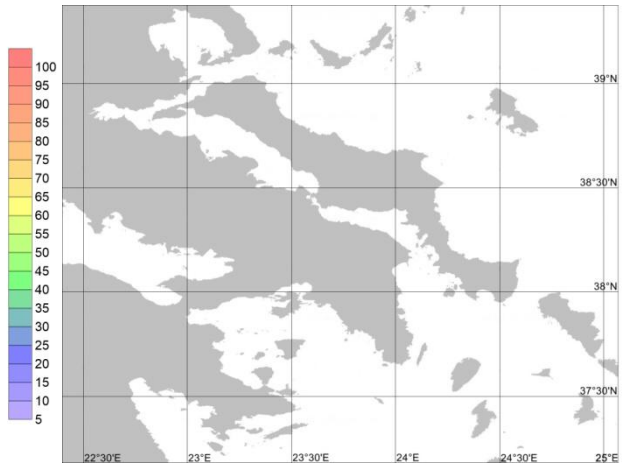


(β)

Σχήμα 3-71: Χάρτες υψηλής νέφωσης (%) στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την τρίτη περίπτωση χιονοπτώσεων με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.

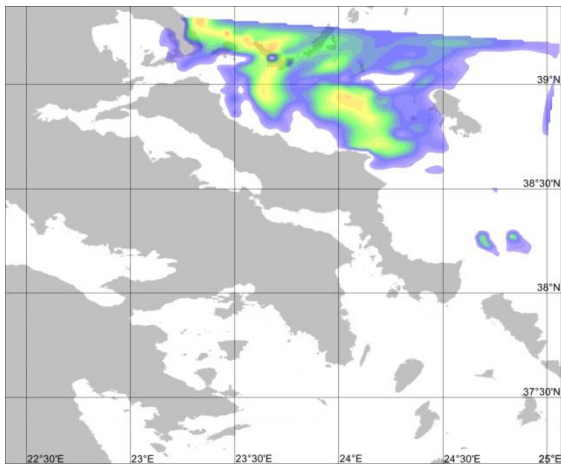


(α)

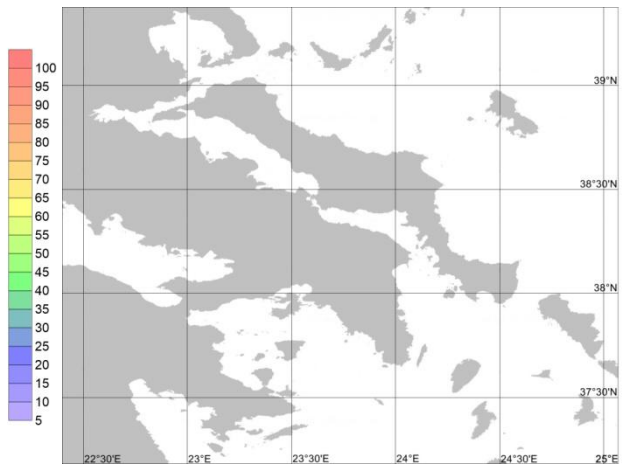


(β)

Σχήμα 3-72: Όπως στο σχήμα 3-71, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της.

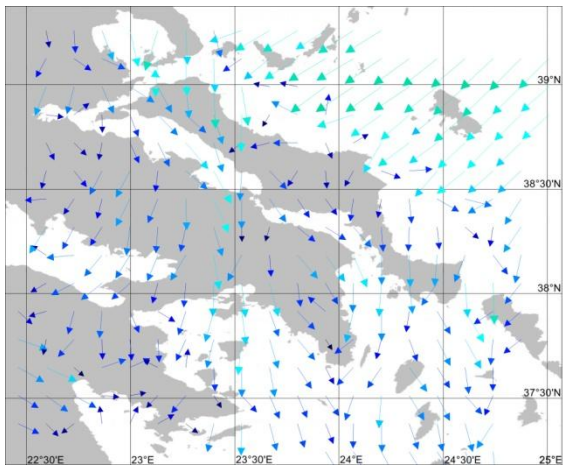


(α)

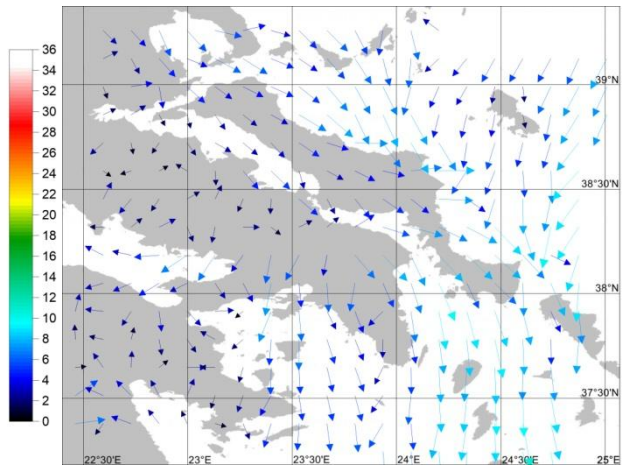


(β)

Σχήμα 3-73: Όπως στο σχήμα 3-71, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.

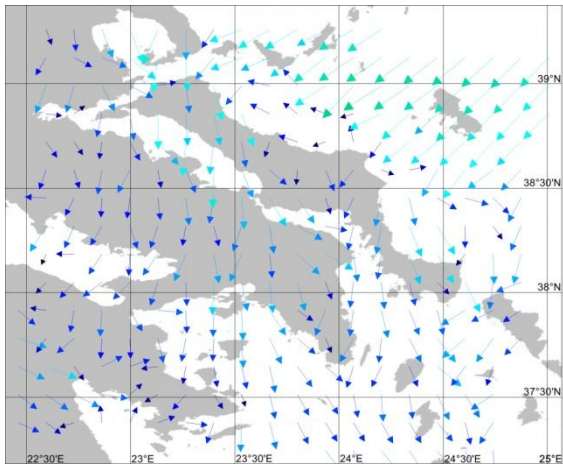


(α)

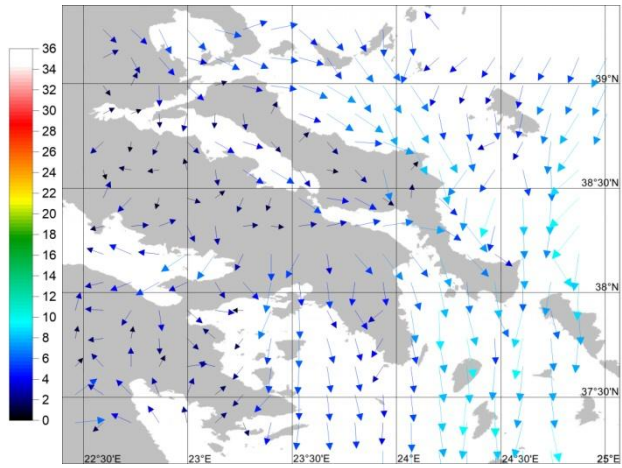


(β)

Σχήμα 3-74: Χάρτες ανεμολογικού πεδίου (m/s) στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την τρίτη περίπτωση χιονοπτώσεων για 24 (α) και 48 (β) ώρες πρόγνωσης, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.

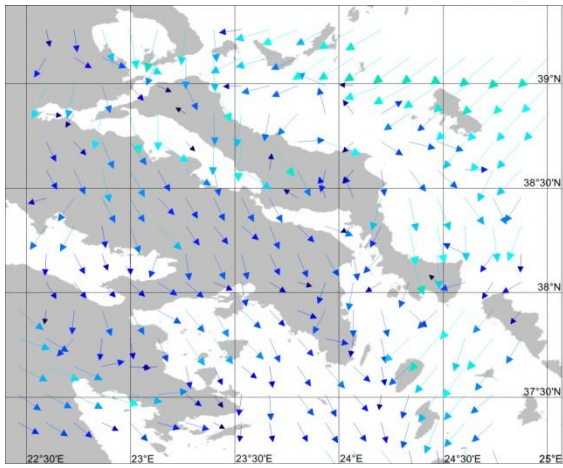


(α)

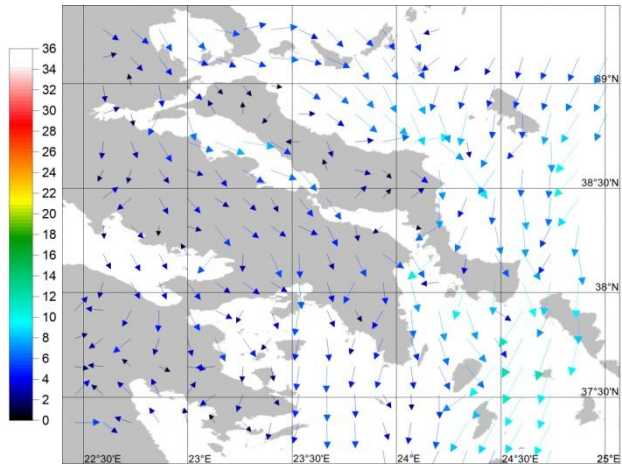


(β)

Σχήμα 3-75: Όπως στο σχήμα 3-74, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψόμετρου της.

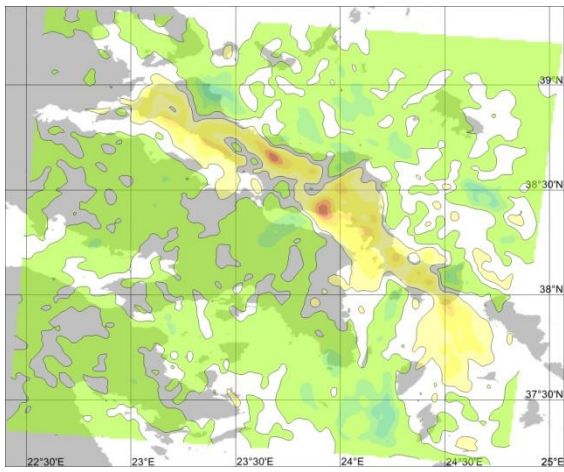


(α)

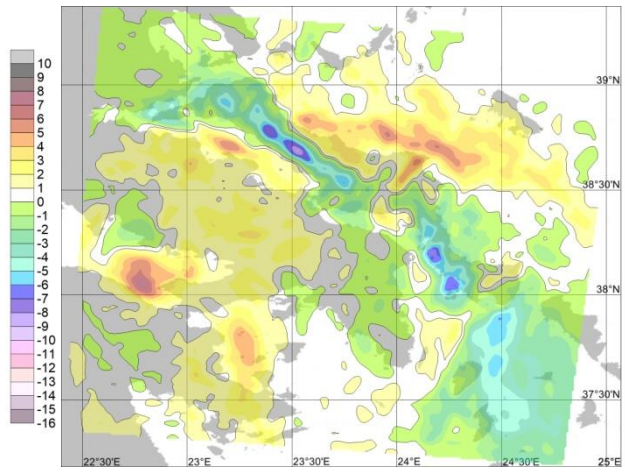


(β)

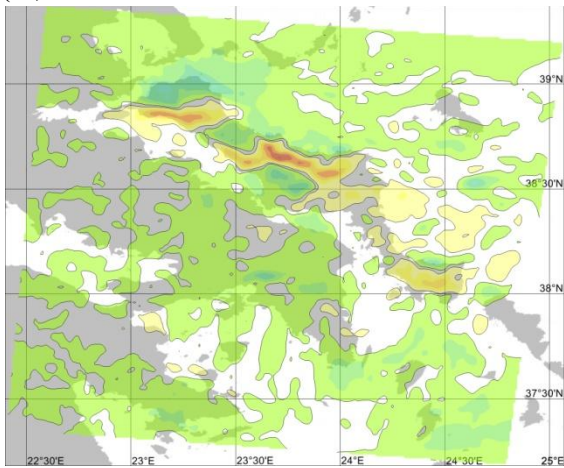
Σχήμα 3-76: Όπως στο σχήμα 3-74, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.



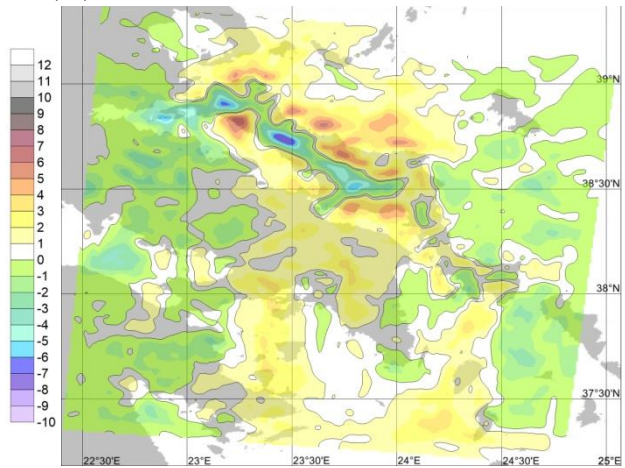
(α1)



(α2)

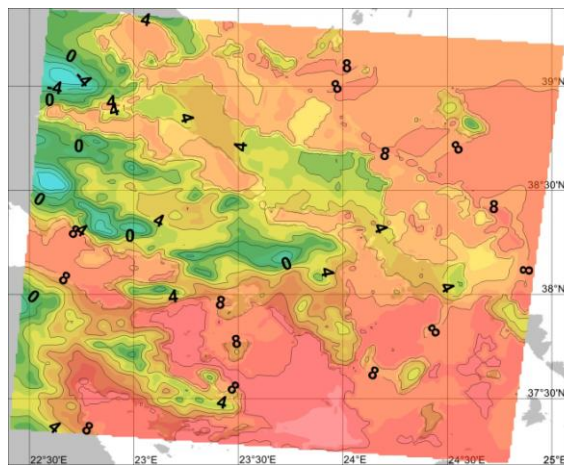


(β1)

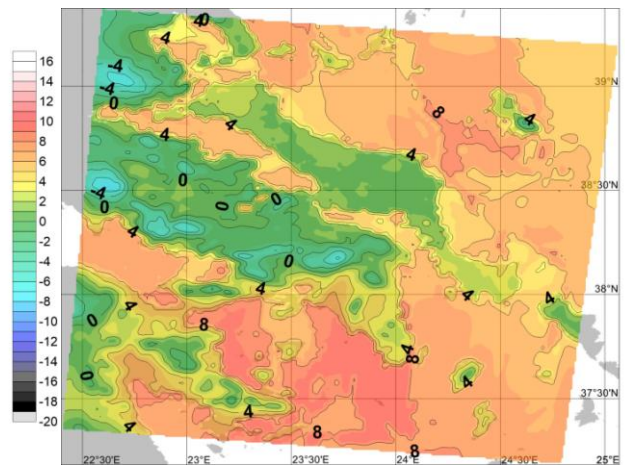


(β2)

Σχήμα 3-77: Χάρτες αποκλίσεων της μέσης ζωνικής (α) και της μέσης μεσημβρινής (β) ταχύτητας ανέμων (m/s) από τις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της Εύβοιας στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την τρίτη περίπτωση χιονοπτώσεων, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας (1) και με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς (2).

