



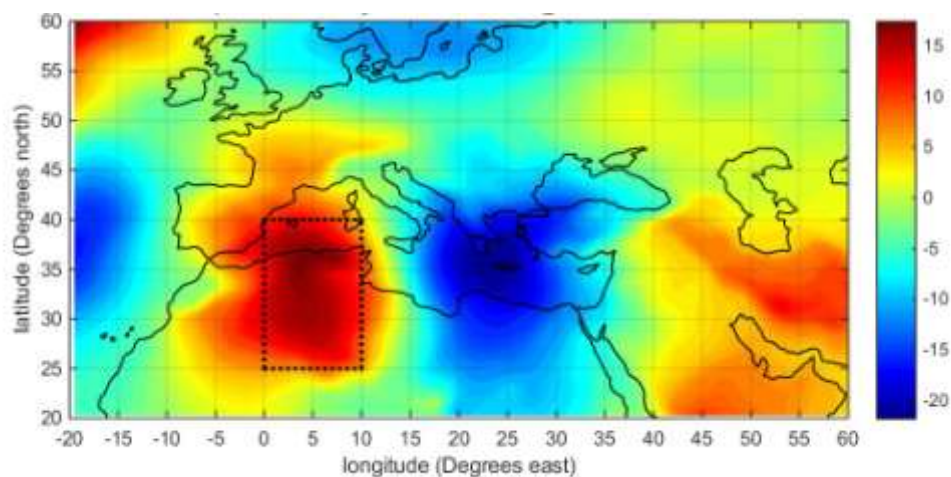
**ΕΘΝΙΚΟΝ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ
Μ.Δ.Ε. ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**Μελέτη της Κατακόρυφης Δομής των
Θερμών και Ψυχρών Αντικυκλώνων που
δημιουργούνται στη Μεσόγειο**

ΜΠΙΤΣΑ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ

A.M.: 201333

Επιβλέπουσα: Έλενα Φλόκα, Αναπλ. Καθηγήτρια



ΑΘΗΝΑ 2015

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν κείμενο αποτελεί τη διπλωματική εργασία που υποβάλλεται για την απόκτηση του Μ.Δ.Ε. Φυσικής Περιβάλλοντος. Πρόκειται για την κλιματολογική μελέτη της κατακόρυφης δομής θερμών και ψυχρών αντικυκλώνων στη Μεσόγειο που διεξήχθη στα πλαίσια της εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας είτε άμεσα είτε έμμεσα. Ειδικότερα, ευχαριστώ θερμά την επιβλέπουσα κυρία Έλενα Φλόκα, Αναπλ. Καθηγήτρια, της οποίας η καθοδήγηση, τόσο ακαδημαϊκά όσο και ηθικά, ήταν συνεχής όλο αυτό το διάστημα. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω και την κυρία Μαρία Χατζάκη, Λέκτορα για την πολύτιμη βοήθειά της. Η συνδρομή και των δύο τόσο στη μεθοδολογία και την υλοποίησή της όσο και στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων ήταν καθοριστική για την επιτυχή ολοκλήρωση της εργασίας αυτής.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω το σύζυγό μου Γιώργο, του οποίου η στήριξη ήταν ανεκτίμητη, ηθικά αλλά και ουσιαστικά. Τέλος, δεν θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω τους γονείς μου για την συμπαράσταση που μου έχουν προσφέρει όλα αυτά τα χρόνια καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	Εισαγωγή	5
2	Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	7
2.1	Επιφανειακοί αντικυκλώνες.....	7
2.2	Αντικυκλογένεση	7
2.3	Τύποι αντικυκλώνων	11
2.4	Κατακόρυφη δομή.....	19
2.5	Κλιματολογική έρευνα.....	22
2.6	Αντικυκλώνες στη Μεσόγειο	23
3	Δεδομένα - Μεθοδολογία	27
3.1	Εντοπισμός αντικυκλώνων στη Μεσόγειο.....	28
3.1.1	Περιγραφή αλγόριθμου MS.....	28
3.1.2	Εφαρμογή αλγόριθμου MS στη Μεσόγειο	28
3.2	Μελέτη θερμικής δομής των αντικυκλώνων της Μεσογείου	30
3.2.1	Ρουτίνα επέκτασης του αλγόριθμου MS.....	30
3.2.2	Τροποποίηση της ρουτίνας επέκτασης και εφαρμογή στη Μεσόγειο ...	31
3.3	Μέσα και Ανώμαλα Πεδία Δυναμικών Παραμέτρων.....	32
4	Εντοπισμός και κλιματολογική ανάλυση των ψυχρών και θερμών αντικυκλώνων στην επιφάνεια	35
5	Μελέτη κατακόρυφης δομής των ψυχρών και θερμών αντικυκλώνων	51
5.1	Κλιματολογία	51
5.2	Μέσα και Ανώμαλα Πεδία.....	54
6	Συμπεράσματα	79
	Βιβλιογραφία	81

1 Εισαγωγή

Οι αντικυκλώνες είναι βαρομετρικά συστήματα στα οποία η πίεση μειώνεται από το κέντρο προς την περιφέρεια. Στο κέντρο ενός αντικυκλώνα, κοντά στο έδαφος επικρατεί απόκλιση του αέρα, ενώ σε υψηλότερα επίπεδα σύγκλιση. Οι επακόλουθες καθοδικές κινήσεις αερίων μαζών στο κέντρο του αντικυκλώνα έχουν ως αποτέλεσμα τη θέρμανση λόγω αδιαβατικής συμπίεσης και συνεπώς την επικράτηση αίθριου καιρού στην περιοχή όπου εδράζεται ο αντικυκλώνας. Ωστόσο, οι αντικυκλώνες συνδέονται και με σημαντικά ακραία φαινόμενα όπως ξηρασίες, κύματα καύσωνα, ψυχρές εισβολές και επελάσεις χιονιά, αλλά και με επεισόδια ρύπανσης.

Παρά τη σύνδεση των αντικυκλώνων με ένα εύρος φαινομένων, η μελέτη τους είναι περιορισμένη, ειδικότερα σε σχέση με τη μελέτη των υφέσεων. Κάποιες μελέτες που έχουν γίνει ως επί το πλείστον είναι εστιασμένες στα συστήματα εμποδισμού ή αναφέρονται μόνο στο Βόρειο (Ioannidou and Yau 2008) ή μόνο στο Νότιο (Jones and Simmonds 1994) Ημισφαίριο.

Η ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε ό,τι αφορά τη συμπεριφορά των συνοπτικών συστημάτων. Η Μεσόγειος είναι μία κλειστή θάλασσα η οποία βρίσκεται μεταξύ των μέσων και υποτροπικών γεωγραφικών πλατών και χαρακτηρίζεται από σύνθετη τοπογραφία. Αφετέρου, επηρεάζεται σημαντικά από την κλιματική αλλαγή (Solomon et al 2007). Εκτός από τον αντικυκλώνα των Αζορών και το Σιβηρικό αντικυκλώνα, την Μεσόγειο επηρεάζουν τόσο κινητοί αντικυκλώνες που δημιουργούνται πάνω από τη Σκανδιναβία, τον Ατλαντικό ωκεανό και τη Βόρειο Αφρική (HMSO 1962, Makrogiannis and Giles 1980), όσο και αντικυκλώνες που δημιουργούνται τοπικά (Godev 1971).

Προηγούμενες μελέτες εστιασμένες στους αντικυκλώνες στη λεκάνη της Μεσογείου, έχουν επικεντρωθεί κυρίως σε αντικυκλώνες εμποδισμού που επηρεάζουν την Μεσόγειο (Quadrelli et al. 2001, Trigo et al. 2004). Επιπρόσθετα, έχουν μελετηθεί οι τροχιές των μετακινούμενων αντικυκλωνικών συστημάτων στη Μεσόγειο σε μηνιαία βάση, από ημερήσιους συνοπτικούς χάρτες καιρού (Makrogiannis and Giles 1980, Katsoulis et al. 1998). Πιο πρόσφατη εργασία πάνω στο θέμα, έχει εξάγει κλιματολογικά αποτελέσματα για τους κινούμενους αντικυκλώνες που επηρεάζουν τη Μεσόγειο, μέσω του προσδιορισμού των τροχιών αυτών των συστημάτων με χρήση ενός αλγορίθμου εντοπισμού και παρακολούθησης τροχιάς (Hatzaki et al. 2014).

Με απώτερο στόχο τη διεύρυνση της μέχρι τώρα γνώσης που υπάρχει για τους συνοπτικής και μέσης κλίμακας κινούμενους αντικυκλώνες που δημιουργούνται στη Μεσόγειο, σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι α) ο χαρακτηρισμός της ψυχρής και θερμής αντικυκλογένεσης β) η μελέτη της συχνότητας εμφάνισης των ψυχρών και θερμών αντικυκλώνων και των χωρικών και χρονικών μεταβολών τους και γ) η διερεύνηση της κατακόρυφης θερμοδυναμικής δομής της αντικυκλογένεσης. Συγκεκριμένα, η παρούσα μελέτη χωρίζεται σε δύο μέρη.

Στο πρώτο μέρος, η περιοχή της Μεσογείου χωρίστηκε σε επιμέρους τομείς. Στη συνέχεια, εντοπίστηκαν τα αντικυκλωνικά συστήματα που δημιουργήθηκαν σε κάθε τομέα την περίοδο 1979-2012 και εξετάστηκε ο θερμικός τους χαρακτήρας σε διάφορα ισοβαρικά επίπεδα. Παράλληλα, οι αντικυκλώνες που δημιουργήθηκαν στη Μεσόγειο διακρίθηκαν σε θερμούς και ψυχρούς αντικυκλώνες με κριτήριο τη θερμοκρασιακή διαφορά του κέντρου του αντικυκλώνα με το περιβάλλον του στην επιφάνεια και εξήχθησαν στατιστικά στοιχεία που αφορούν στην αντικυκλογένεση για κάθε τομέα της περιοχής μελέτης.

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας, μελετήθηκε περαιτέρω η θερμοδυναμική δομή των αντικυκλώνων σε διάφορα ισοβαρικά επίπεδα ώστε να αποκαλυφθούν μορφολογικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες της αντικυκλογένεσης. Αυτό επετεύχθη αφού πρώτα εξήχθησαν τα μέσα και ανώμαλα πεδία διαφόρων ατμοσφαιρικών παραμέτρων τη στιγμή της αντικυκλογένεσης για ψυχρούς και θερμούς αντικυκλώνες αντίστοιχα. Με τη βοήθεια της κλιματικής ανωμαλίας των παραμέτρων που εξετάστηκαν διερευνήθηκε ο ρόλος της κάθε μίας στην καθ' ύψος δομή των ψυχρών και θερμών αντικυκλώνων.

Συγκεκριμένα, στο Κεφάλαιο 2 παρατίθεται το απαραίτητο θεωρητικό υπόβαθρο καθώς και οι πρότερες μελέτες σχετικά με το θέμα. Στο Κεφάλαιο 3 δίνεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε. Στα Κεφάλαια 4 και 5 δίνονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν στο πρώτο και το δεύτερο μέρος της μελέτης, αντίστοιχα. Τέλος, στο Κεφάλαιο 6 συνοψίζονται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από τη μελέτη των αποτελεσμάτων.