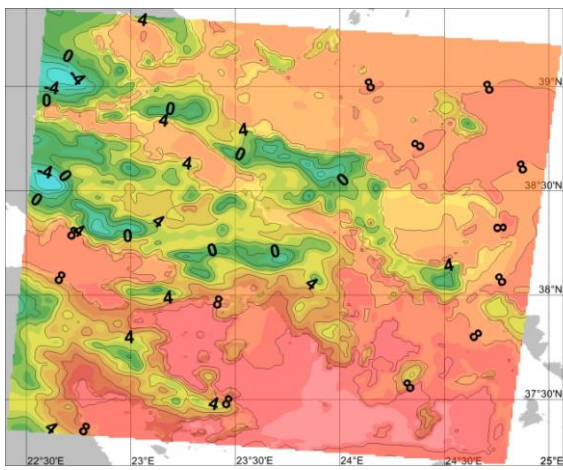


(α)

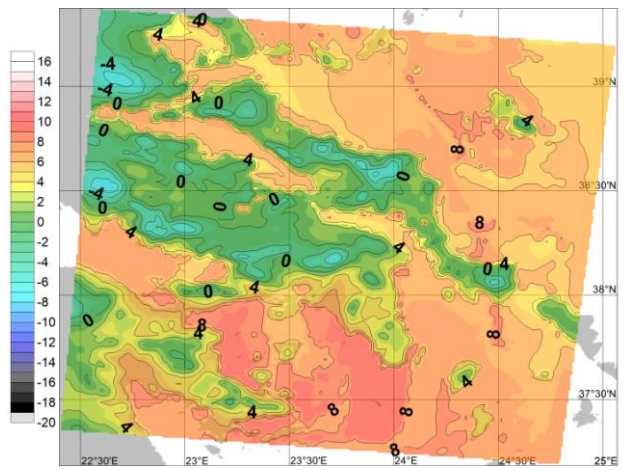


(β)

Σχήμα 3-78: Χάρτες της θερμοκρασίας του αέρα (°C) στα 2m από την επιφάνεια της γης στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την τρίτη περίπτωση χιονοπτώσεων, για 24 (α) και 48 (β) ώρες πρόγνωσης, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.

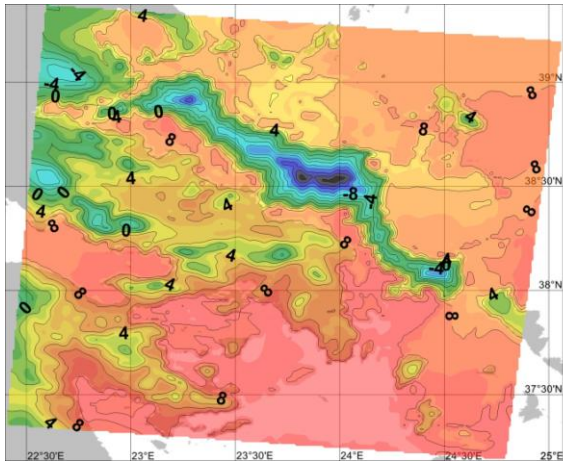


(α)

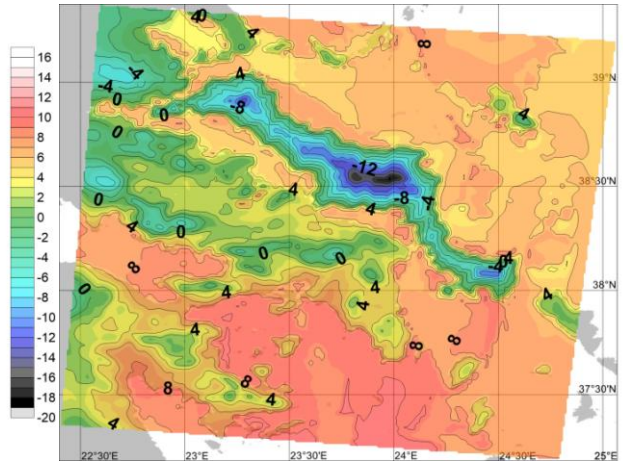


(β)

Σχήμα 3-79: Όπως στο σχήμα 3-78, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της.

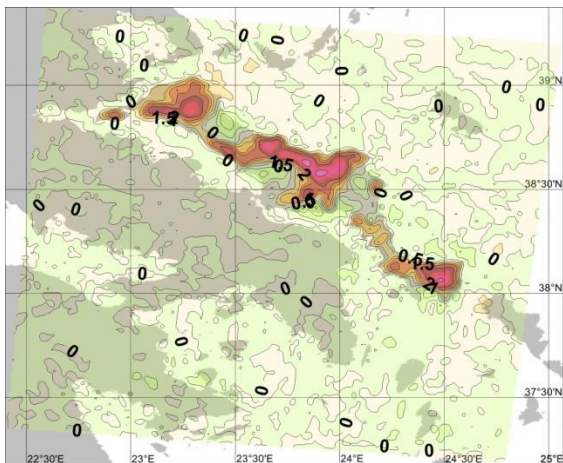


(α)

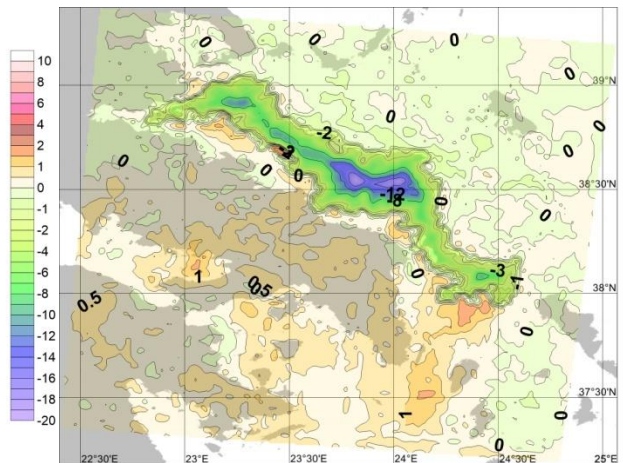


(β)

Σχήμα 3-80: Όπως στο σχήμα 3-78, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.



(α)

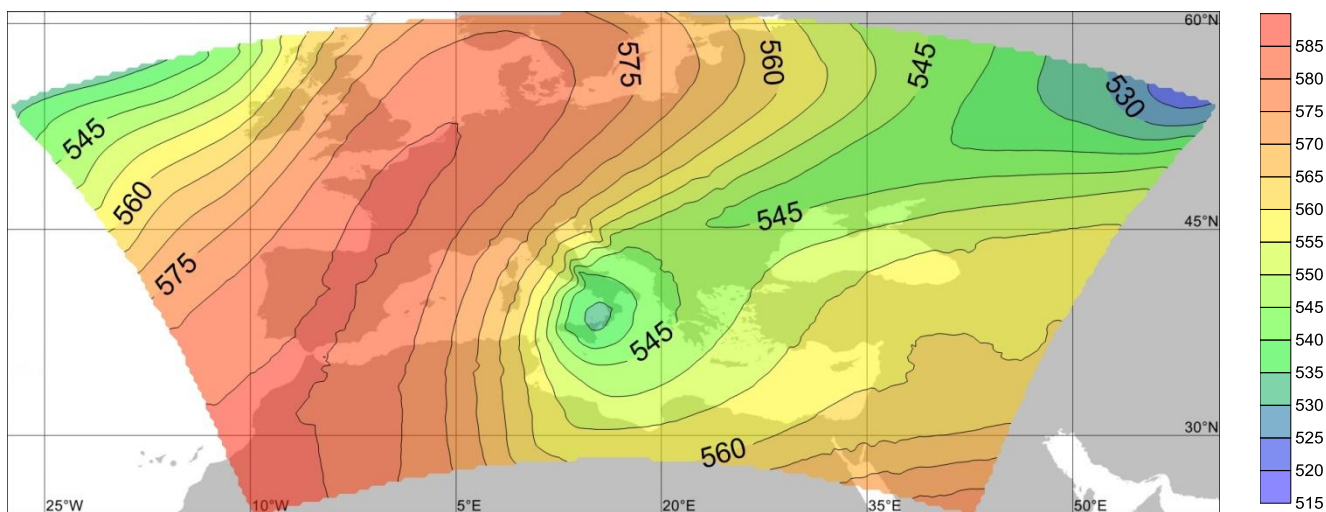


(β)

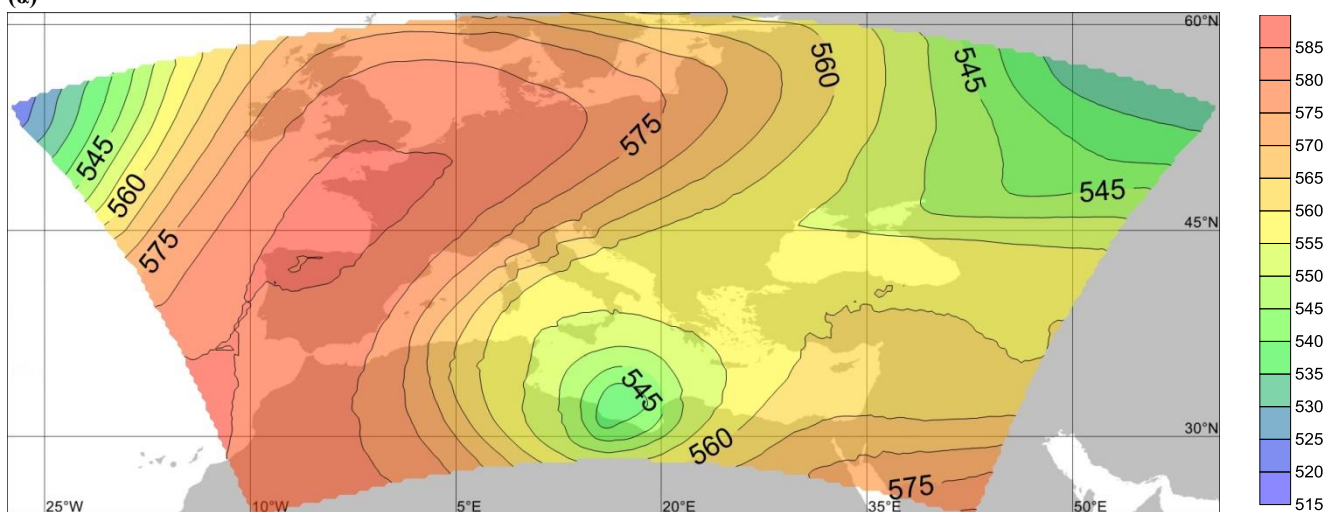
Σχήμα 3-81: Χάρτες θερμοκρασιακών αποκλίσεων ($^{\circ}\text{C}$) από τις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της Εύβοιας στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την τρίτη περίπτωση χιονοπτώσεων, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας (α) και ψηλής οροσειράς (β).

3.4 Τέταρτη περίπτωση χιονοπτώσεων: 22-24/2/2019

Στην συνοπτική κατάσταση της τέταρτης περίπτωσης χιονοπτώσεων αποτυπώνεται ένας αυλώνας χαμηλών πιέσεων να αποκόβεται νότια της Ιταλίας, και εν συνέχεια να κινείται στις ακτές της Αλγερίας. Πρόκειται για διαφορετική κατηγορία επεισοδίου χιονόπτωσης από τις υπόλοιπες, καθώς το κέντρο στροβιλισμού δεν βρίσκεται στο Αιγαίο πέλαγος, αλλά στο Ιόνιο. Ωστόσο λόγω της ιδιομορφίας της περίπτωσης αυτής και της καταγραφής χιονόπτωσης από τον σταθμό του Τατοΐου, κρίθηκε απαραίτητη η εξέταση της.

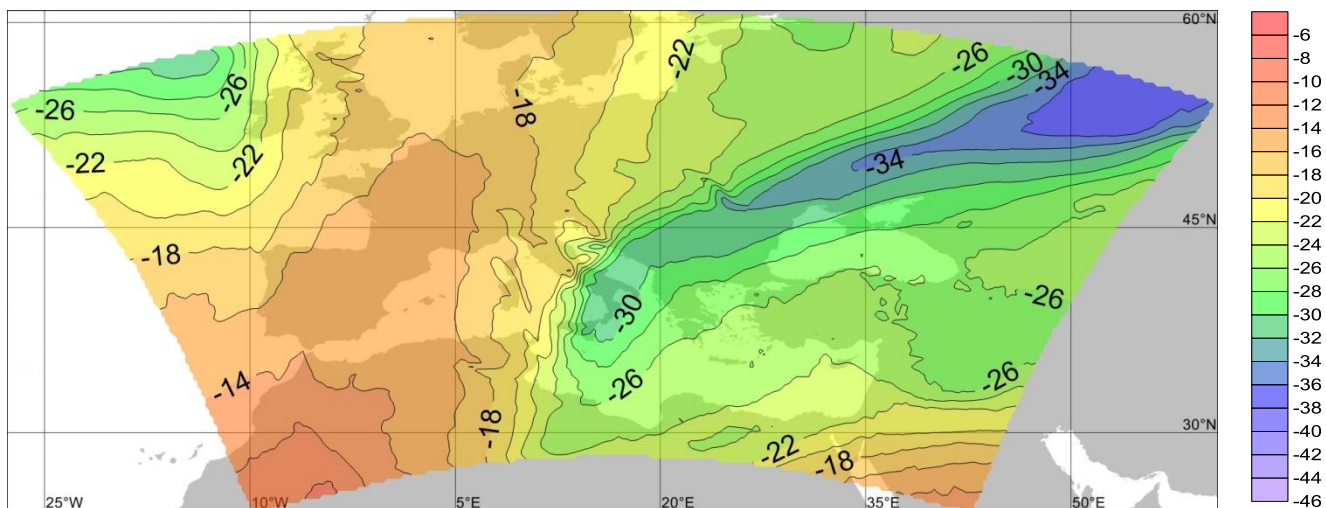


(α)

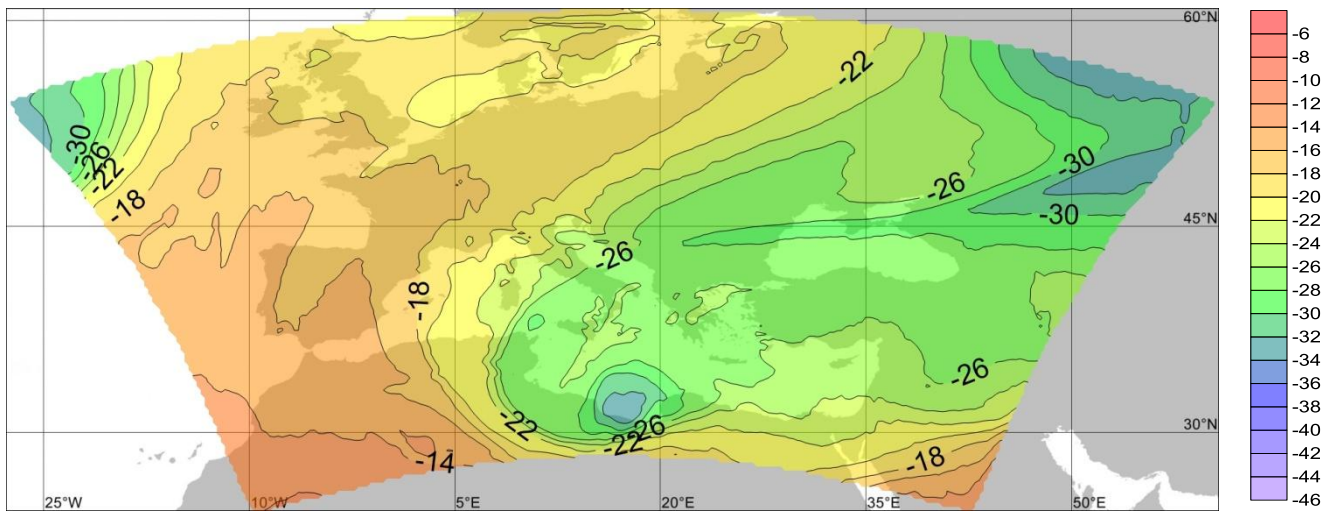


(β)

Σχήμα 3-82: Χάρτες γεωδυναμικού ύψους της στάθμης των 500hPa ($gpm \cdot 10$) στην περιοχή της Ευρώπης για την τέταρτη περίπτωση χιονοπτώσεων, για πρόγνωση 24 (α) και 48 (β) ωρών.



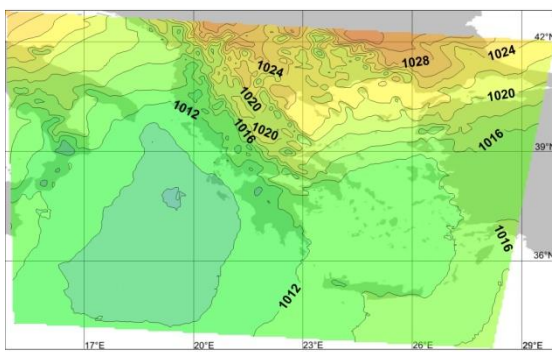
(α)



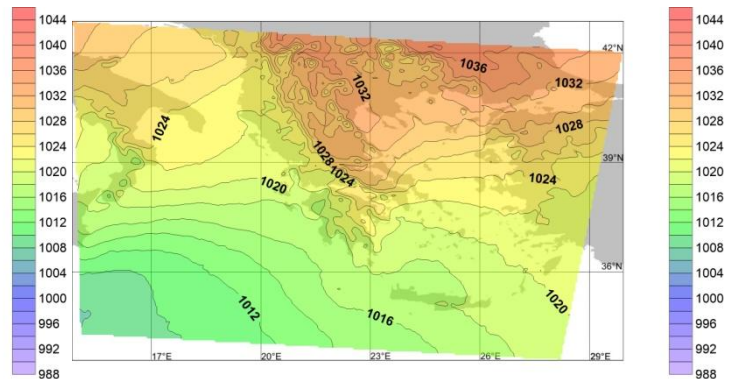
(β)

Σχήμα 3-83: Όπως στο σχήμα 3-82, αλλά για τη θερμοκρασία της στάθμης των 500hPa.

Οι χάρτες της ευρύτερης περιοχής της Ελλάδας αποτυπώνουν ένα χαμηλό με κέντρο το Ιόνιο να κινείται γρήγορα νότια-νοτιοδυτικά, προκαλώντας ισχυρό ανατολικό-βορειοανατολικό ρεύμα στο Αιγαίο πέλαγος και στις προσήνεμες σε αυτό περιοχές. Οι ισοβαρείς καμπύλες στην περιοχή της Εύβοιας ακολουθούν ανάλογη μορφή σε κάθε γεωμορφολογικό σενάριο του νησιού με αυτή των προηγούμενων περιπτώσεων χιονόπτωσης.

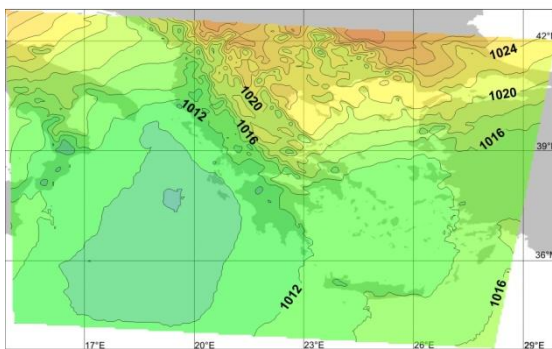


(α)

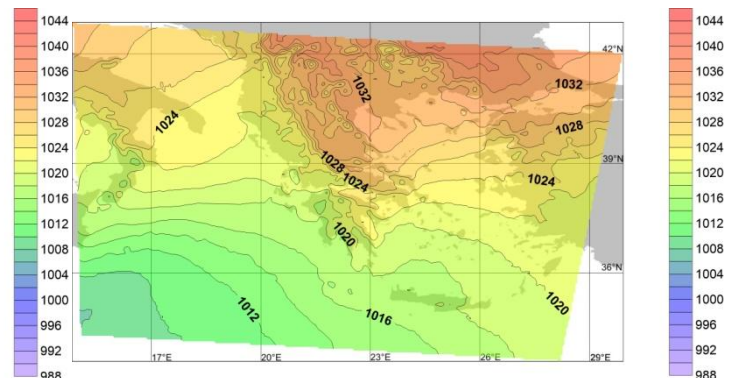


(β)

Σχήμα 3-84: Χάρτες ατμοσφαιρικής πίεσης στη μέση στάθμη της επιφάνειας της θάλασσας (hPa) στην περιοχή της Ελλάδας για την τέταρτη περίπτωση χιονοπτώσεων, για πρόγνωση 24 (α) και 48 (β) ωρών με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.

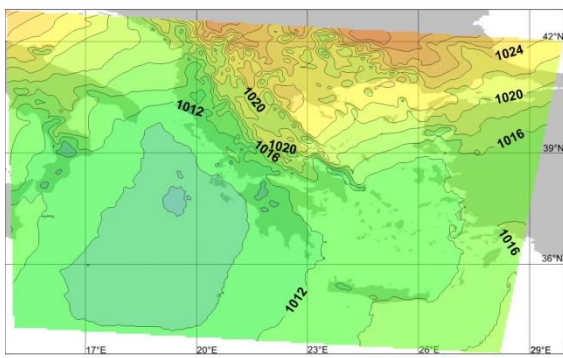


(α)

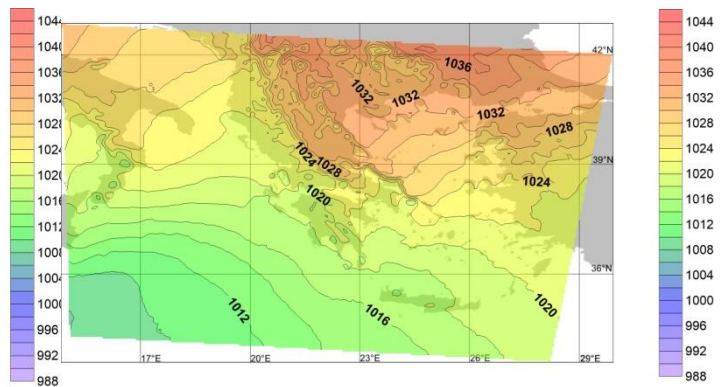


(β)

Σχήμα 3-85: Όπως στο σχήμα 3-84, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της.



(α)



(β)

Σχήμα 3-86: Όπως στο σχήμα 3-84, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.

Οι χάρτες των σχημάτων 3-87 έως 3-108, παρουσιάζουν την κατάσταση των μετεωρολογικών παραμέτρων για την τέταρτη περίπτωση χιονοπτώσεων.

Στους χάρτες των σχημάτων 3-87, 3-88, 3-89 και 3-90 αποτυπώνεται το **ολικό ύψος υετού** και το **ύψος υετού 24ωρου**. Το σημαντικότερο τμήμα του υετού πέφτει στο δεύτερο 24ωρο πρόγνωσης. Σε αντίθεση με τις προηγούμενες συνοπτικές περιπτώσεις ο υετός πέφτει από τις συγκλίσεις των ανέμων και το μέτωπο του χαμηλού, σε συνέργεια με το Aegean effect. Μάλιστα μπορούμε να υπαινιχτούμε πως το φαινόμενο Aegean effect είναι σαφώς ασθενέστερο εδώ από ότι σε όλες τις άλλες περιπτώσεις χιονοπτώσεων, λόγω των όχι ιδιαίτερα χαμηλών θερμοκρασιών στην ισοβαρική στάθμη των 500hPa. Σε σχέση με τις συνοπτικές καταστάσεις των προηγούμενων περιπτώσεων, η επίδραση της αλλαγής της γεωμορφολογίας της Εύβοιας στην κατανομή του υετού είναι η μεγαλύτερη, με σημαντική διαφορά από την δεύτερη ισχυρότερη επιρροή. Έτσι η χωρική κατανομή του υετού αλλάζει σημαντικά και στο σενάριο της πεδιάδας-Εύβοιας.

Το μέγιστο τμήμα του υετού στο σενάριο πεδιάδας-Εύβοιας βρίσκεται στην νοητή γραμμή κεντροανατολικής Εύβοιας - ανατολικής Αττικής καθώς και στην περιοχή του Αργοσαρωνικού, ενώ δευτερεύον μέγιστο εμφανίζεται στην περιοχή της Βοιωτίας. Στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της Εύβοιας το μεγαλύτερο τμήμα του υετού πέφτει κατά μήκος των προσήνεμων περιοχών της Εύβοιας και στην περιοχή του Αργοσαρωνικού, ενώ δευτερεύον μέγιστο βρίσκεται στην περιοχή της Βοιωτίας.

Τέλος στο σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας εξαιρετικά μεγάλα ποσά υετού που αγγίζουν τα 400 χιλιοστά σε ένα 48ωρο προβλέπονται από το μοντέλο. Πλέον έχουμε μόνο ένα χωρικό μέγιστο υετού το οποίο βρίσκεται κατά μήκος των προσήνεμων τμημάτων της οροσειράς.

Στους χάρτες του σχήματος 3-91 είναι αποτυπωμένες οι **αποκλίσεις του συνολικού υετού** για κάθε σενάριο γεωμορφολογίας της Εύβοιας σε σχέση με τις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της. Οι διαφορές αυτές φαίνονται εξαιρετικά μεγάλες στους συγκριτικούς χάρτες υετού των δύο πειραματικών σεναρίων υψομέτρου της Εύβοιας σε σχέση με την πραγματικό.

Παρατηρείται μια εξαιρετικά σημαντική αύξηση του συνολικού υετού στην ανατολική Αττική καθώς και στον νότιο Ευβοϊκό, η οποία αγγίζει τα 160 χιλιοστά υετού, ενώ στην βόρεια Αττική και στην Βοιωτία έχουμε έως και 100 χιλιοστά αύξηση υετού στο σενάριο της πεδιάδας-Εύβοιας. Το εσωτερικό του λεκανοπεδίου της Αττικής δεν εμφανίζει ιδιαίτερες αλλαγές στο ολικό ύψος του υετού. Εξομάλυνση της κατανομής του υετού παρατηρείται στην Εύβοια, με σημαντικότερη μείωση αυτού στις προσήνεμες περιοχές της που αγγίζει τα 260 χιλιοστά, και αύξηση του υετού στις υπήνεμες περιοχές του νησιού.

Το σενάριο οροσειράς-Εύβοιας δείχνει σε ακόμα μεγαλύτερο βαθμό την επίδραση που έχουν στις μετεωρολογικές παραμέτρους οι αλλαγές στην γεωμορφολογία της Εύβοιας. Σε σχέση με τις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου έχουμε αύξηση έως και 200 χιλιοστά υετού κατά μήκος της οροσειράς, ενώ αύξηση του υετού παρατηρείται ακόμα και σε κάποιες υπήνεμες περιοχές της Εύβοιας. Σε σχέση με τις προηγούμενες περιπτώσεις χιονοπτώσεων το σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας παρουσιάζει τις εντονότερες θετικές αποκλίσεις υετού στα προσήνεμα τμήματά του νησιού. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στην συνοπτική κατάσταση που επικρατεί. Η μεγαλύτερη ένταση

των ανέμων καθώς και η σχεδόν κάθετη κίνηση τους σε σχέση με την οροσειρά, οδηγούν στην μέγιστη εξαναγκασμένη ανωμεταφορά των αερίων μαζών, και ως εκ τούτου στη μέγιστη θετική απόκλιση του υετού. Εκτεταμένη μείωση του υετού παρατηρείται σχεδόν σε όλη την Αττικοβοιωτία, με πολλές περιοχές να έχουν αρνητικές αποκλίσεις της τάξεως των 100 χιλιοστών σε σχέση με τις πραγματικές συνθήκες, με το τοπικό μέγιστο της αρνητικής απόκλισης να αγγίζει τα 160 χιλιοστά. Η σημαντικότερη μείωση χιλιοστών εστιάζεται στην περιοχή του Αργοσαρωνικού, με αυτή να ξεπερνάει τα 250 χιλιοστά. Αυτή η εξαιρετικά μεγάλη μείωση φαίνεται να αποδίδεται στο πεδίο των ανέμων που θα αναλυθεί παρακάτω. Τέλος θετική απόκλιση στον υετό έχει η ανατολική Πελοπόννησος.

Στους χάρτες των σχημάτων 3-92, 3-93 και 3-94 αποτυπώνεται το **κλάσμα χαμηλών νεφώσεων**. Στο σενάριο της πεδιάδας-Εύβοιας οι χαμηλές νεφώσεις έχουν σχεδόν πλήρες ποσοστό κάλυψης του ουρανού και στις δύο προγνωστικές ώρες, με μειωμένο κλάσμα αυτών στα υπήνεμα τμήματα της Αττικοβοιωτίας. Στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της Εύβοιας έχουμε μείωση των χαμηλών νεφώσεων στις χρονικές αυτές στιγμές στα υπήνεμα τμήματα της Εύβοιας λόγω των καταβατικών ανέμων.