2 Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1 Επιφανειακοί αντικυκλώνες

Αντικυκλώνας ή βαρομετρικό υψηλό ή κέντρο υψηλών πιέσεων είναι το βαρομετρικό σύστημα το οποίο στην επιφάνεια του εδάφους παρουσιάζει τιμές ατμοσφαιρικής πίεσης μεγαλύτερες από αυτές της γύρω περιοχής. Ένας αντικυκλώνας απεικονίζεται σε ένα χάρτη καιρού επιφανείας με τη μορφή κλειστών ισοβαρών καμπύλων, περίπου κυκλικών ή ελλειπτικών, όπου η πίεση μειώνεται από το κέντρο προς την περιφέρεια. Επιπλέον, ένας αντικυκλώνας καταλαμβάνει πολύ μεγαλύτερες γεωγραφικές περιοχές συγκριτικά με μία ύφεση (βαρομετρικό χαμηλό), αφού έχει ακτίνα δράσης περί τα 1000 km.

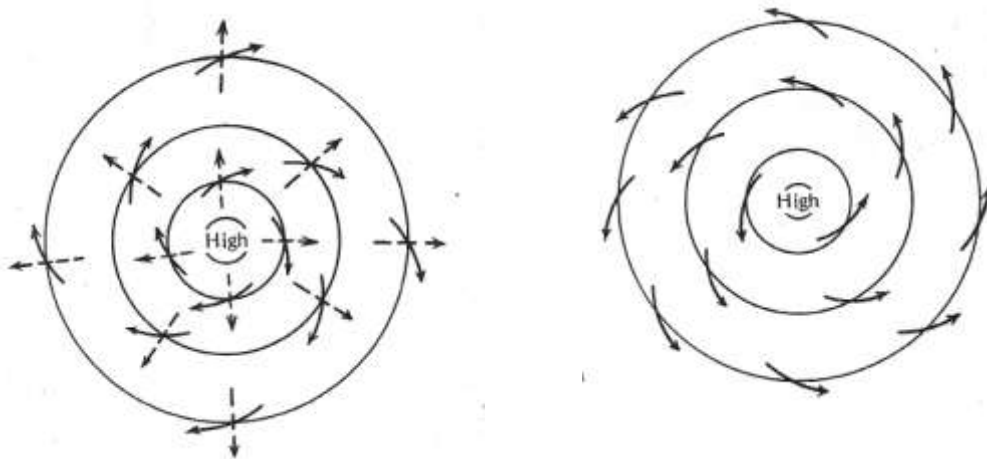
Σε αντίθεση με τις υφέσεις που έχουν την τάση να είναι ενιαία και με μοναδικό κέντρο βαρομετρικά συστήματα, στους αντικυκλώνες είναι δυνατή η εμφάνιση δευτερεύοντος κέντρου, οπότε συγκροτούνται μεγαλύτερες αντικυκλωνικές δομές. Επί παραδείγματι, δευτερεύοντα κέντρα έχουν εντοπιστεί στο Σιβηρικό αντικυκλώνα (Keegan 1958). Έχει διαπιστωθεί ότι οι μεταβολές της δραστηριότητας από κέντρο σε κέντρο συνδέονται με σημαντικές μεταβολές στην κυκλοφορία του ημισφαιρίου.

Οι άνεμοι σε έναν αντικυκλώνα πνέουν παράλληλα προς τις ισοβαρείς κατά την ανάδρομη φορά στο Βόρειο ημισφαίριο και κατά την ορθή φορά στο Νότιο (Σχήμα 2.1), ενώ η έντασή τους αυξάνεται από το κέντρο προς την περιφέρεια. Επιπλέον, λόγω της ύπαρξης της τριβής, κοντά στην επιφάνεια της Γης οι άνεμοι αποκλίνουν από το κέντρο του αντικυκλώνα. Κατά συνέπεια, δημιουργείται μία ασθενής στροβιλώδης κίνηση που επικρατεί καθ' ύψος στον αντικυκλώνα και η οποία οδηγεί αέριες μάζες από την ανώτερη ατμόσφαιρα στο έδαφος. Στην ουσία, ένας αντικυκλώνας είναι ένας μεγάλος στρόβιλος ομοιόμορφης θερμοϋγρομετρικά αέριας μάζας. Έτσι, μέσω αυτών των καθοδικών κινήσεων αντισταθμίζεται η απώλεια μάζας λόγω της οριζόντιας απόκλισης (Σχήμα 2.2). Στο κέντρο του αντικυκλώνα επικρατεί νηνεμία ή πολύ ασθενείς άνεμοι λόγω της σχετικά μικρής οριζόντιας βαροβαθμίδας. Η βαροβαθμίδα αυξάνεται προς την περιφέρεια με αποτέλεσμα την παρουσία πιο δυνατών ανέμων. Ειδικά, εάν ο αντικυκλώνας γειτνιάζει με ύφεση, στις παρυφές του πνέουν ισχυροί άνεμοι.

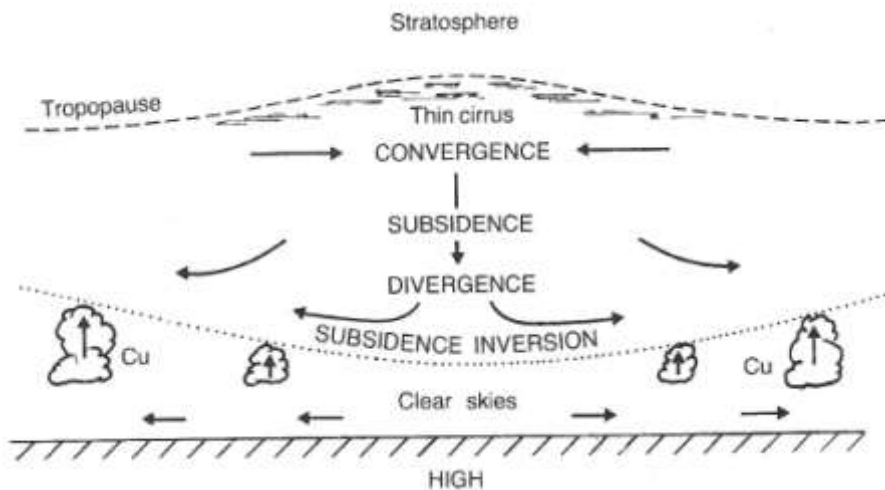
2.2 Αντικυκλογένεση

Η αντικυκλογένεση διέπεται από ένα σύνολο μηχανισμών. Συγκεκριμένα, κατά την αντικυκλογένεση, επικρατεί απόκλιση του αέρα κοντά στο έδαφος και σύγκλιση σε υψηλότερα επίπεδα, με τον όρο της σύγκλισης να κυριαρχεί ώστε να σημειώνεται αύξηση της πίεσης στην επιφάνεια. Επιπλέον, ο αέρας που καθιζάνει αποκλίνει στην επιφάνεια αποκτώντας αντικυκλωνικό στροβιλισμό.

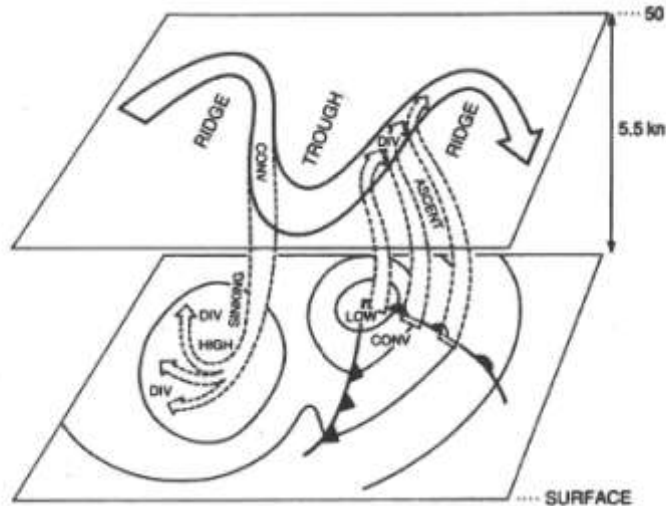
Καθοριστική για τη δημιουργία, αλλά και τη διατήρηση ενός αντικυκλώνα μέχρι τη διάλυσή του, είναι η μορφή της κυκλοφορίας στην ανώτερη ατμόσφαιρα (πχ. στα 500 hPa). Στο Σχήμα 2.3 δίνεται γραφικά η σχέση της αντικυκλογένεσης και της κυκλογένεσης στην επιφάνεια σε σχέση με την κυκλοφορία που επικρατεί στην ανώτερη ατμόσφαιρα. Είναι χαρακτηριστικό ότι ένας αντικυκλώνας γεννάται μπροστά και κάτω από τη γραμμή του ridge της ανώτερης ατμόσφαιρας. Σε αυτήν την περιοχή, η αντικυκλογένεση βοηθείται διότι η παρατηρούμενη εντός του αεροχειμάρρου σύγκλιση του αέρα συνεισφέρει στην περαιτέρω καθίζηση του ατμοσφαιρικού αέρα που βρίσκεται εκτός του αεροχειμάρρου.



Σχήμα 2.1: Αντικυκλωνική κυκλοφορία στο Βόρειο Ημισφαίριο (αριστερά) και στο Νότιο Ημισφαίριο (δεξιά) (Donn 1965).



Σχήμα 2.2: Σχηματική εγκάρσια τομή στο εσωτερικό ενός αντικυκλώνα. Η καθίζηση του αέρα φτάνει μέχρι την αναστροφή. Το ρηχό στρώμα αέρα κάτω από την αναστροφή ενδέχεται να είναι ασταθές λόγω της θέρμανσης της υποκείμενης επιφάνειας, αλλά συνήθως είναι πολύ ξηρό και ρηχό για να σχηματιστεί νέφος. Στην περιοχή του αντικυκλώνα ο ουρανός συνήθως είναι καθαρός, με εξαίρεση μερικούς λεπτούς θύσσανους (cirrus) στην υψηλή τροπόσφαιρα (Musk 1988).

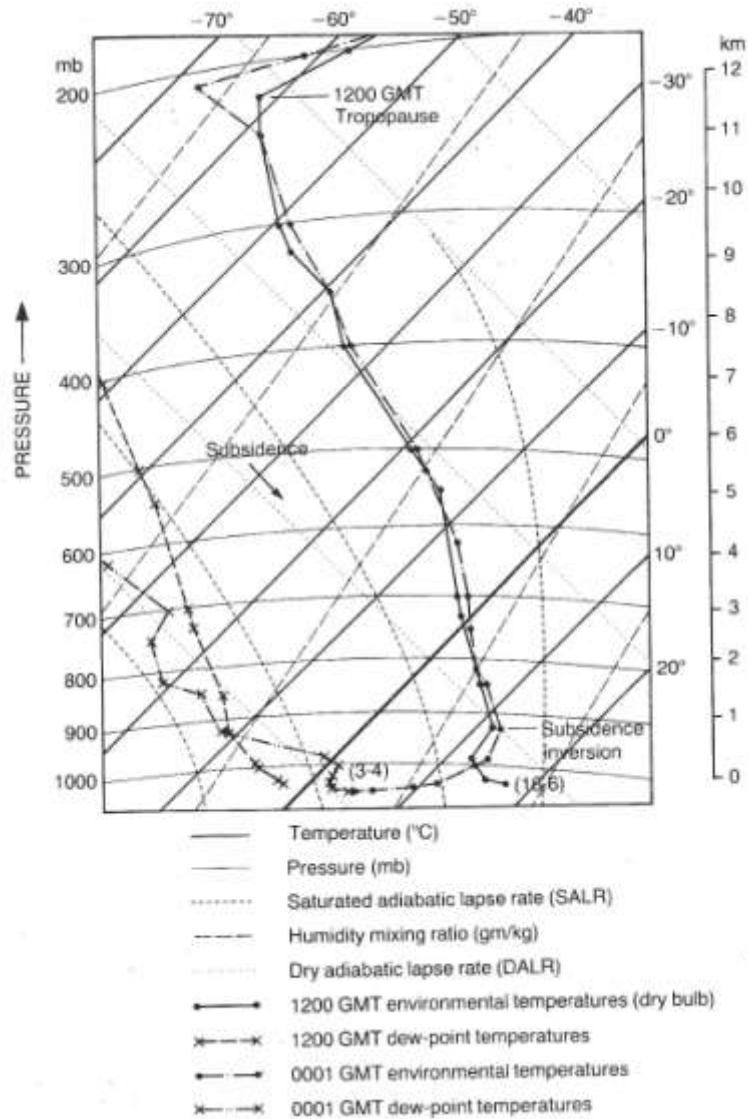


Σχήμα 2.3: Σχηματική απεικόνιση της αντικυκλογένεσης (αριστερά) και της κυκλογένεσης (δεξιά) στην επιφάνεια (κάτω) σε σχέση με την κυκλοφορία που επικρατεί στην ανώτερη ατμόσφαιρα (επάνω) (Μακρογιάννης και Σαχσαμάνογλου 2004).