Σημαντικές είναι ωστόσο οι αλλαγές στο σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας και κυρίως στις 48 προγνωστικές ώρες. Στις 24 προγνωστικές ώρες έχουμε σχεδόν μηδενική κάλυψη του ουρανού από χαμηλά νέφη στα υπήνεμα τμήματα της Εύβοιας και εν συνέχεια έχουμε έλλειψη χαμηλών νεφώσεων από το μεγαλύτερο μέρος της Αττικοβοιωτίας. Η εξήγηση της ύπαρξης των χαμηλών νεφών σε όλη την Αττικοβοιωτία στις 24 προγνωστικές ώρες έχει σχέση με την θέση του χαμηλού. Οι νεφώσεις αυτές δεν είναι αποτέλεσμα των φαινομένων τύπου Aegean effect, αλλά είναι προϊόν του μετώπου του χαμηλού που βρίσκεται νότια και δεν εμποδίζεται από την οροσειρά της Εύβοιας. Έτσι οι νεφώσεις αυτές τελικά μειώνονται σημαντικά στις 48 προγνωστικές ώρες, καθώς το χαμηλό με το μέτωπο του κινείται νότια και απομακρύνεται από την περιοχή. Η μόνη πηγή χαμηλών νεφώσεων βρίσκεται στο Αιγαίο και αυτές εμποδίζονται από την Εύβοια.

Στους χάρτες των σχημάτων 3-95, 3-96 και 3-97 αποτυπώνεται το **κλάσμα μέσων νεφώσεων**. Οι μέσες νεφώσεις σημειώνουν μεγάλη πυκνότητα στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής τόσο στις 24 όσο και στις 48 προγνωστικές ώρες. Αυτό συμβαίνει τόσο στο σενάριο της πεδιάδας-Εύβοιας, όσο και στο σενάριο πραγματικού υψομέτρου της Εύβοιας. Στο σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας παρατηρείται μια μείωση της πυκνότητας των μέσων νεφών στα υπήνεμα τμήματα του νησιού, με αυτή να γίνεται εντονότερη στις 48 προγνωστικές ώρες καθώς απομακρύνεται το χαμηλό. Σε σχέση με τις χαμηλές νεφώσεις, η πυκνότητα των μέσων νεφώσεων πάνω από την Αττικοβοιωτία στο γεωμορφολογικό σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας είναι αρκετά μεγαλύτερη. Η αιτία βρίσκεται και πάλι πίσω από την ύπαρξη του μετώπου του χαμηλού, το οποίο έχει απομακρυνθεί προς τα νότια. Οι χαμηλές νεφώσεις του μετώπου περιορίζονται στις περιοχές που βρίσκονται πιο κοντά στο μέτωπο, ενώ οι μέσες και οι υψηλές νεφώσεις μπορούν να παρατηρηθούν σε αρκετά μεγαλύτερες αποστάσεις κάθετα από το μέτωπο. Έτσι και εδώ οι μέσες νεφώσεις που καλύπτουν τον ουρανό πάνω από την Αττική, είναι μετωπικές νεφώσεις και όχι νεφώσεις που προκαλούνται από το Aegean effect.

Στους χάρτες των σχημάτων 3-98, 3-99 και 3-100 αποτυπώνεται το **κλάσμα υψηλών νεφώσεων**. Οι υψηλές νεφώσεις αν και μειωμένες στην περιοχή, καταλαμβάνουν σαφώς μεγαλύτερο ποσοστό του ουρανού της περιοχής σε σχέση με τις άλλες περιπτώσεις χιονοπτώσεων, λόγω της ύπαρξης του χαμηλού. Παρόμοια είναι η κατανομή τους στα σενάρια πεδιάδας-Εύβοιας και πραγματικής-Εύβοιας, ενώ έχουμε μικρές διαφοροποιήσεις στο σενάριο οροσειράς-πεδιάδας. Συγκεκριμένα έχουμε αυξημένες υψηλές νεφώσεις στην θάλασσα βορειοανατολικά της Εύβοιας, που πιθανώς προκαλούνται από την επιρροή της οροσειράς, ενώ η έλλειψη υψηλών νεφών πάνω από την οροσειρά οφείλεται στον τρόπο που θεωρεί το μοντέλο τις υψηλές νεφώσεις, και όχι απαραίτητα στην έλλειψη αυτών.

Οι χάρτες των σχημάτων 3-101, 3-102 και 3-103 αποτυπώνουν το **ανεμολογικό πεδίο** της γεωγραφικής περιοχής. Ισχυρό βορειοανατολικό ρεύμα έχουμε στο μεγαλύτερο μέρος της γεωγραφικής περιοχής στις 24 προγνωστικές ώρες και νοτιοανατολικό ρεύμα στην περιοχή της νοτιοανατολικής Εύβοιας που συγκλίνει με τον βορειοανατολικό άνεμο, τόσο στο σενάριο πεδιάδας-

Εύβοιας, όσο και στις πραγματικές συνθήκες υψομέτρου της Εύβοιας. Τοπικό μέγιστο υετού σημειώνεται στην περιοχή της σύγκλισης. Λίγο πιο ενισχυμένοι είναι οι άνεμοι στα υπήνεμα τμήματα της Εύβοιας στις πραγματικές συνθήκες γεωμορφολογίας του νησιού, καθώς πρόκειται για καταβατικούς ανέμους που πνέουν από την Δίρφυ. Στις 48 προγνωστικές ώρες έχουμε βορειοανατολικό ρεύμα στο Αιγαίο, το οποίο στρέφεται σε βόρειο-βορειοδυτικό όσο βρισκόμαστε δυτικότερα στην γεωγραφική περιοχή. Έτσι πάνω από την Αττική έχουμε σύγκλιση βορειοδυτικού και βορειοανατολικού ρεύματος, με αυτή την σύγκλιση να έχει την μέγιστη της ένταση στην περιοχή του Σαρωνικού και του νότιου Ευβοϊκού. Με βάση το ανεμολογικό πεδίο λοιπόν, εξηγούνται οι πολύ μεγάλες τιμές του ύψους υετού στις παραπάνω περιοχές, που δεν είναι αποτέλεσμα τόσο του μετώπου ή του Aegean effect, αλλά κυρίως αυτής της σύγκλισης των ανέμων.

Τόσο στις 24, αλλά κυρίως στις 48 προγνωστικές ώρες, το ανεμολογικό πεδίο των ανέμων διαφέρει σημαντικά στο σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας, σε σχέση με τα άλλα δύο γεωμορφολογικά σενάρια. Στο σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας, έχουμε τις εξής αλλαγές: 1) Πολύ ισχυροί καταβατικοί άνεμοι από την οροσειρά και 2) απουσία των ανεμολογικών χαρακτηριστικών που προκαλούν τις συγκλίσεις. Έτσι εκτός από την μείωση υετού που συμβαίνει στις περιοχές της Αττικοβιοιωτίας, λόγω της πτώσης του κύριου όγκου του στα προσήνεμα τμήματα της Εύβοιας, έχουμε εξαιρετικά μεγάλη μείωση του υετού στην περιοχή του Αργοσαρωνικού και του Νότιου Ευβοϊκού. Τέλος στην ανατολική Πελοπόννησο ο αυξημένος υετός συνδέεται με την στροφή του ρεύματος στην περιοχή αυτή και πάνω από την θάλασσα του αργοσαρωνικού σε βορειοανατολικό, που τροφοδοτεί την αέρια μάζα με υδρατμούς.

Στο σχήμα 3-104 φαίνονται οι συγκριτικοί χάρτες της **διαφοράς της μέσης έντασης της ζωνικής και μεσημβρινής συνιστώσας των ανέμων**. Το σενάριο της πεδιάδας-Εύβοιας παρουσιάζει όμοιες αποκλίσεις της εντάσεως του βορειοανατολικού ρεύματος ως προς τις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της Εύβοιας με αυτές των προηγούμενων συνοπτικών περιπτώσεων. Η αιτιολόγηση του φαινομένου είναι ανάλογη. Όσο αφορά το σενάριο οροσειράς-Εύβοιας, έχουμε παρόμοια λογική αποκλίσεων με τις προηγούμενες συνοπτικές καταστάσεις. Ωστόσο σε αντίθεση με τις προηγούμενες τρεις περιπτώσεις χιονοπτώσεων η συνισταμένη της ζωνικής και μεσημβρινής συνιστώσας είναι εντονότερη πάνω από την Αττική και όχι ασθενέστερη. Λόγω του γεωμετρικού σχήματος της Εύβοιας, καθώς και του είδους της συνοπτικής διάταξης, η ανατολική συνιστώσα του ανέμου ενισχύεται σε μεγάλο βαθμό και υπερσχύει της μείωσης της βόρειας συνιστώσας του ανέμου.

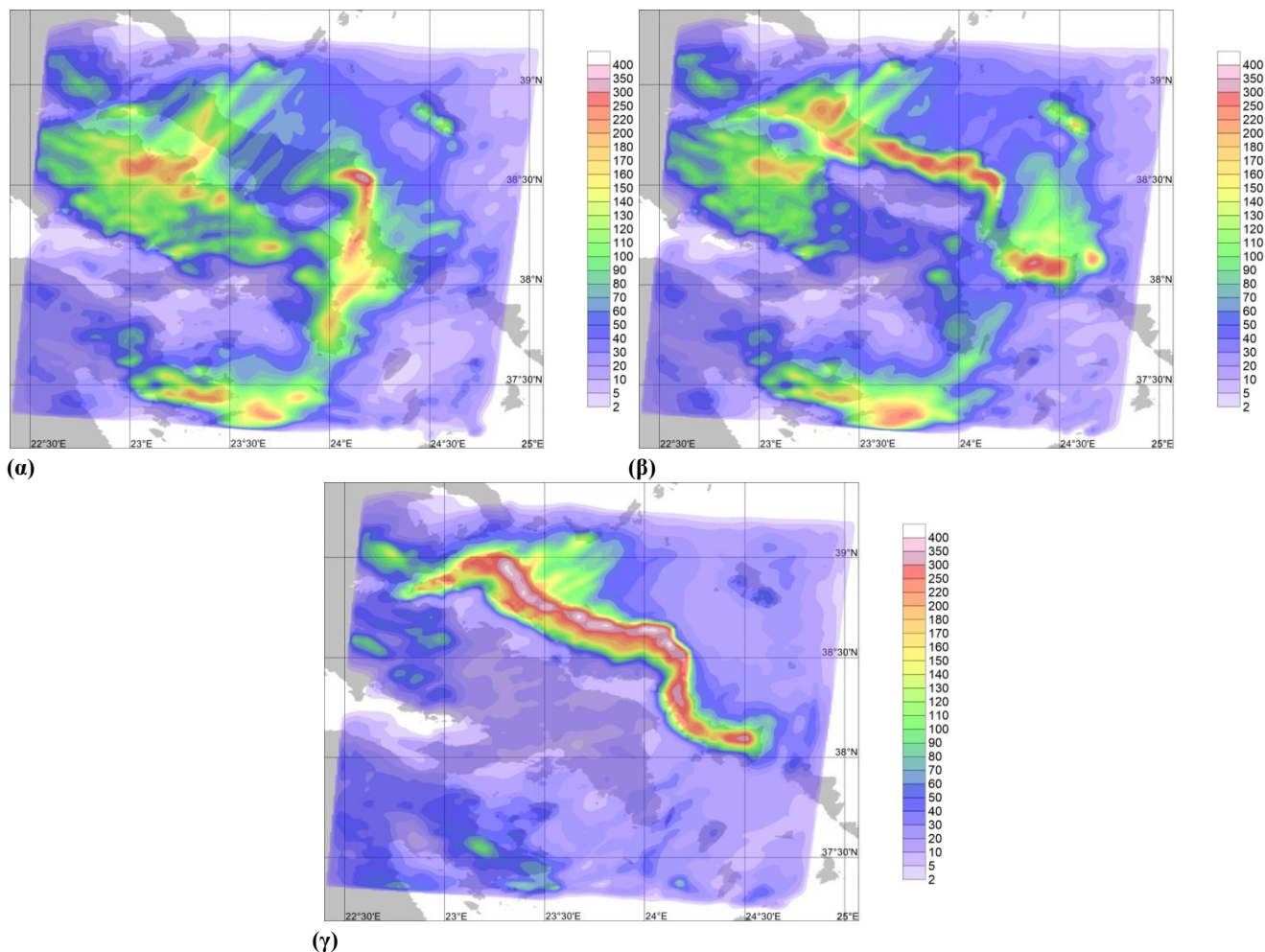
Οι χάρτες των σχημάτων 3-105, 3-106 και 3-107 αποτυπώνουν τις **θερμοκρασίες στα δύο μέτρα από την επιφάνεια της γης**. Η τελευταία περίπτωση χιονοπτώσεων που έχει επιλεγεί, είναι η πιο ασθενής ψυχρή εισβολή της συνοπτικής ομάδας, ωστόσο όπως προαναφέρθηκε υπήρξε καταγραφή χιονοπτώσεων στον σταθμό του Τατοΐου, οπότε και εξετάζεται. Με βάση τις θερμοκρασίες δεν θα μπορούν να υπάρξουν χιονοπτώσεις σε απόλυτα πεδινά ή και παραθαλάσσια τμήματα και σε αυτές τις περιοχές αναφερόμαστε για βροχοπτώσεις.

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι χάρτες του σχήματος 3-108 που αποτυπώνουν τις **αποκλίσεις των μέσων θερμοκρασιών** των δύο πειραματικών σεναρίων σε σύγκριση με τις πραγματικές συνθήκες της γεωμορφολογίας της Εύβοιας. Στο γεωμορφολογικό σενάριο της πεδιάδας-Εύβοιας, επικρατούν αρνητικές αποκλίσεις της τάξης των 0.5-1 βαθμών, ενώ τοπικά στην Βιοιωτία η αρνητική απόκλιση αγγίζει τον 1.5 βαθμό. Όπως στις προηγούμενες συνοπτικές καταστάσεις, έτσι και εδώ, οι αλλαγές των επιφανειακών θερμοκρασιών οδηγούν σε αλλαγές στα ελάχιστα υψόμετρα των χιονοπτώσεων καθώς και σε αύξηση των χιονοστρώσεων σε περιοχές που θα είχαν οριακές συνθήκες θερμοκρασίας.

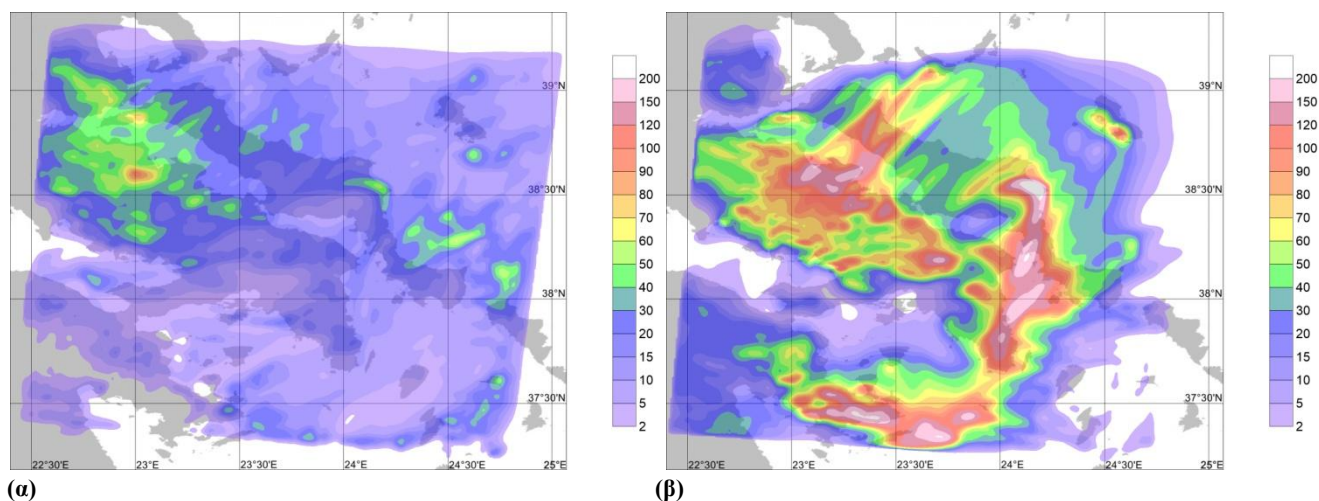
Τέλος στο γεωμορφολογικό σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας έχουμε σημαντικότερες θετικές θερμοκρασιακές αποκλίσεις. Η περιοχή της Βιοιωτίας μάλιστα σημειώνει θετικές αποκλίσεις που ξεπερνάνε τοπικά τους 2 βαθμούς Κελσίου. Τέτοιες μεγάλες θερμοκρασιακές αλλαγές, μπορούν να προκαλέσουν πολύ σημαντική αλλαγή στα ελάχιστα υψόμετρα των χιονοπτώσεων καθώς και αξιόλογη μείωση του ύψους των χιονοστρώσεων για τις περιοχές με οριακές θερμοκρασίες. Αυτή η θετική απόκλιση που σημειώνεται είναι η μεγαλύτερη μεταξύ όλων των περιπτώσεων χιονόπτωσης

για το σενάριο της οροσειράς-Εύβοιας. Συνδέεται άμεσα με τους πολύ θερμούς και ξηρούς καταβατικούς ανέμους που κατέρχονται από την οροσειρά. Η μάζα που κατέρχεται έχει χάσει το μεγαλύτερο ποσό υδρατμών από κάθε άλλη συνοπτική περίπτωση και έτσι η ξηρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα ξεκινάει από μεγαλύτερο υψόμετρο των υπήνεμων τμημάτων της οροσειράς σε σχέση με τις υπόλοιπες περιπτώσεις χιονοπτώσεων, με συνέπεια να έχουμε τις θερμικές αποκλίσεις που αποτυπώθηκαν στους χάρτες.

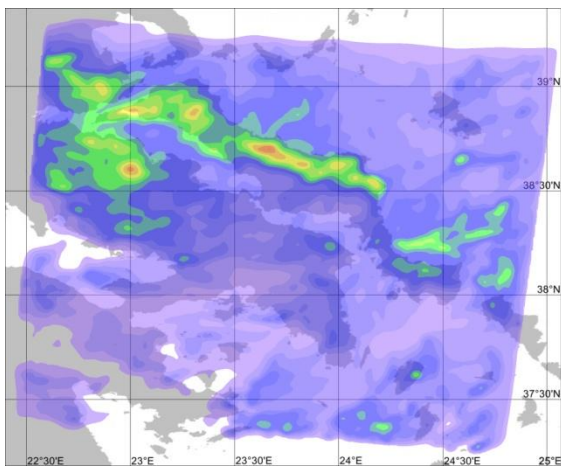
Τέλος και πάλι σημειώνεται πως οι θερμοκρασιακές αποκλίσεις στην Εύβοια συμβαίνουν κυρίως εξαιτίας των αλλαγών που υφίσταται η ορογραφία της.



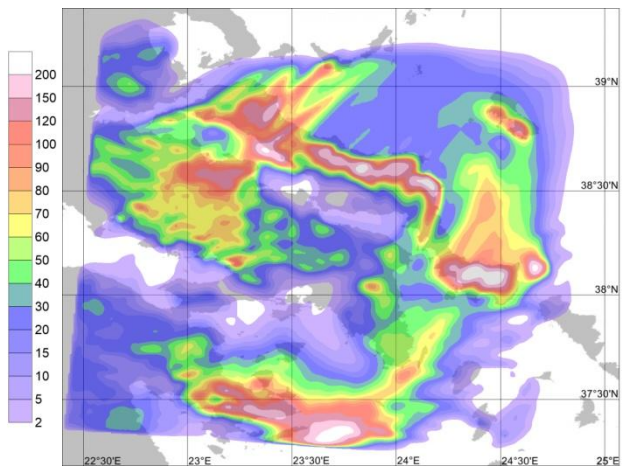
Σχήμα 3-87: Χάρτες ολικού ύψους νετού (mm) στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την τέταρτη περίπτωση χιονοπτώσεων, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας (α), με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της (β) και με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς (γ).



Σχήμα 3-88: Χάρτες ύψους νετού 24ωρου (mm) στην περιοχή της ανατολικής Στερεάς για την τέταρτη περίπτωση χιονοπτώσεων, για 24 (α) και 48 (β) ώρες πρόγνωσης, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.

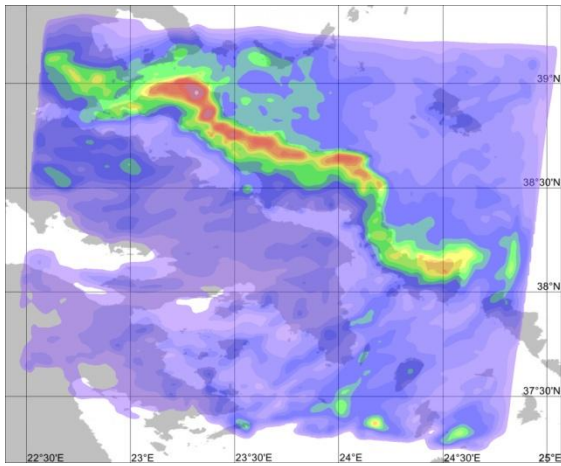


(α)

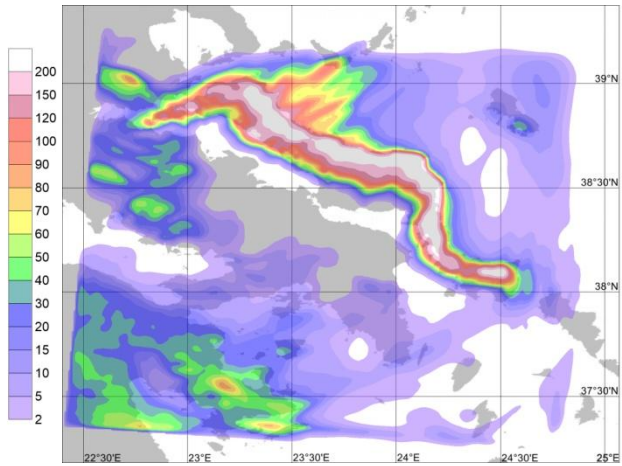


(β)

Σχήμα 3-89: Όπως στο σχήμα 3-88, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της.

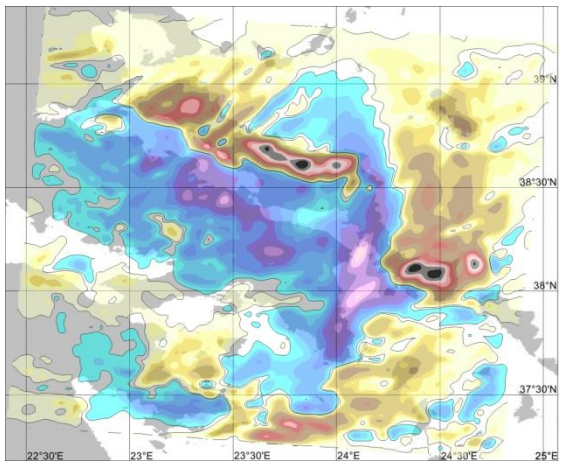


(α)

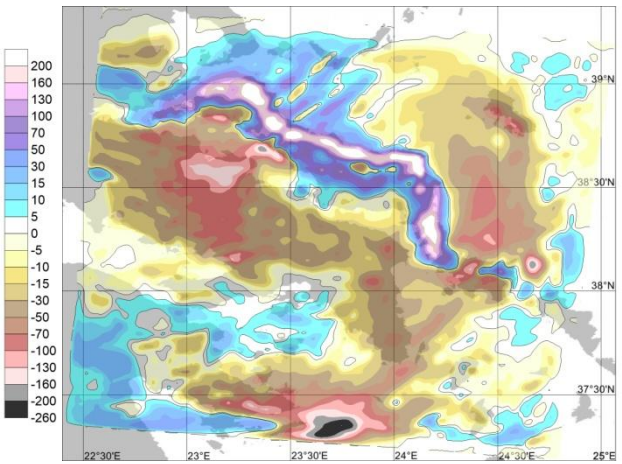


(β)

Σχήμα 3-90: Όπως στο σχήμα 3-88, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.

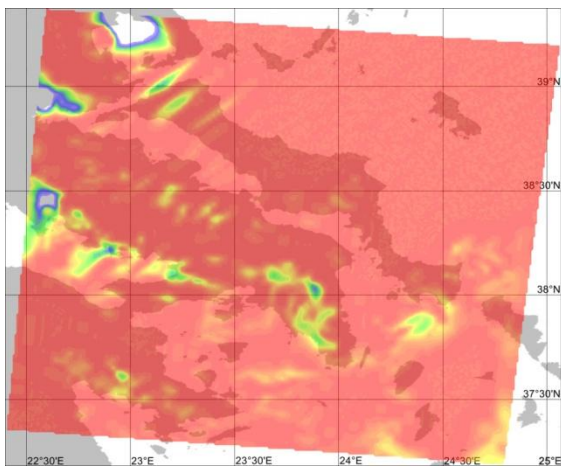


(α)

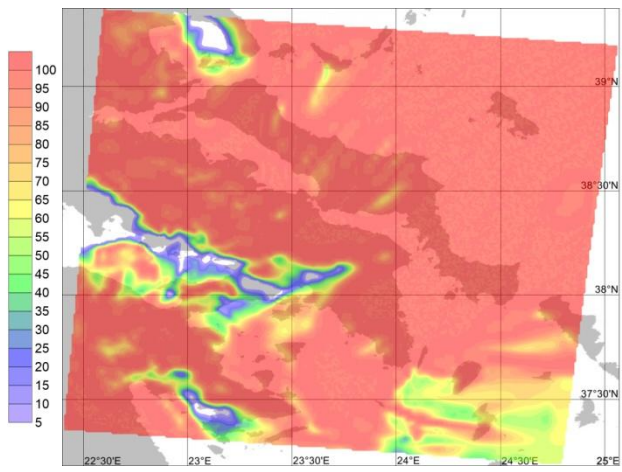


(β)

Σχήμα 3-91: Χάρτες αποκλίσεων ύψους νετού (mm) από τις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της Εύβοιας στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την τέταρτη περίπτωση χιονοπτώσεων, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας (α) και με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς (β).

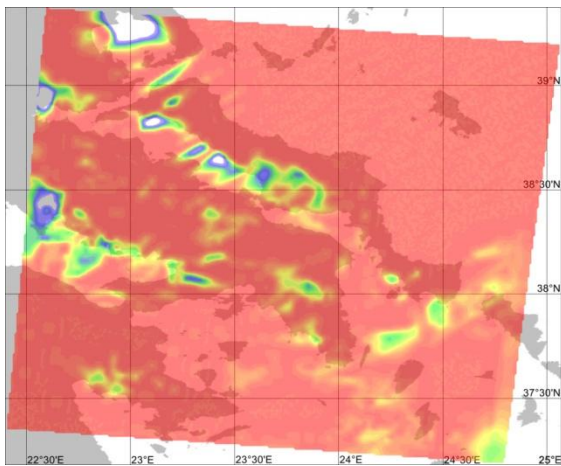


(α)

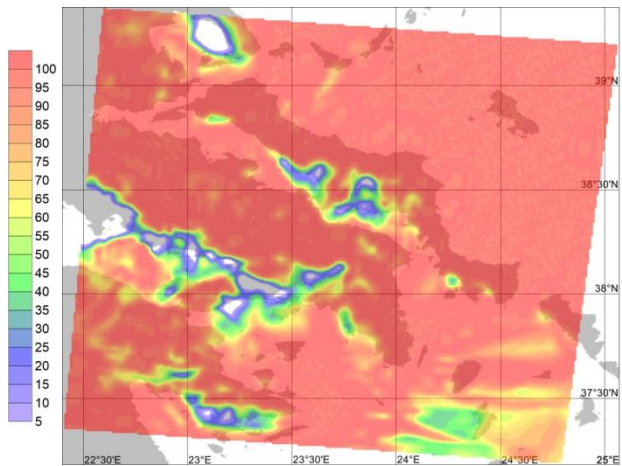


(β)

Σχήμα 3-92: Χάρτες χαμηλής νέφωσης (%) στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την τέταρτη περίπτωση χιονοπτώσεων για 24 (α) και 48 (β) ώρες πρόγνωσης, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.

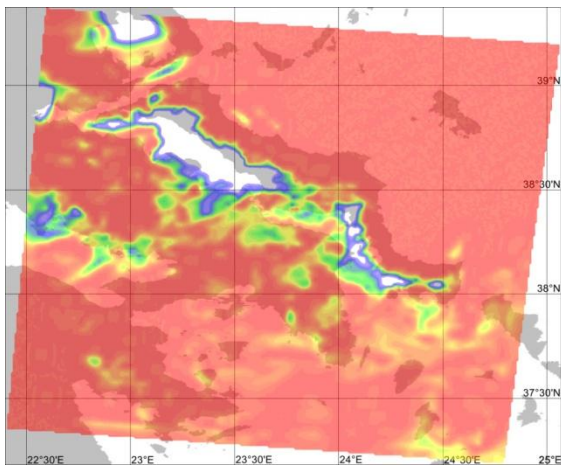


(α)

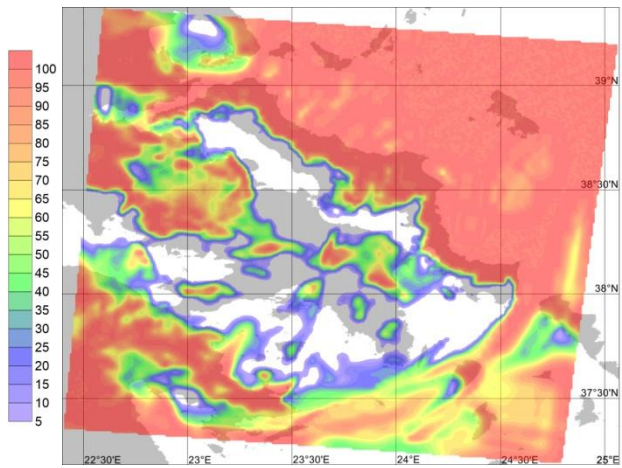


(β)

Σχήμα 3-93: Όπως στο σχήμα 3-92, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της.