Η επικρατούσα καθίζηση ατμοσφαιρικού αέρα στο κέντρο του αντικυκλώνα συνεπάγεται θέρμανση λόγω αδιαβατικής συμπίεσης, άρα νεφοδιάλυση, καθιστώντας τον καιρό αίθριο. Αυτό σημαίνει ότι οι αντικυκλώνες είναι βαρομετρικά συστήματα που συνδέονται με αίθριο καιρό. Ενδεικτικά, κατερχόμενος με ταχύτητα 1 km/day αέρας θερμαίνεται αδιαβατικά κατά 10 °C/km. Επιπρόσθετα, καθώς ο αέρας κατέρχεται και θερμαίνεται αδιαβατικά, συχνά γίνεται θερμότερος από τον υποκείμενό του. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός στρώματος θερμοκρασιακής αναστροφής καθ' ύψος και συνεπώς συνθήκες ευστάθειας στην ατμόσφαιρα. Κατά τη διάρκεια της ημέρας επικρατεί μεγάλη ηλιοφάνεια, ενώ κατά τη διάρκεια της νύχτας το παρεδάφιο ατμοσφαιρικό στρώμα ψύχεται έντονα. Κατ' αυτόν τον τρόπο, σχηματίζονται αναστροφές θερμοκρασίας επιφάνειας και – κυρίως κατά την ψυχρή περίοδο – ομίχλες ακτινοβολίας, εάν η ψύξη ξεπεράσει τα όρια του κόρου.

Αν και ο αντικυκλώνας είναι βαρομετρικό σύστημα καλοκαιρίας, υπάρχει περίπτωση, εάν έχει εξασθενήσει, να εισχωρήσουν σε αυτόν μέτωπα και να παρατηρηθεί κακοκαιρία. Επίσης, κατά τη θερμή περίοδο, λόγω της υπερθέρμανσης του παρεδάφιου ατμοσφαιρικού αέρα μπορεί να σημειωθεί μικρής διάρκειας, αλλά μεγάλης έντασης βροχόπτωση.

Στο Σχήμα 2.4 δίνεται υπό μορφήν τεφιγράμματος η τυπική κατακόρυφη κατανομή της υγρασίας και της θερμοκρασίας πάνω από το κέντρο ενός αντικυκλώνα. Είναι χαρακτηριστικό ότι και στις δύο ώρες παρατήρησης η θερμοκρασία του αέρα απέχει σημαντικά από το σημείο δρόσου, απόσταση που συνεπάγεται την σχεδόν πλήρη απουσία υδρατμών ή νεφών. Η περιοχή της θερμοκρασιακής αναστροφής πάνω από τα 1000 mb είναι περιοχή στην οποία εντοπίζεται ο περισσότερο ξηρός αέρας.



Σχήμα 2.4: Τυπική κατανομή θερμοκρασίας και υγρασίας καθ' ύψος στην περιοχή ενός αντικυκλώνα, υπό μορφήν τεφιγράμματος (Musk 1988).

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν σε μία περιοχή όπου εδράζεται ένας αντικυκλώνας είναι καλές και οι άνεμοι που πνέουν είναι ασθενείς. Επιπρόσθετα, με εξαίρεση κάποιους σωρείτες (cumulus) που μπορεί να αναπτυχθούν στο μέσον της ημέρας λόγω θέρμανσης του εδάφους, ο ουρανός είναι ξάστερος. Από την άλλη πλευρά, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, οι στάσιμες αντικυκλωνικές συνθήκες είναι ευνοϊκές για το σχηματισμό ομίχλης και παγετού. Επιπλέον, μπορεί να σημειωθούν επεισόδια ρύπανσης δεδομένου ότι η αναστροφή δρα ως καπάκι εμποδίζοντας τη διαφυγή των ρύπων ψηλότερα στην τροπόσφαιρα. Επίσης, εάν ο επιφανειακός αέρας είναι υγρός, κάτω από την αναστροφή μπορεί να αναπτυχθούν στρωματόμορφα νέφη (stratus) ή στρωματοσωρείτες (stratocumulus), γνωστά ως anticyclonic gloom, που όμως δεν διαλύονται εύκολα εξαιτίας αφενός της ασθενούς κυκλοφορίας και αφετέρου της ψύξης των κορυφών τους λόγω

ακτινοβολίας. Έτσι, αυτά τα νέφη διατηρούνται για μία ημέρα ή ίσως και λίγο παραπάνω.

Αν και, όπως ήδη αναφέρθηκε ανωτέρω, σε περιοχές πάνω από τις οποίες υπάρχει αντικυκλώνας επικρατεί καλοκαιρία, οι αντικυκλώνες συνδέονται και με σημαντικά ακραία φαινόμενα όπως ξηρασίες, κύματα καύσωνα, ψυχρές εισβολές και επελάσεις χιονιά, αλλά και επεισόδια ρύπανσης. Επί παραδείγματι, οι κεντρικές Η.Π.Α. και ο Κόλπος του Μεξικού συχνά προσβάλλονται από ψυχρό αέρα που εισβάλλει από τα βόρεια γεωγραφικά πλάτη κατά τη διάρκεια των ψυχρών μηνών. Σε αυτή την περίπτωση, ισχυροί βόρειοι ψυχροί θυελλώδεις άνεμοι πνέουν κατά μήκος του ανατολικού μισού ενός επιμήκους αντικυκλώνα. Επιπρόσθετα, οι αντικυκλώνες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο επηρεάζοντας το ισοζύγιο ακτινοβολίας και τον υδρολογικό κύκλο, άρα και το κλίμα της Γης.

2.3 Τύποι αντικυκλώνων

Οι αντικυκλώνες διαφέρουν ως προς τη δυναμική, την κλίμακα και τη δομή. Για την ακρίβεια, υπάρχουν πλανητικής, ενδιάμεσης, συνοπτικής και μέσης κλίμακας αντικυκλώνες.

Οι υποτροπικοί αντικυκλώνες είναι πλανητικής κλίμακας, ημιμόνιμοι αντικυκλώνες που δημιουργούνται στην περιοχή καθίζησης του κυττάρου Hadley (ζώνη σύγκλισης) Επίσης, δημιουργούνται και λόγω της προκαλούμενης ψύξης χαμηλά εξαιτίας του περιορισμού της μεταφοράς και την ενίσχυση της εκπομπής ακτινοβολίας στην συγκεκριμένη περιοχή στην κατώτερη τροπόσφαιρα. Θεωρείται ότι έχουν μικρή διακύμανση κατά την μεσημβρινή κατεύθυνση, με εξαίρεση την αύξηση που εμφανίζει η έντασή τους προς το ανατολικό τμήμα τους. Ειδικότερα, η ένταση ενός αντικυκλώνα στον ανατολικό τομέα υποτροπικών ωκεάνιων λεκανών κατά τον χειμώνα έχει αποδοθεί στην επίδραση των ορέων των δυτικών ακτών των Ηπείρων στη δυτική κυκλοφορία (Ioannidou and Yau 2008).

Οι αντικυκλώνες εμποδισμού είναι χαρακτηριστικοί αντικυκλώνες ενδιάμεσης κλίμακας και θεωρούνται θερμοί και βαροτροπικοί. Επίσης, χαρακτηρίζονται από χαμηλό δυνητικό στροβιλισμό και η ανάπτυξή τους εξαρτάται από τη μεταφορά στροβιλισμού και θερμότητας.

Οι αντικυκλώνες των μέσων γεωγραφικών πλατών έχουν χαρακτηριστικά συνοπτικής κλίμακας. Είναι κινητοί αντικυκλώνες και προκαλούνται από βαροκλιτική αστάθεια.

Σε ό,τι αφορά τους αντικυκλώνες μέσης κλίμακας, οι αντικυκλώνες ορογραφικού αιτίου εντοπίζονται σε περιοχές με έντονη και υψηλή τοπογραφία, ενώ οι ψυχροί ηπειρωτικοί πάνω από ψυχρές ηπειρωτικές περιοχές. Τόσο η ανολίσθηση αερίων μαζών λόγω τοπογραφικών εξάρσεων, όσο και η έντονη ψύξη των χαμηλών στρωμάτων αέρα πάνω από χιονοκαλυμμένες ηπειρωτικές περιοχές ή λόγω εκπομπής μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας, είναι διαδικασίες που έχουν ως αποτέλεσμα

τη δημιουργία αρνητικού στροβιλισμού και ευνοούν την αντικυκλογένεση (Ioannidou and Yau 2008).

Οι διαφορετικού τύπου αντικυκλώνες διαφέρουν και ως προς τη θερμοκρασία. Με κριτήριο, λοιπόν, την κατανομή της θερμοκρασίας καθ' ύψος πάνω από το κέντρο ενός αντικυκλώνα, οι αντικυκλώνες διακρίνονται σε ψυχρούς και θερμούς.

1) Ψυχροί Αντικυκλώνες:

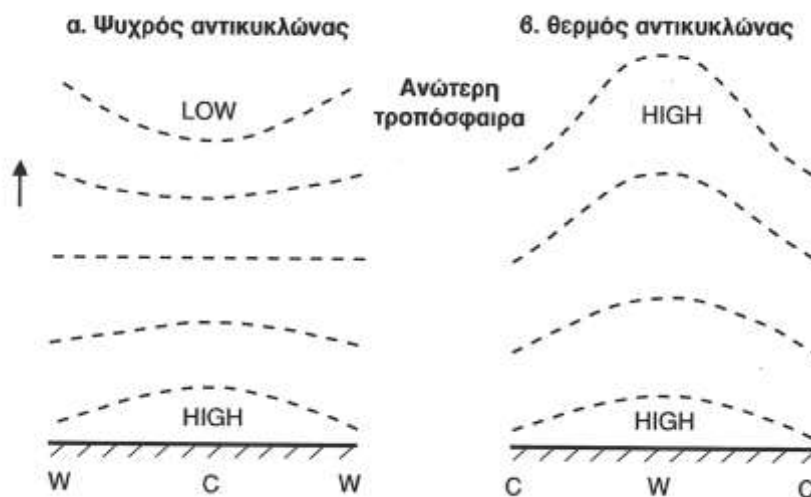
Ψυχροί χαρακτηρίζονται οι αντικυκλώνες στην κεντρική περιοχή των οποίων ο αέρας κοντά στο έδαφος και στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας είναι σχετικά ψυχρότερος σε σχέση με το περιβάλλον του.

Ψυχροί αντικυκλώνες αναπτύσσονται πάνω από το εσωτερικό των ηπείρων σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη κατά τη διάρκεια του χειμώνα καθώς επίσης και πάνω από τους Πόλους κατά τη διάρκεια σχεδόν όλου του έτους. Παραδείγματα ψυχρών αντικυκλώνων αποτελούν οι αντικυκλώνες που αναπτύσσονται στη Σιβηρία, τη Γροιλανδία και τον Β. Καναδά κατά τη χειμερινή περίοδο.

Η γένεση ψυχρών αντικυκλώνων οφείλεται σε θερμικά αίτια. Συγκεκριμένα, οι ψυχροί αντικυκλώνες δημιουργούνται εξαιτίας της έντονης ψύξης των παρεδάφινων στρωμάτων αέρα λόγω έντονης εκπομπής μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας. Αυτό σημαίνει ότι λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας του αέρα κοντά στο έδαφος, λόγω συστολής του όγκου αυξάνεται η πυκνότητα του αέρα με τελικό αποτέλεσμα την αύξηση της πίεσης στην επιφάνεια του εδάφους. Τα χαμηλά στρώματα της τροπόσφαιρας είναι κρύα, ενώ σε μεγαλύτερα ύψη επικρατούν κανονικές θερμοκρασίες. Η τροπόπαυση συναντάται πιο χαμηλά, συχνά εμφανίζονται αναστροφές και ο αέρας κοντά στο κέντρο είναι αρκετά ευσταθής. Πιο αναλυτικά, η γένεση ψυχρών αντικυκλώνων είναι αποτέλεσμα της σύγκλισης στα ανώτερα στρώματα εξαιτίας της «συστολής» της χαμηλής τροπόσφαιρας όταν ψύχεται ερχόμενη σε επαφή με το ψυχρότερο έδαφος. Με αυτόν τον τρόπο, ο ατμοσφαιρικός αέρας κατολισθαίνει και λαμβάνει χώρα αντικυκλογένεση στην επιφάνεια.

Η κατακόρυφη έκταση ενός αντικυκλώνα εξαρτάται από το βάθος της ατμόσφαιρας που επηρεάζεται από την ψύξη του εδάφους. Έτσι, στους ψυχρούς αντικυκλώνες, η θερμοκρασία αλλά και η πίεση ελαττώνονται γρήγορα με το ύψος. Συνεπώς, ένας ψυχρός αντικυκλώνας εξασθενεί με το ύψος και η κατακόρυφη έκτασή του είναι περιορισμένη (2-3 km, δηλαδή περίπου μέχρι τα 700 hPa). Επιπλέον, στο κέντρο ενός ψυχρού αντικυκλώνα οι ισοβαρείς καμπύλες είναι πιο πυκνές και η βαθμίδα μειώνεται με το ύψος. Πάνω από το επίπεδο σταθερής πίεσης η βαθμίδα αντιστρέφεται, με αποτέλεσμα το σχηματισμό κυκλωνικού κέντρου πάνω από τον ψυχρό αντικυκλώνα (Σχήμα 2.5α).

Οι επικρατούσες θερμοκρασίες στους ψυχρούς αντικυκλώνας είναι ιδιαίτερα χαμηλές (-20°C έως -50°C). Επιπλέον, οι ψυχροί αντικυκλώνας τείνουν να είναι πιο κινητικοί σε σχέση με τους θερμούς. Για παράδειγμα, ο Σιβηρικός αντικυκλώνας είναι πιο πιθανό να μετατοπιστεί και να δεχτεί περισσότερες εισβολές από χαμηλά βαρομετρικά συστήματα σε σχέση με τον αντικυκλώνα των Αζορών που είναι ένας θερμός αντικυκλώνας. Τέλος, η επιφανειακή πίεση στο κέντρο του Σιβηρικού αντικυκλώνα ανηγμένη στο επίπεδο της θάλασσας μπορεί να φτάσει ακόμα και τα 1060 mb.



Σχήμα 2.5: Κατακόρυφη βαθμίδα πίεσης σε ψυχρό αντικυκλώνα (αριστερά) και θερμό αντικυκλώνα (δεξιά) (Μακρογιάννης και Σαχσαμάνογλου 2004).

2) Θερμοί Αντικυκλώνες:

Θερμοί χαρακτηρίζονται οι αντικυκλώνες στην κεντρική περιοχή των οποίων ο αέρας σε όλα τα ισοβαρικά επίπεδα είναι θερμότερος σε σχέση με τον περιβάλλοντα.

Στην γένεση θερμών αντικυκλώνων οδηγούν πρωτίστως δυναμικοί παράγοντες και δευτερευόντως θερμικοί. Θερμοί αντικυκλώνες δημιουργούνται λόγω της σύγκλισης στην ανώτερη τροπόσφαιρα και της ακόλουθης καταβύθισης αέρα προς τα χαμηλά στρώματα. Κατά συνέπεια, παράγονται υψηλότερες θερμοκρασίες στη μέση και κατώτερη τροπόσφαιρα. Ωστόσο, στην υψηλότερη τροπόσφαιρα οι θερμοκρασίες μπορεί να είναι χαμηλότερες από το κανονικό λόγω της προς τα πάνω διόγκωσης της τροπόσφαιρας.

Η πίεση ελαττώνεται με μικρότερο ρυθμό σε μία στήλη θερμού αέρα σε σχέση με μία παρακείμενη στήλη ψυχρού αέρα. Αυτό σημαίνει ότι σε έναν θερμό αντικυκλώνα οι ισοβαρείς καμπύλες κάμπτονται προς τα πάνω καθ' ύψος, εν αντιθέσει με τους ψυχρούς. Συνεπώς, οι θερμοί αντικυκλώνες ενισχύονται με το ύψος και εκτείνονται σε μεγαλύτερο ύψος απ' ότι οι ψυχροί

(Σχήμα 2.5β). Επιπλέον, η τροπόπαυση στους θερμούς αντικυκλώνες φτάνει υψηλότερα.

Θερμοί αντικυκλώνες αναπτύσσονται κυρίως στις υποτροπικές περιοχές και στα μέσα γεωγραφικά πλάτη. Για παράδειγμα, σε αυτή την κατηγορία αντικυκλώνων ανήκουν οι αντικυκλώνες που εντοπίζονται στην περιοχή του παραλλήλου των 30°, όπως ο αντικυκλώνας των Αζορών, της Σαχάρας και του Βορείου Ειρηνικού ωκεανού στο Βόρειο Ημισφαίριο, και του Νοτίου Ατλαντικού, Νοτίου Ειρηνικού και Νοτίου Ινδικού ωκεανού στο Νότιο Ημισφαίριο. Η δημιουργία των αντικυκλώνων αυτών οφείλεται στη σύγκλιση και στη καθίζηση αέρα κάτω από το δυτικό υποτροπικό αεροχέιμαρρο στο όριο του κυττάρου Hadley προς τον Πόλο. Στα μέσα γεωγραφικά πλάτη, αντικυκλώνες σχηματίζονται κάτω από το μπροστινό τμήμα του ridge της ανώτερης δυτικής κυκλοφορίας και μπορεί να συνδέονται με συστήματα εμποδισμού.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ένας αντικυκλώνας μπορεί κατά ένα μέρος του να είναι θερμός και κατά ένα μέρος του ψυχρός. Ωστόσο, σε αυτή την περίπτωση, η οριζόντια θερμοβαθμίδα είναι πολύ μικρή ώστε η μάζα του αντικυκλώνα να εξακολουθεί να παραμένει στην ουσία ομοιογενής.

Εκτός από την κατηγοριοποίηση των αντικυκλώνων βάσει της θερμοκρασιακής δομής τους, οι αντικυκλώνες διαχωρίζονται και με κριτήριο την κίνησή τους, τη συχνότητα παραμονής τους σε μία περιοχή και τη γενική συμπεριφορά τους σε μόνιμους, εποχικούς και κινητούς. Επιπλέον, ιδιαίτερη κατηγορία αποτελούν οι αντικυκλώνες εμποδισμού.

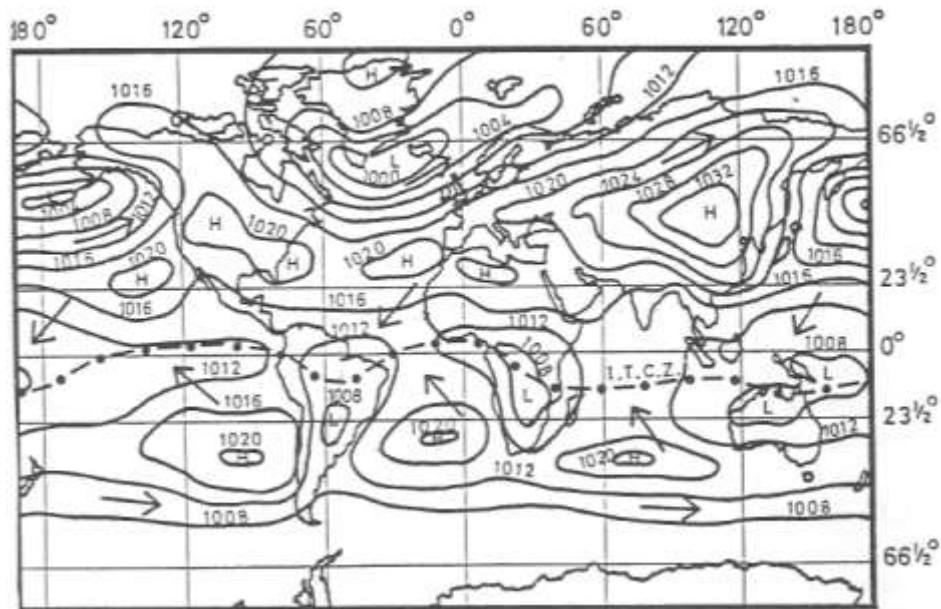
i. Μόνιμοι αντικυκλώνες

Μόνιμοι χαρακτηρίζονται οι αντικυκλώνες που καθ' όλη τη διάρκεια του έτους εμφανίζονται στους χάρτες καιρού πάνω από μία συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή.