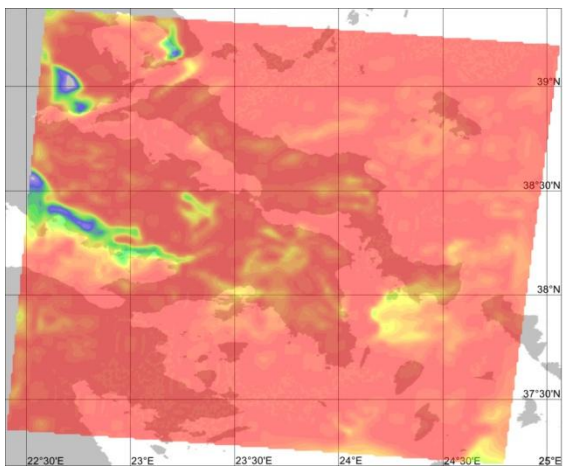


(α)

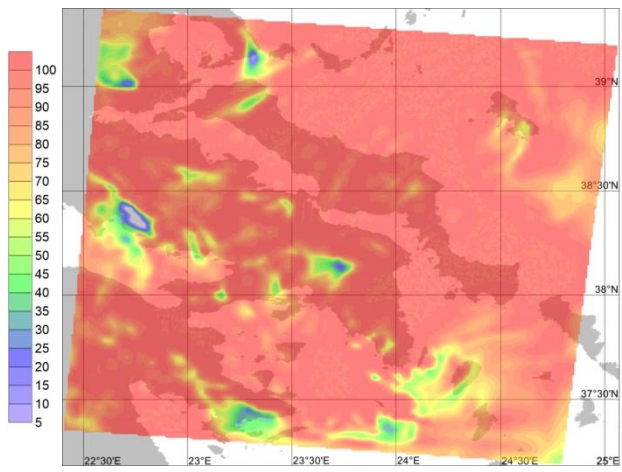


(β)

Σχήμα 3-94: Όπως στο σχήμα 3-92, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.

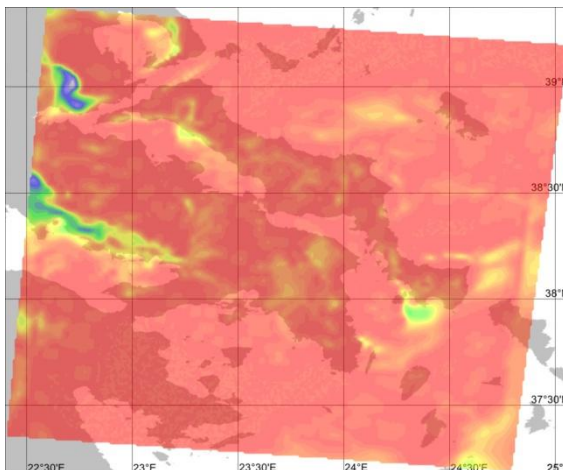


(α)

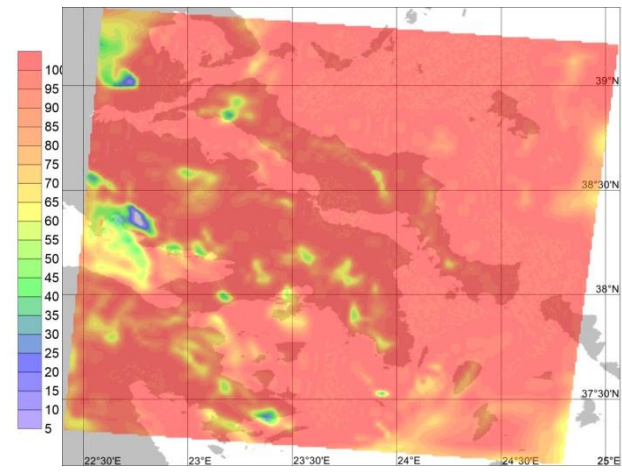


(β)

Σχήμα 3-95: Χάρτες μέσης νέφωσης (%) στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την τέταρτη περίπτωση χιονοπτώσεων για 24 (α) και 48 (β) ώρες πρόγνωσης, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.

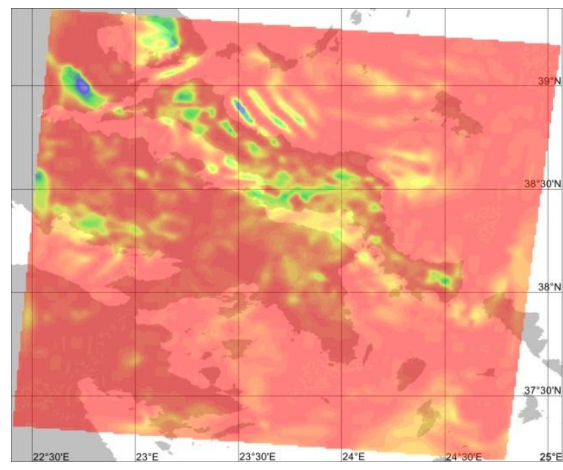


(α)

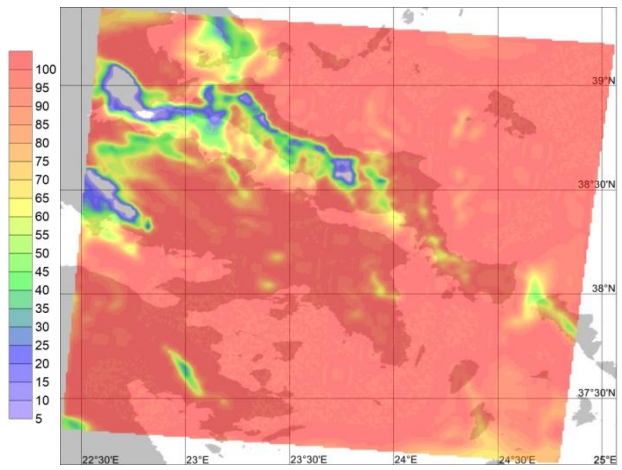


(β)

Σχήμα 3-96: Όπως στο σχήμα 3-95, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της.

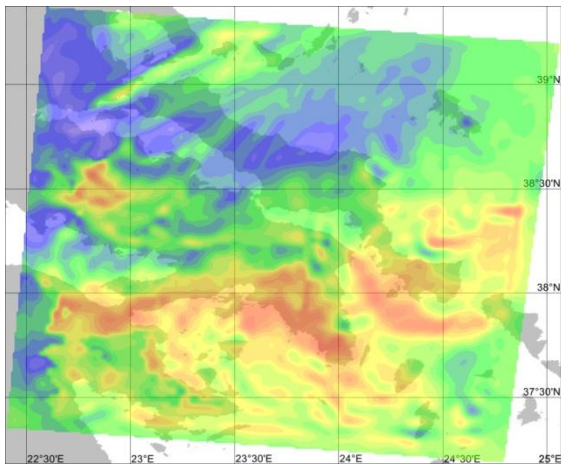


(α)

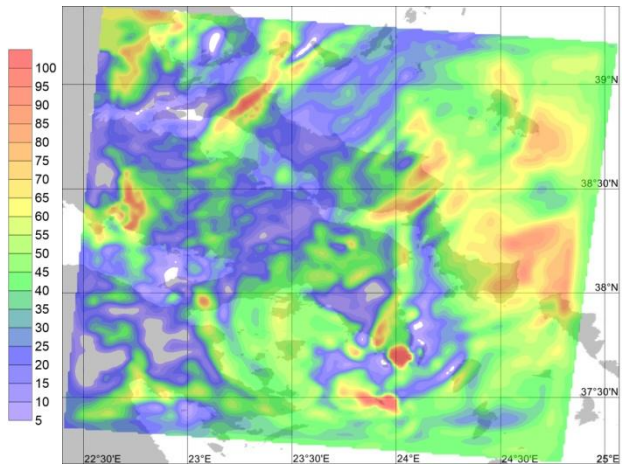


(β)

Σχήμα 3-97: Όπως στο σχήμα 3-95, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.

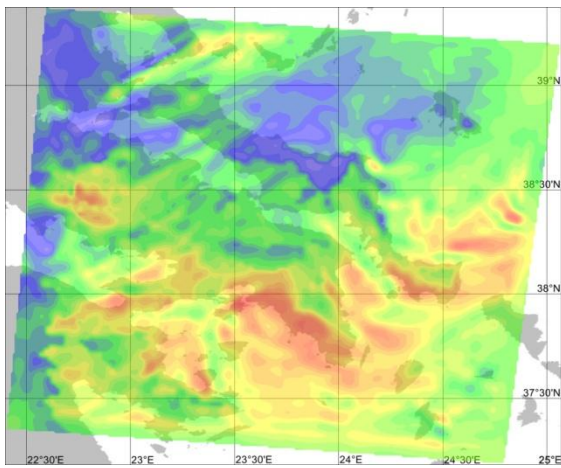


(α)

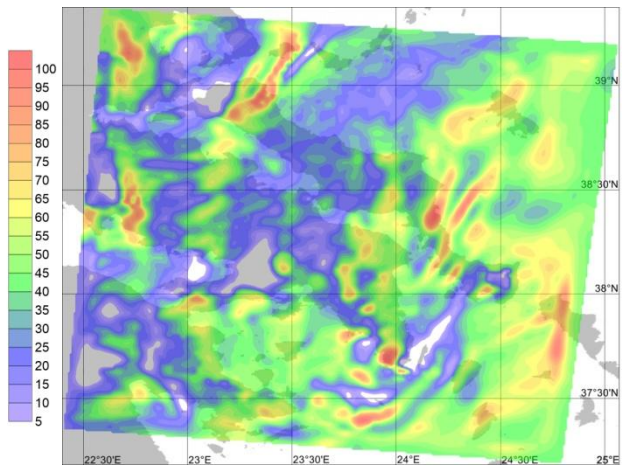


(β)

Σχήμα 3-98: Χάρτες υψηλής νέφωσης (%) στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την τέταρτη περίπτωση χιονοπτώσεων για 24 (α) και 48 (β) ώρες πρόγνωσης, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.

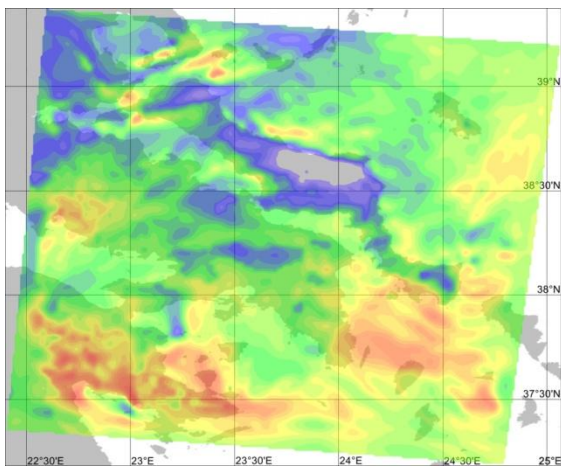


(α)

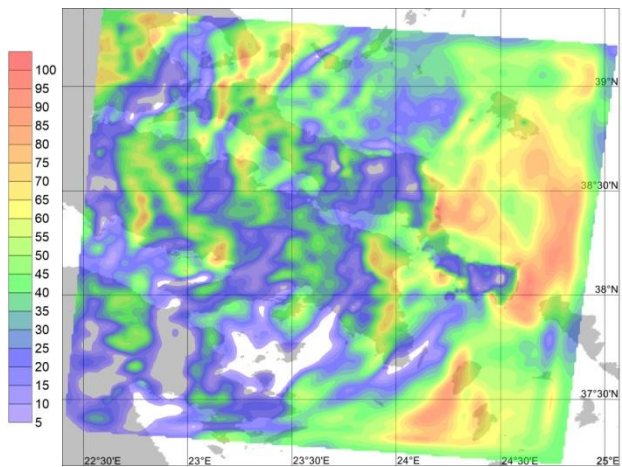


(β)

Σχήμα 3-99: Όπως στο σχήμα 3-98, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της.

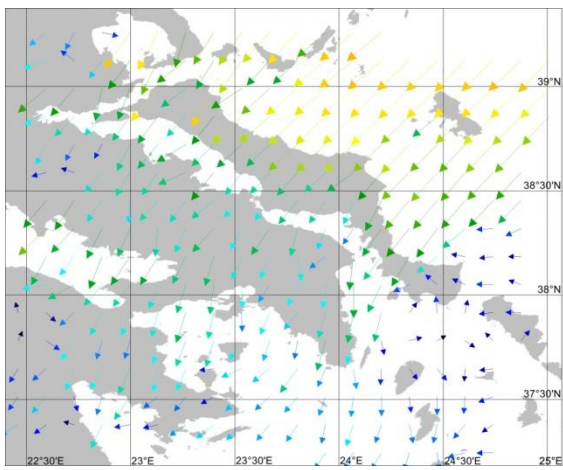


(α)

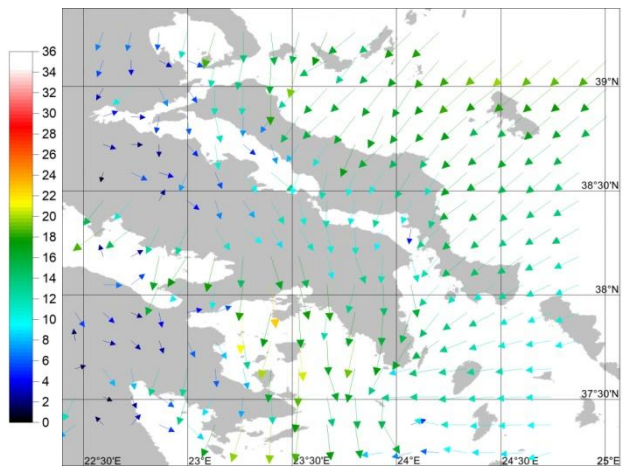


(β)

Σχήμα 3-100: Όπως στο σχήμα 3-98, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.