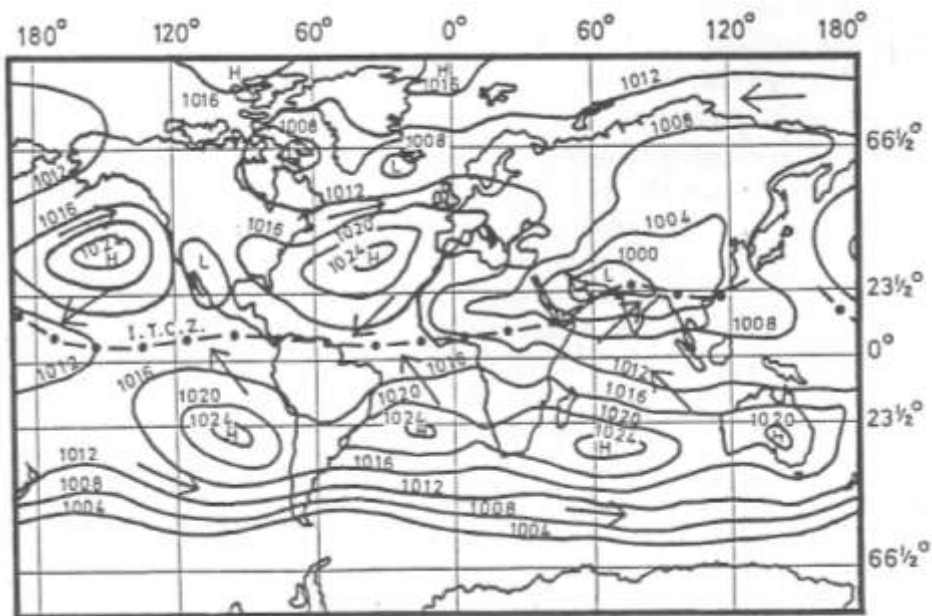
Η ύπαρξή τους οφείλεται τόσο σε δυναμικά αίτια, δηλαδή στη γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας, όσο και σε θερμικά αίτια. Οι μόνιμοι αντικυκλώνες σχηματίζονται πάνω από τους ωκεανούς των υποτροπικών περιοχών και μετακινούνται ελαφρά ανάλογα με την απόκλιση του Ηλίου προς Βορρά ή προς Νότο. Στην επιφάνεια της Γης υπάρχουν πέντε μόνιμοι αντικυκλώνες (Σχήμα 2.6 και Σχήμα 2.7).

Στο Βόρειο Ημισφαίριο εντοπίζεται ο αντικυκλώνας των Αζορών ή αλλιώς του Βορείου Ατλαντικού ωκεανού, που ονομάζεται έτσι επειδή το κέντρο του συνήθως βρίσκεται δυτικά της Πορτογαλίας, στην περιοχή των νήσων Αζορών. Ο συγκεκριμένος αντικυκλώνας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού είναι πιο ενισχυμένος. Επιπλέον, στο Βόρειο Ημισφαίριο εντοπίζεται και ο αντικυκλώνας του Βορείου Ειρηνικού ωκεανού, που επίσης τη θερινή περίοδο εμφανίζεται περισσότερο ενισχυμένος.

Σε ό,τι αφορά το Νότιο Ημισφαίριο, εντοπίζονται ο αντικυκλώνας του Νοτίου Ειρηνικού, ο αντικυκλώνας του Νοτίου Ατλαντικού και ο αντικυκλώνας του Νοτίου Ινδικού ωκεανού. Οι παραπάνω τρεις μόνιμοι αντικυκλώνες του Νοτίου Ημισφαιρίου ενισχύονται κατά το μήνα Ιούλιο που σημειωτέον για το Νότιο Ημισφαίριο είναι χειμερινός μήνας.



Σχήμα 2.6: Γεωγραφική κατανομή της ατμοσφαιρικής πίεσης κατά τον μήνα Ιανουάριο (Φλόκας 1997).



Σχήμα 2.7: Γεωγραφική κατανομή της ατμοσφαιρικής πίεσης κατά τον μήνα Ιούλιο (Φλόκας 1997).

Οι μόνιμοι αντικυκλώνες είναι θερμοί αντικυκλώνες και επηρεάζουν τις παρακείμενες ηπείρους με καλές καιρικές συνθήκες. Ωστόσο, το χειμώνα επειδή μετατοπίζονται προς τον Ισημερινό, η επίδραση που έχουν στον καιρό των εύκρατων περιοχών είναι πολύ μικρή.

Επιπρόσθετα, οι μόνιμοι αντικυκλώνες διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του γνωστού κλίματος του πλανήτη μας, καθώς αποτελούν τον βασικό μηχανισμό της μεταφοράς και κατανομής της θερμικής ενέργειας σε όλον τον πλανήτη. Επιπρόσθετα, αποτελούν την υποτροπική ζώνη υψηλών πιέσεων.

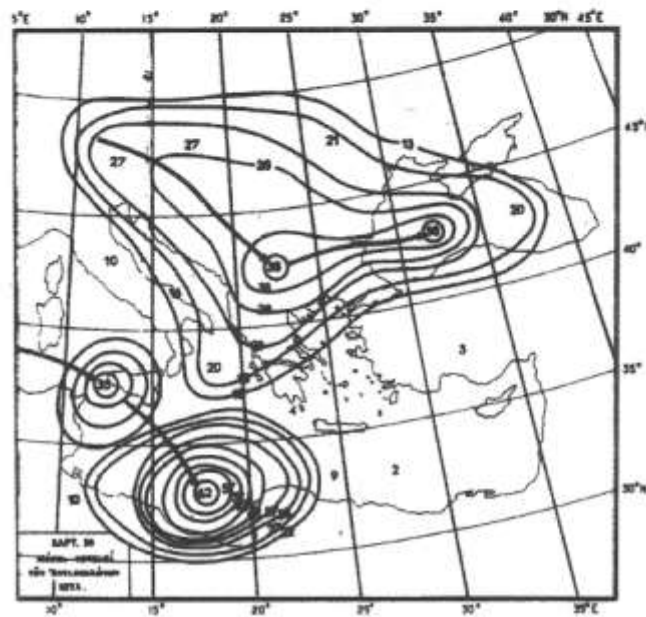
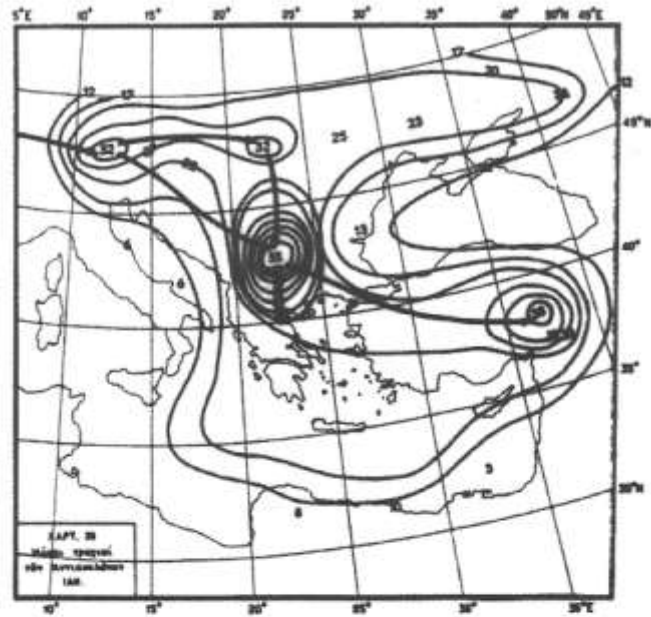
ii. Εποχικοί αντικυκλώνες

Εποχικοί χαρακτηρίζονται οι αντικυκλώνες που εμφανίζονται στους χάρτες καιρού πάνω από τις ηπείρους σε ορισμένες εποχές του έτους.

Η ύπαρξή τους οφείλεται σε θερμικά αίτια, αφού κατά τη χειμερινή περίοδο λόγω της ψύξης των παρεδάφιων στρωμάτων αέρα πάνω από εκτεταμένες ηπειρωτικές περιοχές σχηματίζονται κέντρα υψηλών πιέσεων. Ωστόσο, αυτοί οι αντικυκλώνες κατά τη θερινή περίοδο λόγω θέρμανσης διαλύονται και αντικαθίστανται από κέντρα χαμηλών πιέσεων. Συνήθως είναι ψυχροί αντικυκλώνες και επίσης διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας. Εποχικοί αντικυκλώνες είναι ο Σιβηρικός ή Ασιατικός αντικυκλώνας και ο αντικυκλώνας του Καναδά ή αλλιώς της Βορείου Αμερικής.

Ο Σιβηρικός αντικυκλώνας έχει το κέντρο του πάνω από τη Σιβηρία στην περιοχή της λίμνης Βαϊκάλης και εμφανίζεται μόνο κατά την ψυχρή περίοδο (Οκτώβριος-Απρίλιος), ενώ την υπόλοιπη χρονική περίοδο του έτους εξαφανίζεται και αντικαθίσταται λίγο νοτιότερα από το θερμό χαμηλό του Πακιστάν. Είναι ψυχρός αντικυκλώνας και – αν και το ύψος του δεν φτάνει ποτέ τη στάθμη των 500 hPa – είναι εξαιρετικά ισχυρός με την πίεση στο κέντρο του να κυμαίνεται μεταξύ 1050 mb και 1070 mb και τη θερμοκρασία στο κέντρο του πολύ χαμηλή. Εδράζεται στο σύνολο σχεδόν της ΒΑ και Κεντρικής Ασίας και συχνά επεκτείνεται με σφήνες υψηλών πιέσεων προς τον Εύξεινο Πόντο και τη Βαλκανική χερσόνησο ή μέσω της Κασπίας Θάλασσας προς τη Μέση Ανατολή.

Ο αντικυκλώνας του Καναδά είναι γνωστός και ως Αρκτικό Υψηλό και τροφοδοτεί με ψυχρές αέριες μάζες τη Βόρεια Αμερική και τον ΒΔ Ατλαντικό. Από τον Μάρτιο έως τον Αύγουστο επηρεάζει την περιοχή του Αρκτικού ωκεανού, ενώ από τον Οκτώβριο έως τον Φεβρουάριο επηρεάζει τον Καναδά είτε με το κέντρο του είτε με προέκτασή του μέσω της κοιλάδας του ποταμού Mackenzie. Είναι ένας ρηχός, ψυχρός αντικυκλώνας και η πίεση στο κέντρο του παίρνει τιμές χαμηλότερες απ' ό,τι του Σιβηρικού.



Σχήμα 2.8: Μέσες τροχιές των κινητών αντικυκλώνων στον ευρύτερο Ελλαδικό χώρο για τον Ιανουάριο (επάνω) και τον Ιούλιο (κάτω) (Μακρογιάννης και Σαχσαμάνογλου 2004).

iii. Κινητοί Αντικυκλώνες (Moving Anticyclones)

Οι κινητοί αντικυκλώνες είναι λιγότερο εκτεταμένοι από τους μόνιμους και τους εποχικούς. Σχηματίζονται εν γένει σε περιοχές μεγάλων γεωγραφικών πλατών και μετακινούνται σχετικά γρήγορα προς μικρότερα γεωγραφικά πλάτη μεταφέροντας σχετικά ψυχρότερες αέριες μάζες. Αυτό σημαίνει ότι συχνά ευθύνονται για ψυχρές εισβολές και χιονοπτώσεις σε εύκρατες και υποτροπικές περιοχές. Στο Σχήμα 2.8 απεικονίζονται οι μέσες τροχιές των

κινητών αντικυκλωνικών συστημάτων που επηρεάζουν την περιοχή της Ελλάδος για τους μήνες Ιανουάριο και Ιούλιο.

iv. Αντικυκλώνες Εμποδισμού (Blocking Anticyclones)

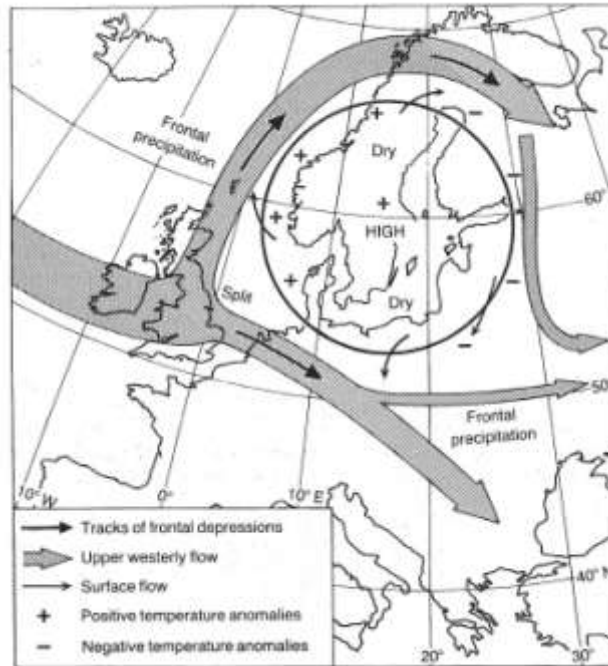
Έχει παρατηρηθεί ότι όταν στη μέση τροπόσφαιρα επικρατεί έντονη μεσημβρινή κυκλοφορία, τότε σχηματίζονται συνοπτικού μήκους κύματα με μεγάλο πλάτος. Αυτά τα κύματα μπορεί να έχουν μορφή μεσημβρινού εμποδισμού (Σχήμα 2.9α), μορφή εμποδισμού απορροής (Σχήμα 2.9β) ή μορφή ωμέγα εμποδισμού (Σχήμα 2.9γ). Υπό αυτές τις συνθήκες εμποδισμού στη μέση τροπόσφαιρα, αναπτύσσεται στην επιφάνεια ένα εκτεταμένος, ισχυρός, θερμός αντικυκλώνας. Αυτός ο αντικυκλώνας εμποδίζει τις υφέσεις να ακολουθήσουν την κανονική τους πορεία προς Ανατολάς, αναγκάζοντάς τις να παραμείνουν στάσιμες στα όρια του αντικυκλώνα εμποδισμού. Συχνά, αντικυκλώνας εμποδισμού δημιουργείται όταν ένα πλήρες αντικυκλωνικό σύστημα αποκοπεί από τον αντικυκλώνα των Αζορών και εγκατασταθεί σε μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη περίπου μεταξύ 50°N και 70°N για μερικές μέρες.

Από τη στιγμή που ο αντικυκλώνας εμποδισμού εγκαθίσταται, παραμένει για μία εβδομάδα ή και περισσότερο, με σύννητες αποτέλεσμα σημαντική απόκλιση από τη μέση θερμοκρασία, βροχόπτωση και νεφοκάλυψη της υποκείμενης περιοχής.



Σχήμα 2.9: Τυπικές μορφές εμποδισμού στην τροπόσφαιρα (Μακρογιάννης και Σαχσαμάνογλου 2004).

Οι αντικυκλώνες εμποδισμού είναι θερμοί αντικυκλώνες και συνεπώς η επίδρασή τους εκτείνεται μέχρι την ανώτερη τροπόσφαιρα, διαταράσσοντας την εκεί ροή. Έτσι, λοιπόν, η ανώτερη δυτική κυκλοφορία διακλαδώνεται με ένα σκέλος της να στρέφεται βόρεια και ένα άλλο να στρέφεται νότια γύρω από τον αντικυκλώνα εμποδισμού. Μία τέτοια τυπική περίπτωση φαίνεται στο Σχήμα 2.10. Παρατηρείται, λοιπόν, ότι ενώ η κυκλοφορία από την περιοχή του Ατλαντικού ωκεανού είναι σαφώς ζωνική, μόλις συναντήσει τον αντικυκλώνα εμποδισμού που έχει εγκατασταθεί πάνω από τη Σκανδιναβική χερσόνησο, μετατρέπεται σε μεσημβρινή και χωρίζεται σε δύο ρεύματα, ένα προς Βορρά και ένα προς Νότο. Με αυτόν τον τρόπο, καθοδηγούνται τα βαρομετρικά χαμηλά τα οποία και συνοδεύονται από χαρακτηριστική βροχόπτωση. Θετικές ανωμαλίες της θερμοκρασίας σημειώνονται στη ροή προς Νότο δυτικά του αντικυκλώνα, ενώ αρνητικές στα ανατολικά.

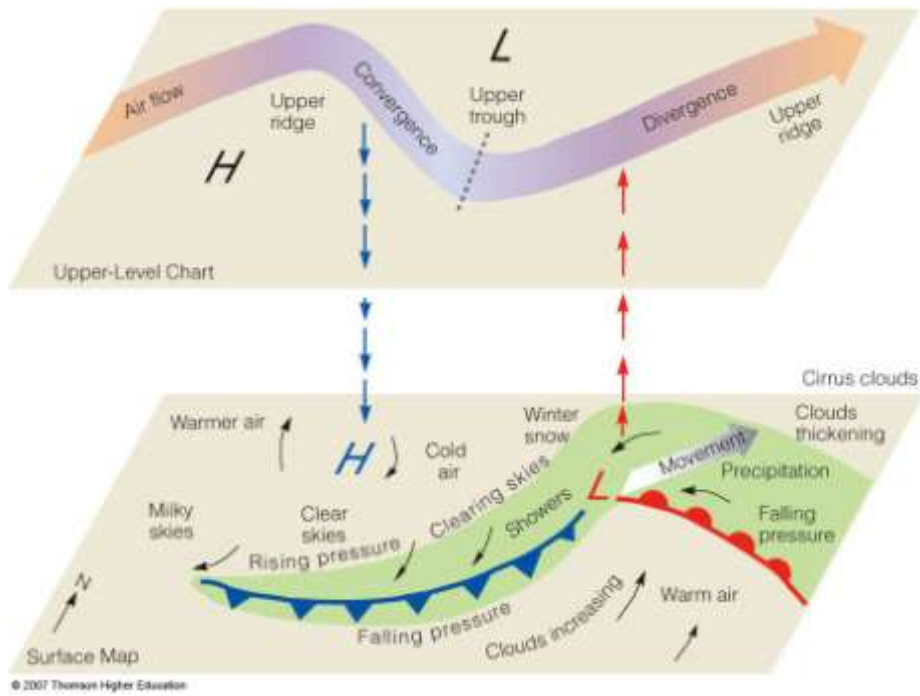


Σχήμα 2.10: Σχηματικό διάγραμμα ενός αντικυλώνα εμποδισμού πάνω από την Σκανδιναβία (Musk 1988).

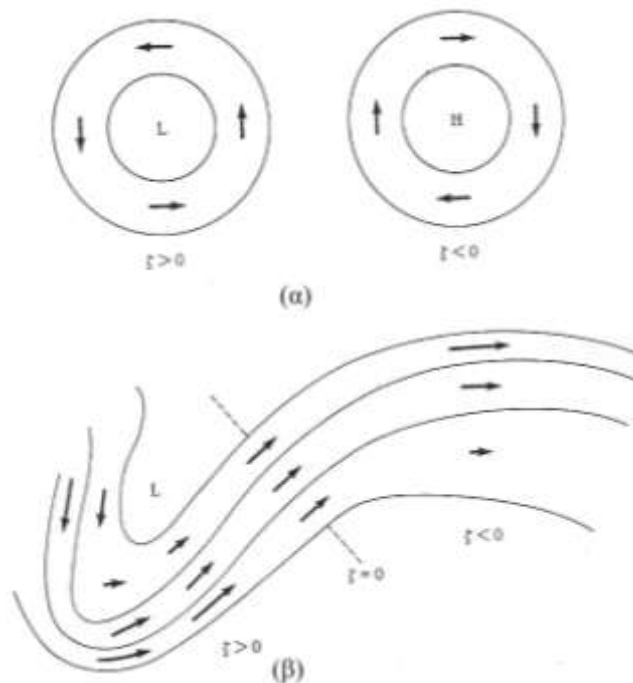
Παρότι, όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, οι αντικυκλώνες είναι βαρομετρικά συστήματα που συνδέονται με διάφορα φαινόμενα συμπεριλαμβανομένων ξηρασιών, ψυχρών εισβολών, κ.ά. η μελέτη τους είναι περιορισμένη πόσο μάλλον σε σχέση με τη μελέτη των υφέσεων. Κάποιες μελέτες που έχουν γίνει είναι ως επί το πλείστον θεωρητικές και κυρίως εστιασμένες στα συστήματα εμποδισμού ή είναι περιοχικές.

2.4 Κατακόρυφη δομή

Εκτός από τα επιφανειακά χαρακτηριστικά των βαρομετρικών συστημάτων – εν προκειμένω των αντικυκλώνων – πολύ σημαντική είναι η μελέτη της κατακόρυφης δομής τους. Η αντικυκλογένεση και η κυκλογένεση στην επιφάνεια είναι διαδικασίες που – όπως αναφέρθηκε παραπάνω – συναρτώνται ισχυρά με την ατμοσφαιρική κυκλοφορία που επικρατεί στην ανώτερη ατμόσφαιρα (Σχήμα 2.11). Η αντικυκλογένεση λαμβάνει χώρα μπροστά και κάτω από τον άξονα του ridge της ανώτερης ατμόσφαιρας (500 hPa), όπου η παρατηρούμενη εντός του αεροχειμάρρου σύγκλιση του αέρα (convergence) συνεισφέρει στην περαιτέρω καθίζηση του ατμοσφαιρικού αέρα που βρίσκεται εκτός του αεροχειμάρρου.



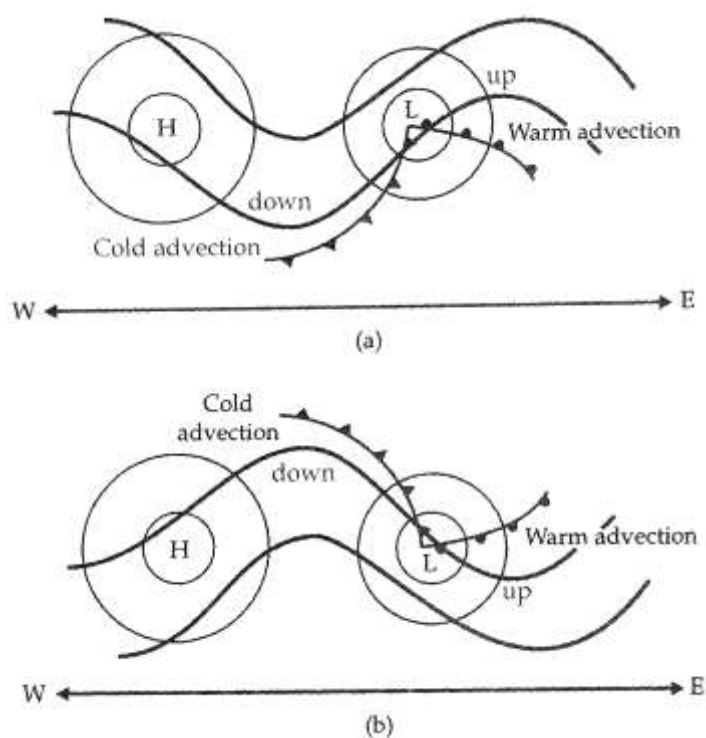
Σχήμα 2.11: Σχηματική απεικόνιση της αντικυκλογένεσης (αριστερά) και της κυκλογένεσης (δεξιά) στην επιφάνεια (κάτω) σε σχέση με την κυκλοφορία που επικρατεί στην ανώτερη ατμόσφαιρα (επάνω) (http://h2g2.com/approved_entry/A34944582).