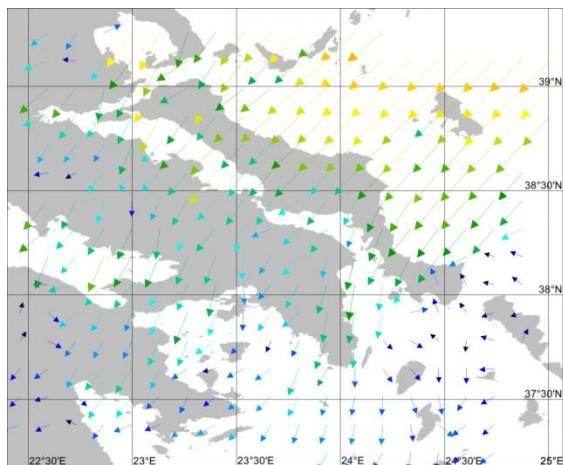


(α)

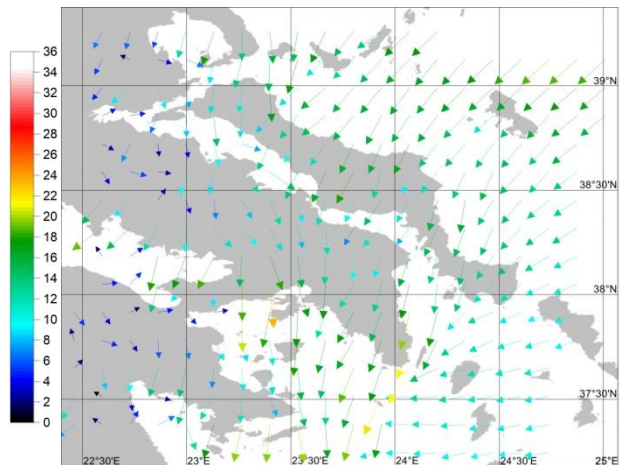


(β)

Σχήμα 3-101: Χάρτες ανεμολογικού πεδίου (m/s) στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την τα τέταρτη περίπτωση χιονοπτώσεων για 24 (α) και 48 (β) ώρες πρόγνωσης, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.

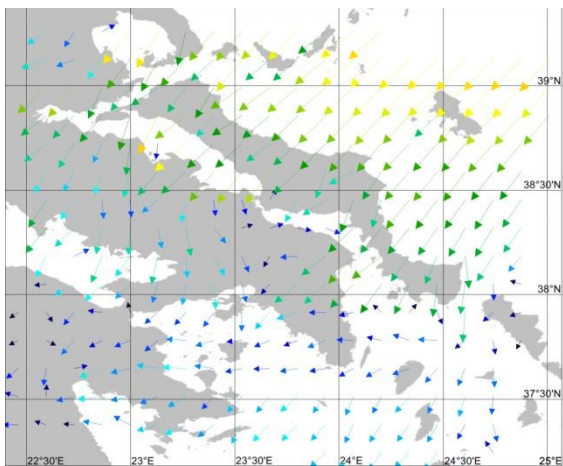


(α)

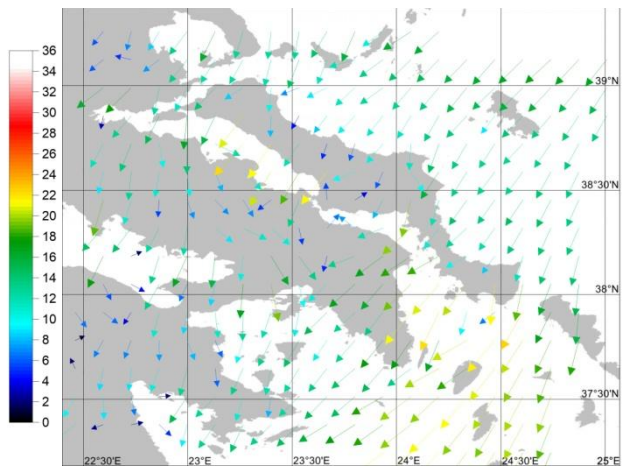


(β)

Σχήμα 3-102: Όπως στο σχήμα 3-101, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της.

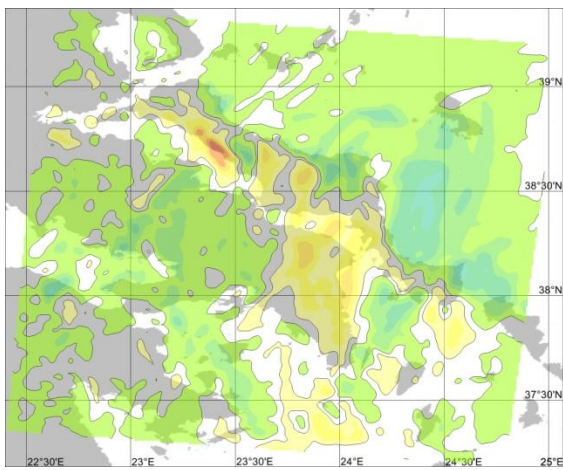


(α)

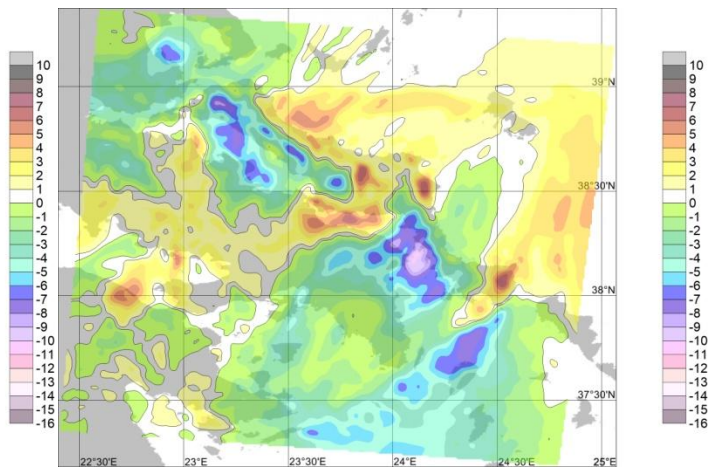


(β)

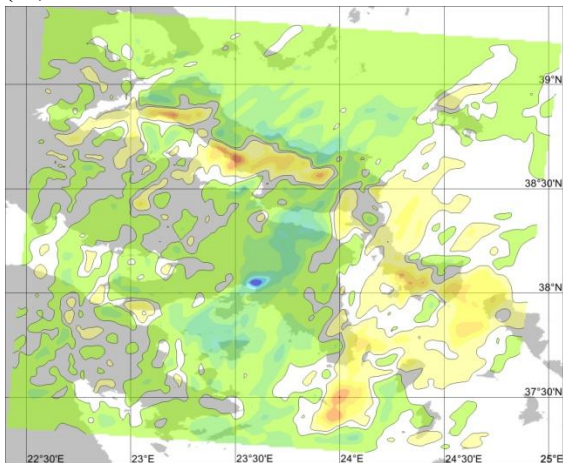
Σχήμα 3-103: Όπως στο σχήμα 3-101, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.



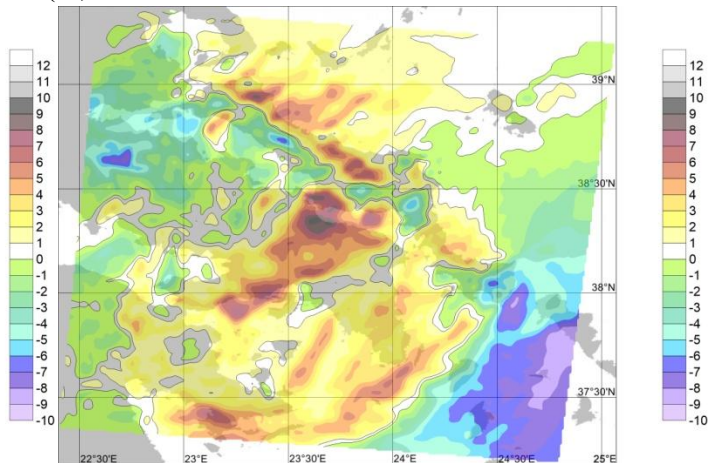
(α1)



(α2)

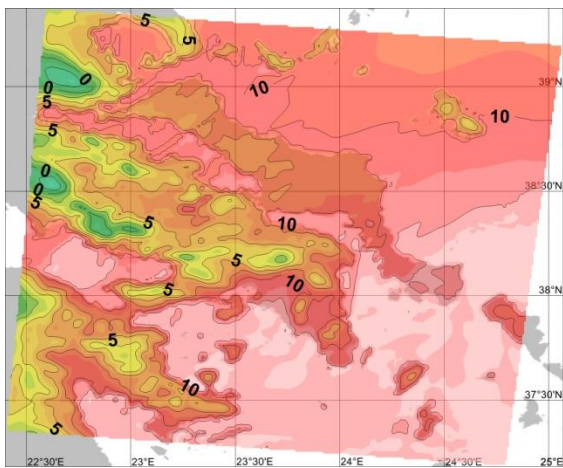


(β1)

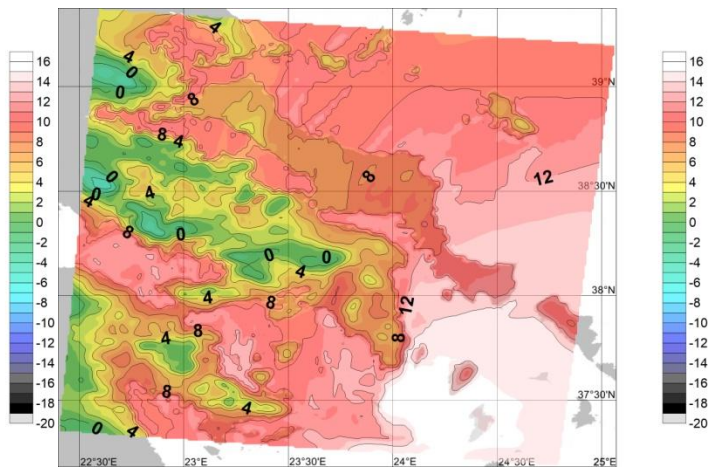


(β2)

Σχήμα 3-104: Χάρτες αποκλίσεων της μέσης ζωνικής (α) και της μέσης μεσημβρινής (β) ταχύτητας ανέμου (m/s) από τις συνθήκες πραγματικού υψόμετρου της Εύβοιας στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την τέταρτη περίπτωση χιονοπτώσεων, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας (1) και με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς (2).

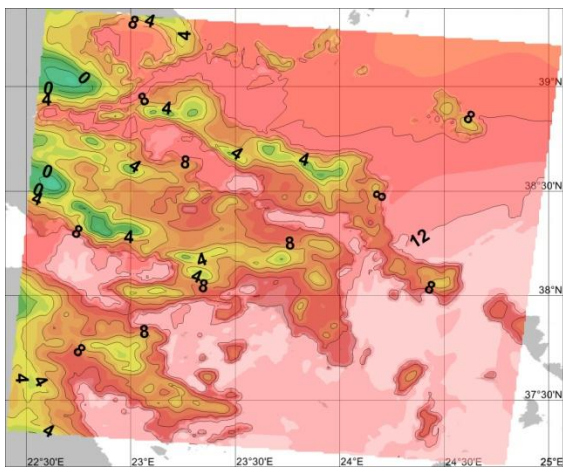


(α)

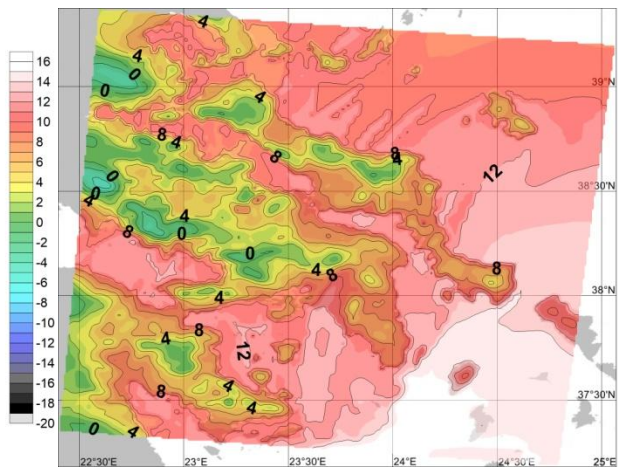


(β)

Σχήμα 3-105: Χάρτες της θερμοκρασίας του αέρα ($^{\circ}\text{C}$) στα 2m από την επιφάνεια της γης στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την τέταρτη περίπτωση χιονοπτώσεων, για 24 (α) και 48 (β) ώρες πρόγνωσης, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας.

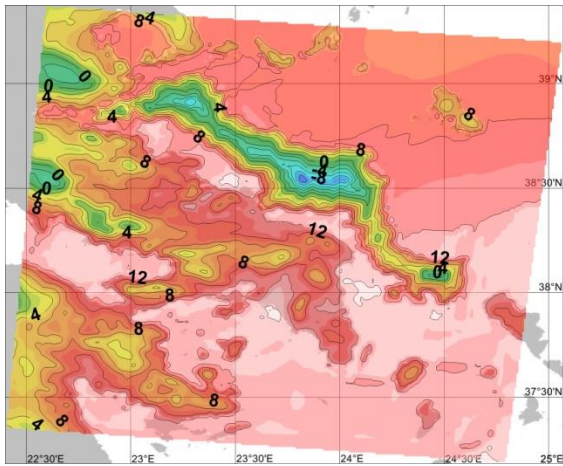


(α)

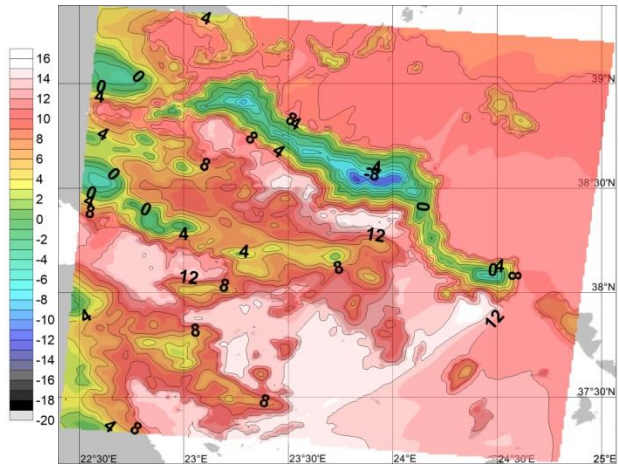


(β)

Σχήμα 3-106: Όπως στο σχήμα 3-105, αλλά με την Εύβοια στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της.