Σχήμα 2.12: (α) Σχηματική αποτύπωση του πεδίου του ανέμου σε σύνδεση με τις επιφανειακές υφέσεις και αντικυκλώνες όπου φαίνεται και ο θετικός στροβιλισμός στις υφέσεις σε αντιδιαστολή με τον αρνητικό στροβιλισμό στους αντικυκλώνες. (β) Τα αντίστοιχα πεδία για τις trough και τα ridge της ανώτερης ατμόσφαιρας (Dutton 1976).

Οι αντικυκλώνες είναι βαρομετρικά συστήματα που σε όλη την έκτασή τους χαρακτηρίζονται από αρνητικό σχετικό στροβιλισμό ($\zeta < 0$) στο Βόρειο Ημισφαίριο (clockwise). Στο Σχήμα 2.12α φαίνονται μία επιφανειακή ύφεση και ένας επιφανειακός αντικυκλώνας, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από θετικό και αρνητικό σχετικό στροβιλισμό αντίστοιχα. Επιπλέον, στο Σχήμα 2.12β δίνεται η κυκλοφορία που επικρατεί στην ανώτερη ατμόσφαιρα όπως διαμορφώνεται από τις trough και τα ridge σε σχέση με τα βαρομετρικά συστήματα στην επιφάνεια. Αξίζει να σημειωθεί ότι ανατολικά του άξονα του ridge της ανώτερης ατμόσφαιρας, δηλαδή στην περιοχή όπου ευδοκμεί η αντικυκλογένεση, επικρατεί αρνητική μεταφορά στροβιλισμού.

Επιπρόσθετα, στο Σχήμα 2.13 δίνεται η κατακόρυφη κίνηση λόγω ψυχρής και θερμής μεταφοράς για το Βόρειο και το Νότιο Ημισφαίριο. Επιπλέον, στο ίδιο σχήμα απεικονίζονται τα βαρομετρικά συστήματα στην επιφάνεια και η κυκλοφορία στην ανώτερη ατμόσφαιρα (500 hPa).



Σχήμα 2.13: Κατακόρυφη κίνηση εξαιτίας ψυχρής και θερμής μεταφοράς. Οι λεπτές γραμμές απεικονίζουν τα επιφανειακά βαρομετρικά συστήματα, ενώ οι παχιές την κυκλοφορία στα 500 hPa για το: (a) Βόρειο Ημισφαίριο και (b) Νότιο Ημισφαίριο (Holton 2004).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η διαφοροποίηση της κατακόρυφης έκτασης των αντικυκλώνων ανάλογα με το θερμικό χαρακτήρα τους. Συγκεκριμένα, όπως έχει ήδη αναφερθεί παραπάνω, οι ψυχροί αντικυκλώνες είναι ρηχοί βαρομετρικοί σχηματισμοί με την κυκλοφορία τους να εκτείνεται μέχρι περίπου τα 2-3 km. Από την άλλη πλευρά, οι θερμοί αντικυκλώνες είναι βαθύτερα βραδέως κινούμενα βαρομετρικά

συστήματα που συνδέονται με συστήματα εμποδισμού των μεγαλύτερων γεωγραφικών πλατών. Οι ψυχροί αντικυκλώνες χαρακτηρίζονται από γρήγορη πτώση της θερμοκρασίας και της πίεσης με το ύψος, ενώ αντίστοιχη μεταβολή καθ' ύψος παρουσιάζει και το γεωδυναμικό. Αντίθετα, σε μία στήλη θερμού αέρα η πίεση ελαττώνεται με μικρότερο ρυθμό σε σχέση με μία παρακείμενη στήλη ψυχρού αέρα. Συνεπώς, σε έναν ψυχρό αντικυκλώνα οι ισοβαρείς καμπύλες κάμπτονται προς τα κάτω καθ' ύψος, εν αντιθέσει με τους θερμούς. Αυτό σημαίνει ότι στο κέντρο ενός ψυχρού αντικυκλώνα οι ισοβαρείς καμπύλες είναι πιο πυκνές και η βαθμίδα μειώνεται με το ύψος. Έτσι, πάνω από το επίπεδο σταθερής πίεσης η βαθμίδα αντιστρέφεται, με αποτέλεσμα τον σχηματισμό κυκλωνικού κέντρου (μικρότερο γεωδυναμικό) πάνω από τον ψυχρό αντικυκλώνα στην ανώτερη ατμόσφαιρα (trough). Συνεπώς, οι ψυχροί αντικυκλώνες διαφοροποιούνται σε σχέση με τους θερμούς ως προς την κατακόρυφη δομή, με τους μεν ψυχρούς να εξασθενούν καθ' ύψος και τους δε θερμούς να ενισχύονται.

2.5 Κλιματολογική έρευνα

Σε ό,τι αφορά τους αντικυκλώνες στο Βόρειο Ημισφαίριο τον χειμώνα σε επίπεδο κλιματολογίας, έχουν εντοπιστεί κέντρα έντονης αντικυκλωνικής δραστηριότητας πάνω από την Ευρώπη, την Ασία και τη Βόρειο Αμερική (Ioannidou and Yau 2008). Οι αντίστοιχοι αντικυκλώνες είναι ρηχά συστήματα που συνδέονται κυρίως με λίμνες ψυχρού αέρα στα χαμηλά επίπεδα και με διεύθυνση κίνησης προς ανατολάς ή νοτιοανατολικά. Επιπλέον, η απόσταση κατά την οποία μετακινείται ένας αντικυκλώνας ποικίλει, με κάποιους αντικυκλώνες να αναπτύσσονται τοπικά και να απλώνονται 10-20° κατάντη, και άλλους να φτάνουν μέχρι τις ανατολικές ηπειρωτικές ακτές προκαλώντας σοβαρά καιρικά φαινόμενα όπως συμβαίνει στη νοτιοανατολική Κίνα και τις Η.Π.Α.

Η σύνδεση των αντικυκλώνων με επιφανειακές λίμνες ψυχρού αέρα πάνω από ηπείρους είναι εμφανής στους αντικυκλώνες της Ευρασίας. Αντιθέτως, στη Βόρειο Αμερική οι αντικυκλώνες υπόκεινται στη συνδυασμένη επίδραση λιμνών ψυχρού αέρα χαμηλά και του εξαναγκασμού σε υψηλότερα επίπεδα εξαιτίας αντικυκλώνων που αναπτύσσονται στις γειτονικές ωκεάνιες περιοχές του βορειοανατολικού Ειρηνικού ωκεανού και του δυτικού υποτροπικού Ατλαντικού ωκεανού.

Στην υποτροπική ζώνη, κέντρα ανάπτυξης αντικυκλώνων παρατηρούνται στα ανατολικά και δυτικά τμήματα των ωκεανών και στη Βόρειο Αφρική. Οι αντικυκλώνες των ανατολικών τμημάτων των υποτροπικών ωκεανών είναι ρηχοί εν αντιθέσει με αυτούς των δυτικών τμημάτων. Σημαντικό είναι επίσης το ότι υπάρχει σύνδεση των αντικυκλώνων των ανατολικών λεκανών και των γειτονικών ηπειρωτικών περιοχών της Βορείου Αφρικής και Βορείου Αμερικής. Έχει διαπιστωθεί ότι στις δυτικές ηπειρωτικές περιοχές το ηπειρωτικό ανάγλυφο και η ορογραφία έχουν μεγάλη επίδραση στον σχηματισμό χειμερινών υποτροπικών αντικυκλώνων. Ειδικότερα, η αντικυκλωνική ανάπτυξη στη δυτική Βόρειο Αμερική και στον ανατολικό υποτροπικό Ειρηνικό ωκεανό σχετίζεται με την γειτνίαση με τα

Βραχώδη Όρη. Από την άλλη πλευρά, οι υποτροπικοί αντικυκλώνες της Βορείου Αφρικής προκύπτουν κυρίως λόγω ψυχρών ανωμαλιών σε χαμηλά επίπεδα.

Στην ανώτερη τροπόσφαιρα, εντοπίζεται αντικυκλωνική δραστηριότητα στους δυτικούς τομείς των υποτροπικών ωκεάνιων λεκανών. Η αντικυκλωνική αυτή δραστηριότητα είναι πιο έντονη στο δυτικό υποτροπικό Ειρηνικό και τη νοτιοανατολική Ασία, δηλαδή σε περιοχές που επηρεάζονται από τη χειμερινή φάση των μουσσώνων, απ' ό,τι στο δυτικό υποτροπικό Ατλαντικό ωκεανό.

Στο βορειοανατολικό Ατλαντικό ωκεανό και στον Ειρηνικό ωκεανό εμφανίζονται ανωμαλίες θερμού αέρα στα ανώτερα επίπεδα προερχόμενες από την ανατολική Βόρειο Αμερική, οι οποίες συγκλίνουν με θερμές ανωμαλίες μέσω και χαμηλών επιπέδων που προέρχονται από τις τροχιές καταιγίδων του Ατλαντικού και του Ειρηνικού ωκεανού. Η σύγκλιση αυτή δημιουργεί πρόσφορες συνθήκες για την διατήρηση ενός βαθέως θερμού πυρήνα που είναι χαρακτηριστικό των αντικυκλώνων εμποδισμού. Αυτό εν μέρει εξηγεί τη γεωγραφική «προτίμηση» του εμποδισμού στις περιοχές του βορειοανατολικού Ατλαντικού και Ειρηνικού.

Τέλος, στην εργασία των Ioannidou and Yau (2008) αναγνωρίστηκε έντονο αντικυκλωνικό σήμα στην κατώτερη στρατόσφαιρα πάνω από το βορειοανατολικό Ατλαντικό και τον Ειρηνικό ωκεανό. Οι στρατοσφαιρικές ανωμαλίες εδράζονται πάνω από αντίστοιχες τροποσφαιρικές ανωμαλίες. Τα χαρακτηριστικά τους αποτελούν ένδειξη στάσιμων κυμάτων σε συμφωνία με τη θεωρητική προσέγγιση σύμφωνα με την οποία ο εμποδισμός διεγείρει πλανητικά κύματα που οδεύουν προς τα πάνω. Επίσης, εντοπίστηκε μία διαφορά στις κλίμακες χρόνου ανάμεσα στις ανωμαλίες της κατώτερης στρατόσφαιρας Ειρηνικού και Ατλαντικού ωκεανού. Αυτό δείχνει ότι στον Ειρηνικό υπερισχύει η στρατοσφαιρική επίδραση στον εμποδισμό της κατώτερης στρατόσφαιρας, ενώ στον Ατλαντικό υπερισχύει η τροποσφαιρική.

2.6 Αντικυκλώνες στη Μεσόγειο

Η Μεσόγειος είναι περιοχή υψηλού ενδιαφέροντος σχετικά με τη συμπεριφορά των συνοπτικών συστημάτων, γιατί αφενός έχει σύνθετη τοπογραφία, αφετέρου βρίσκεται μεταξύ των υποτροπικών και των μέσων γεωγραφικών πλατών (HMSO 1962). Επιπλέον, η λεκάνη της Μεσογείου επηρεάζεται από την κλιματική αλλαγή (Solomon et al. 2007, Navarra and Tubiana 2013).