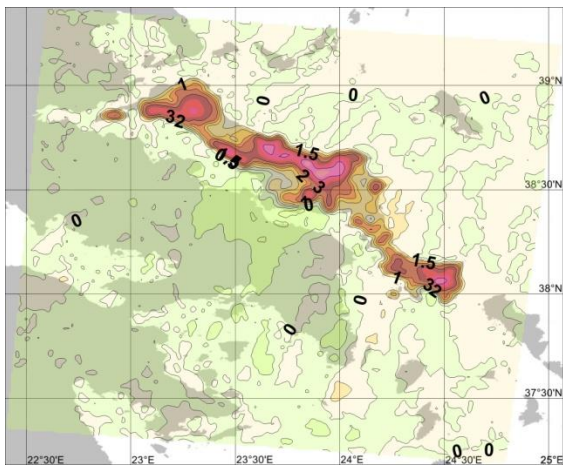


(α)

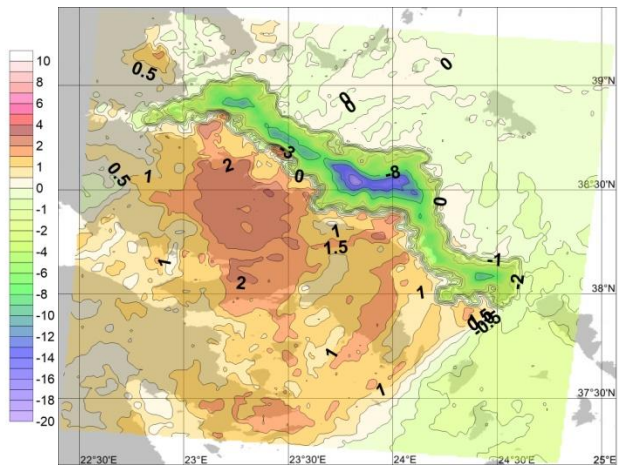


(β)

Σχήμα 3-107: Όπως στο σχήμα 3-105, αλλά με την Εύβοια σε μορφή ψηλής οροσειράς.



(α)



(β)

Σχήμα 3-108: Χάρτες θερμοκρασιακών αποκλίσεων (°C) από τις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της Εύβοιας στην περιοχή της Ανατολικής Στερεάς για την τέταρτη περίπτωση χιονοπτώσεων, με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας (α) και ψηλής οροσειράς (β).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η εύρεση των επιπτώσεων στις μετεωρολογικές παραμέτρους και κυρίως στις χιονοπτώσεις της Αττικής που έχουν οι μεταβολές στη γεωμορφολογική εικόνα της Εύβοιας.

Με βάση τα συνοπτικά τηλεγραφήματα του σταθμού του Τατοΐου, καθώς και με δεδομένα από τους σταθμούς της Στενής, της Κύμης και της Σέττας, επιλέχθηκαν 4 περιπτώσεις επεισοδίων χιονόπτωσης προς εξέταση.

Το προγνωστικό μοντέλο το οποίο επιλέχθηκε για την δημιουργία των προσομοιώσεων είναι το WRF-ARW v4. Ο τρεις γεωγραφικές περιοχές στις οποίες έγινε η προσομοίωση, είναι αυτή της Ευρώπης, η ευρύτερη περιοχή της Ελλάδας, και η περιοχή των ανατολικών προσήνεμων τμημάτων της χώρας μας (ανατολική Στερεά – Εύβοια).

Για την μελέτη των αλλαγών στις χιονοπτώσεις της Αττικής, μελετήθηκαν 4 διαφορετικά γεωμορφολογικά σενάρια της Εύβοιας. Αυτά είναι τα εξής:

- 1) Αντικατάσταση της Εύβοιας με την συνέχεια του Αιγαίου πελάγους.
- 2) Εξομάλυνση των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών της Εύβοιας, με μετατροπή αυτής σε πεδιάδα με υψόμετρο 10 μέτρων.
- 3) Μελέτη των μετεωρολογικών παραμέτρων χωρίς αλλαγές στην γεωμορφολογία της Εύβοιας.
- 4) Μετατροπή της Εύβοιας σε μια ενιαία οροσειρά με μέγιστο υψόμετρο τα 3km.

Με βάση τις παραπάνω γεωμορφολογικές αλλαγές παρατηρήθηκαν τα εξής:

→ Η κατανομή του υετού των δύο πρώτων γεωμορφολογικών σεναρίων είναι πανομοιότυπη σε κάθε συνοπτική κατάσταση. Άρα αν γίνει αντικατάσταση του νησιού της Εύβοιας με την φυσική συνέχεια του Αιγαίου, φαίνεται ότι δεν θα είχαμε επιπλέον ποσό υδρατμών να τροφοδοτούν την αέρια μάζα σε σύγκριση με την Εύβοια σε μορφή πεδιάδας, με βάση το WRF.

→ Στα δύο παραπάνω γεωμορφολογικά σενάρια, τα μεγαλύτερα ποσά υετού φαίνεται να πέφτουν στην βόρεια Αττική και στην Βοιωτία.

→ Στις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της Εύβοιας, δηλαδή το γεωμορφολογικό σενάριο 3, έχουμε βαθμίδες υετού στην Εύβοια, με αύξηση του υετού στα προσήνεμα τμήματα αυτής και μείωση του υετού στα υπήνεμα τμήματα του νησιού καθώς και στην Αττική σε σχέση με τα γεωμορφολογικά σενάρια 1 και 2.

→ Η απόκλιση του υετού της Αττικής επηρεάζεται σε διαφορετικό βαθμό ανάλογα με την διάταξη, ενώ όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα το κέρδος υετού για το λεκανοπέδιο της Αθήνας στο γεωμορφολογικό σενάριο της πεδιάδας-Εύβοιας, ή της μη ύπαρξης της Εύβοιας, είναι γενικά μικρό. Από τα δεδομένα φαίνεται πως η μεγαλύτερη έλλειψη του υετού στο εσωτερικό του λεκανοπεδίου οφείλεται στο βουνό της Πάρνηθας το οποίο έχει και τις μεγαλύτερες θετικές αποκλίσεις στον υετό στα δύο πρώτα γεωμορφολογικά σενάρια σε σχέση με τις συνθήκες πραγματικού υψομέτρου της Εύβοιας.

→ Στο τελευταίο γεωμορφολογικό σενάριο γίνονται ακόμα πιο ορατά τα σημάδια της επίπτωσης των γεωμορφολογικών αλλαγών της Εύβοιας πάνω στις χιονοπτώσεις της Αττικής. Οι υετικές βαθμίδες εντείνονται σε μεγάλο βαθμό με τις προσήνεμες περιοχές της Εύβοιας να δέχονται πολύ μεγάλες ποσότητες υετού, ενώ οι υπήνεμες περιοχές του νησιού καθώς και οι περισσότερες περιοχές της Αττικοβοιωτίας να δέχονται μικρά ή και μηδενικά ποσά υετού. Μάλιστα παρατηρήθηκε πως η βόρεια Αττική αναλογικά είχε πολύ πιο μεγάλες αρνητικές αποκλίσεις υετού από την νότια. Έτσι έχουν παρατηρηθεί περιπτώσεις στις οποίες η νότια Αττική δέχεται περισσότερο υετό από την βόρεια, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί και στις τοπικές συγκλίσεις των ανέμων.

→ Οι σημαντικότερες υετικές αποκλίσεις των πειραματικών σεναρίων σε σχέση με τις πραγματικές γεωμορφολογικές συνθήκες της Εύβοιας συνέβησαν στην περίπτωση χιονοπτώσεων που το υπόβαθρο του βορειοανατολικού ρεύματος ήταν το ισχυρότερο. Η μεγάλη ένταση του βορειοανατολικού ρεύματος οδηγεί σε πιο έντονη εξαναγκασμένη ανωμεταφορά, με αποτέλεσμα η

μάζα να χάσει περισσότερους υδρατμούς κατά την άνοδό της στην οροσειρά από ότι στις υπόλοιπες περιπτώσεις χιονοπτώσεων.

→ Το ανεμολογικό πεδίο αλλάζει με τις μεταβολές του γεωμορφολογικού σχήματος της Εύβοιας. Κατά την διάρκεια πνοής του βορειοανατολικού ρεύματος το οποίο ξεπερνάει το εμπόδιο της Δίρφυος δημιουργούνται καταβατικοί άνεμοι στην υπήνεμη πλευρά του βουνού, η ένταση των οποίων αυξάνει με το μέγεθος της οροσειράς. Ταυτόχρονα η προσομοίωση της ψηλής οροσειράς δείχνει μια πολύ έντονη επίδραση στο ανεμολογικό πεδίο σε όλο το εμβαδό της γεωγραφικής περιοχής. Έτσι ενώ οι άνεμοι περιμετρικά της Εύβοιας στα πρώτα τρία γεωμορφολογικά σενάρια έχουν γενικά μικρές διαφορές, στο τελευταίο σενάριο αλλάζουν δραματικά, με αποτέλεσμα περιοχές στις οποίες υπήρχαν συγκλίσεις ανέμων που οδηγούσαν σε έντονο υετό να μην υφίστανται πλέον. Συνέπεια είναι λοιπόν, οι μεταβολές στην κατανομή του υετού να οφείλονται τόσο άμεσα στο φυσικό εμπόδιο της Εύβοιας λόγω εξαναγκασμένης ανωμεταφοράς, όσο και έμμεσα σε αυτό μέσω της αλλαγής που προκαλεί στο προφίλ των ανέμων στις ανατολικές προσήνεμες περιοχές της χώρας.

→ Επιφανειακές θερμοκρασιακές αποκλίσεις υπάρχουν στην Αττικοβοιωτία, όταν αλλάζει η γεωμορφολογία της Εύβοιας. Χαρακτηριστικά αρνητικές αποκλίσεις της τάξης των 0.5-1 βαθμών σημειώνονται στην Αττική, όταν η Εύβοια μετατρέπεται σε πεδιάδα ενώ θετικές αποκλίσεις που κυμαίνονται από 0.5 έως 2 βαθμούς Κελσίου σε σχέση με τις πραγματικές συνθήκες σημειώνονται όταν η Εύβοια μετατρέπεται σε οροσειρά. Οι μεγαλύτερες θερμοκρασιακές αποκλίσεις συμβαίνουν σε διατάξεις με ισχυρό βορειοανατολικό ρεύμα, καθώς η αέρια μάζα που εξαναγκάζεται σε άνοδο χάνει μεγαλύτερα ποσά υδρατμών στην προσήνεμη πλευρά της Εύβοιας και ως επακόλουθο ξεκινάει να κατέρχεται στην υπήνεμη πλευρά με την ξηρή αδιαβατική θέρμανση σε μεγαλύτερο υψόμετρο από ότι στις υπόλοιπες περιπτώσεις χιονοπτώσεων. Στις περιπτώσεις χιονοπτώσεων με ασθενές βορειοανατολικό ρεύμα παρατηρούνται γενικά μικρές απόλυτες τιμές αποκλίσεων της επιφανειακής θερμοκρασίας, οι οποίες αποδίδονται στις αντίστοιχες αποκλίσεις του υετού της περιοχής.

→ Η μεταβολή των μέσων επιφανειακών θερμοκρασιών έχει ως επακόλουθο αλλαγές στα ελάχιστα υψόμετρα χιονόπτωσης λόγω της μεταβολής του θερμοκρασιακού προφίλ της κατακόρυφης διαδρομής που ακολουθούν οι χιονονιφάδες, ενώ οι περιοχές που έχουν επιφανειακές θερμοκρασίες κοντά στην αλλαγή του πρόσημου θα υποστούν σημαντικές αλλαγές στο ύψος της χιονόστρωσης για τα ίδια χιλιοστά υετού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Διεθνής

1. Campbell S. Leah, Steennburgh W. James, Yamada Yoshinori, Kawashima Masayuki and Fujiyoshi Yasushi, 2018. Influences of Orography and Coastal Geometry on a Transverse-Mode Sea-Effect Snowstorm over Hokkaido Island, Japan, *Mon. Wea. Rev.* Vol 146, 2201-2220.
2. Colle, B.A., Mass, C.F., Westrick, K.J., 2000. MM5 precipitation verification over the Pacific northwest during the 1997–99 cool seasons. *Mon. Wea. Rev.* Vol 15, 730–744.
3. Dafis S, Lolis J. C., Houssos E. E. and Bartzokas A., 2016. The atmospheric circulation characteristics favouring snowfall in an area with complex relief in Northwestern Greece. *Int. J. Climatol.* Vol 36, 3561–3577.
4. Davolio, S., Buzzi, A., Malguzzi, P., 2007. High resolution simulations of an intense convective precipitation event. *Meteorol. Atmos. Phys.* Vol 95, 139–154.
5. Eipper T. Daniel, Greybush J. Steven, Young S. Georges, Saslo Seth, Sikora D. Todd and Clark D. Richard, 2019. Lake-Effect Snowbands in Baroclinic Environments. *Wea. Forecasting* Vol 34, 1657-1674.
6. Fujisaki-Manome Ayumi, Mann E. Greg, Anderson J. Eric, Chu Y. Phillip, Fitzpatrick E. Lindsay, Benjamin G. Stanley, James P. Eric, Smirnova G. Tatiana, Alexander R. Curtis and Wright M. David, 2020. Improvements to Lake-Effect Snow Forecasts Using a One-Way Air–Lake Model Coupling Approach. *Journal of Hydrometeorology* Vol 21, 2813-2828.
7. Ghafarian Parvin , 2021. Impact of physical parameterizations on simulation of the Caspian Sea lake-effect snow. *Dynam. of Atmos and Oce.* Vol 94, 1-14.
8. Houssos E. E., Lolis J. C., and Bartzokas A., 2007. The atmospheric conditions over Europe and the Mediterranean, favoring snow events in Athens, Greece. *Adv. Geosci.* Vol 12, 127–135.
9. Jiusto, J. E., and M. L. Kaplan, 1972: Snowfall from lake-effect storms. *Mon. Wea. Rev.* Vol 100, 62–66.
10. Kristovich, D. A. R., and R. A. Steve III, 1995. A satellite study of cloud-band frequencies over the Great Lakes. *J. Appl. Meteor.* Vol 34, 2083–2090.
11. Niziol, T. A., 1987: Operational forecasting of lake-effect snowfall in western and central New York. *Wea. Forecasting* Vol 2, 310–321.
12. Prezerakos N.G. and Angouridakis V.E., 1984. Synoptic consideration of snowfall in Athens. *Journal of climatology* Vol 4, 269-285.
13. Sindosi, O.A., Bartzokas, A., Kotroni, V., Lagouvardos, K., 2010. A study of MM5 model skill on precipitation over Epirus by using various horizontal resolutions and cumulus parameterization schemes. *Proceedings of the 10th Hellenic Conference on Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics*, Patra, May 2010, 158–168.
14. Sindosi O.A., Bartzokas A., Kotroni V., Lagouvardos K., 2014. Influence of orography on precipitation amount and distribution in NW Greece; A case study. *Atmos Res.* Vol 152, 105-122.
15. Villani, J. P., M. L. Jurewicz Sr., and K. Reinhold, 2017: Forecasting the inland extent of lake effect snow bands downwind of Lake Ontario. *J. Oper. Meteor.* Vol 5, 53–70.

Ελληνική

1. Εθνική μετεωρολογική υπηρεσία. Το εγχειρίδιο του μετεωρολόγου-προγνώστη, Δημήτρης Ζιακόπουλος-Παρασκευή Φραγκούλη, 2015.