Τόσο το χειμώνα όσο και την άνοιξη, η Μεσόγειος επηρεάζεται από την έντονη υφειακή δραστηριότητα (Maheras et al. 2001, Flocas et al. 2010). Ωστόσο, επηρεάζεται και από αντικυκλώνες. Συγκεκριμένα, δυτικά επηρεάζεται από τον αντικυκλώνα των Αζορών κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και βορειοανατολικά από τον ψυχρό Σιβηρικό αντικυκλώνα κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Η εποχική μεταβολή του αντικυκλώνα των Αζορών είναι πολύ σημαντική γιατί επηρεάζει την δυτική Μεσόγειο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ενώ η επέκταση του Σιβηρικού αντικυκλώνα είναι κυρίαρχη στα Βαλκάνια και το Αιγαίο πέλαγος κατά τον χειμώνα (Katsoulis et al. 1998). Επιπρόσθετα, η περιοχή της Μεσογείου επηρεάζεται από

κινητούς αντικυκλώνες οι οποίοι δημιουργούνται πάνω από τη Σκανδιναβία, τον Ατλαντικό ωκεανό και τη Βόρειο Αφρική (HMSO 1962, Makrogiannis and Giles 1980), αλλά και από τοπική αντικυκλογένεση (Godev 1971). Αυτοί οι κινητοί αντικυκλώνες συνεισφέρουν στις ημερήσιες διακυμάνσεις του καιρού, ειδικά εάν γίνουν σχεδόν στάσιμοι και δημιουργήσουν συστήματα εμποδισμού σε ακόμα βορειότερα γεωγραφικά πλάτη.

Αρκετές μελέτες έχουν επιχειρήσει να περιγράψουν τα χαρακτηριστικά των τροχιών των υφέσεων στην περιοχή της Μεσογείου (Trigo et al. 1999, Bartholy et al. 2009, Flocas et al. 2010). Ωστόσο, δεν συμβαίνει το ίδιο με τη μελέτη των συνοπτικής και μέσης κλίμακας κινούμενων αντικυκλώνων στην ίδια περιοχή, παρά το ότι αποτελούν εξίσου σημαντική συνιστώσα του κλιματικού συστήματος της περιοχής.

Μέχρι στιγμής, έχουν μελετηθεί οι αντικυκλώνες εμποδισμού που επηρεάζουν την Μεσόγειο (Quadrelli et al. 2001, Trigo et al. 2004). Επιπλέον, έχουν μελετηθεί οι τροχιές των μετακινούμενων αντικυκλωνικών συστημάτων στη Μεσόγειο σε μηνιαία βάση, από ημερήσιους συνοπτικούς χάρτες καιρού (Makrogiannis and Giles 1980, Katsoulis et al. 1998). Βρέθηκε, λοιπόν, ότι ένας μεγάλος αριθμός των αντικυκλώνων της Μεσογείου εγκαθίστανται ή κινούνται πάνω από την Ιβηρική και Βαλκανική χερσόνησο κατά τη διάρκεια του χειμώνα (Katsoulis et al. 1998). Για την ακρίβεια, το 61,19% των κινούμενων αντικυκλώνων, προτιμούν να κινούνται μεταξύ 40°N και 50°N (Makrogiannis and Giles 1980). Επίσης, η Μαύρη Θάλασσα, η βορειοδυτική Μεσόγειος και ο Κόλπος της Σύρτης, δηλαδή κλειστές θάλασσες οι οποίες αποτελούν συνήθεις περιοχές αντικυκλογένεσης, έχουν τη μεγαλύτερη συχνότητα αντικυκλωνικών κέντρων, ειδικά κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (Makrogiannis and Giles 1980, Katsoulis et al. 1998).

Πιο πρόσφατα, πραγματοποιήθηκε η κλιματολογική μελέτη των κινούμενων αντικυκλώνων που επηρεάζουν τη Μεσόγειο με στόχο τον εντοπισμό των τροχιών των αντικυκλωνικών συστημάτων στην περιοχή και τη χωρική και χρονική κατανομή της συχνότητας και των ιδιοτήτων των αντικυκλώνων σε ό,τι αφορά την πυκνότητα, τη γένεση, τη διάλυση, το βάθος και την κλίμακά τους (Hatzaki et al. 2014) με τη βοήθεια μίας αντικειμενικής μεθοδολογίας. Η εν λόγω μελέτη εξήγαγε αποτελέσματα, τα οποία σε γενικές γραμμές συμφωνούν με προηγούμενες κλιματολογικές μελέτες (Godev 1971, Makrogiannis and Giles 1980, Katsoulis et al. 1998). Ωστόσο, η έρευνα αυτή έδωσε μία πιο λεπτομερή και επικαιροποιημένη εικόνα για την κλιματολογία των αντικυκλώνων στη Μεσόγειο.

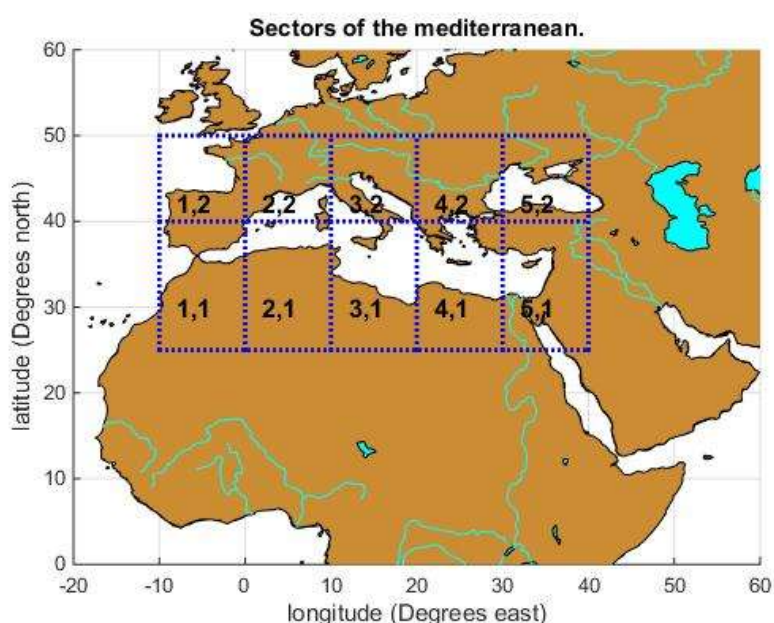
Από την ανάλυση των συχνότητων των αντικυκλωνικών τροχιών διαπιστώθηκε ότι η πλειοψηφία των αντικυκλώνων που κάποια στιγμή της ζωής τους εδράζονται στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου – περίπου το 75% – γεννιούνται εκεί. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα στη δυτική Μεσόγειο, ενώ η ανατολική Μεσόγειος δρα κυρίως ως καταβόθρα αντικυκλώνων. Επίσης, βρέθηκε ότι από το συνολικό πλήθος των αντικυκλώνων, περίπου το 46% διαγράφει ολόκληρη την τροχιά του εντός της περιοχής μελέτης. Μεγαλύτερη συχνότητα αντικυκλώνων προέκυψε πάνω από

ηπειρωτικές περιοχές, ενώ στις θαλάσσιες περιοχές οι μέγιστες συχνότητες βρέθηκαν πάνω από κλειστές λεκάνες. Επιπρόσθετα, από τη μέση μετατόπιση των αντικυκλώνων εντός εξαώρου επιβεβαιώθηκε ότι το μελετώμενο πλήθος αντικυκλώνων αποτελείται από κινητούς αντικυκλώνες που επηρεάζουν τη Μεσόγειο. Επιπλέον, διαπιστώθηκε εξάρτηση του μεγέθους και του βάθους των αντικυκλώνων από τη διάρκεια ζωής τους. Συγκεκριμένα, μεγαλύτερης διάρκειας συστήματα έχουν μεγαλύτερη ακτίνα αλλά και μεγαλύτερο βάθος.

Στην ίδια εργασία βρέθηκαν δύο κύριες αντικυκλωνικές διαδρομές παράλληλες είτε στο βόρειο όριο της λεκάνης της Μεσογείου (από την Ιβηρική προς τη Βαλκανική χερσόνησο), είτε στο νότιο όριό της (ακτές Βορείου Αφρικής). Η συχνότητα αυξάνει πάνω από τη βόρεια διαδρομή τον χειμώνα και την άνοιξη, και πάνω από τη νότια διαδρομή το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, οι τροχιές μετατοπίζονται προς τα βόρεια και επιπλέον ακολουθούν θαλάσσιες διαδρομές. Οι αντικυκλώνες εμφανίζουν μεγαλύτερες ταχύτητες μετατόπισης τον χειμώνα απ' ό,τι το καλοκαίρι και μπορεί να συναχθεί ότι η κίνηση των συστημάτων καθορίζεται από τον θερμικό τους χαρακτήρα. Επιπρόσθετα, βρέθηκε ότι υπάρχουν εποχικές διακυμάνσεις στα μέγιστα της αντικυκλογένεσης, τα οποία συνδέονται με εποχικές μεταβολές της μεγάλης κλίμακας ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας που επηρεάζει την Μεσόγειο.

3 Δεδομένα - Μεθοδολογία

Η παρούσα εργασία αποτελεί κλιματολογική μελέτη των συνοπτικής και μέσης κλίμακας κινούμενων αντικυκλώνων που δημιουργούνται στη Μεσόγειο με στόχο τη διεύρυνση της μέχρι τώρα γνώσης που υπάρχει σχετικά με την κατακόρυφη δομή των αντικυκλωνικών συστημάτων. Η συγκεκριμένη μελέτη εστίασε στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου, όπως αυτή οριοθετήθηκε από 10°W έως 40°E και από 25°N έως 50°N. Η περιοχή αυτή διαχωρίστηκε σε 10 τομείς, ανά 10°γεωγραφικό μήκος και ανά 10 ή 15°γεωγραφικό πλάτος, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 3.1. Η διαμέριση αυτή έγινε ώστε να εντοπιστούν οι διαφορετικές διεργασίες που διέπουν την αντικυκλογένεση στη μελετώμενη περιοχή.



Σχήμα 3.1: Γεωγραφικός χάρτης της μελετώμενης περιοχής. Η περιοχή της Μεσογείου έχει σημειωθεί και έχει χωριστεί σε τομείς με διακεκομμένες γραμμές. Ο κάθε τομέας για λόγους ευκολίας έχει αριθμηθεί καταλλήλως.

Η μελέτη που πραγματοποιήθηκε αποτελείται από δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος εντοπίστηκαν οι αντικυκλώνες που σχηματίστηκαν στη Μεσόγειο την περίοδο 1979-2012 και εν συνεχεία χαρακτηρίστηκαν ως ψυχροί ή θερμοί. Στο δεύτερο μέρος υπολογίστηκαν τα μέσα και ανώμαλα πεδία του γεωδυναμικού ύψους, της θερμοκρασίας και του σχετικού στροβιλισμού με στόχο να γίνει κατανοητή η κατακόρυφη δομή της αντικυκλογένεσης στη Μεσόγειο.

3.1 Εντοπισμός αντικυκλώνων στη Μεσόγειο

Για τον εντοπισμό των αντικυκλώνων που σχηματίστηκαν στη Μεσόγειο, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από προηγούμενη μελέτη πάνω στο θέμα και η οποία αφορούσε τις τροχιές των αντικυκλώνων που εντοπίζονται στην περιοχή της Μεσογείου (Hatzaki et al. 2014). Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα του αλγορίθμου αυτόματου εντοπισμού και παρακολούθησης της τροχιάς βαρομετρικών συστημάτων του Πανεπιστημίου της Μελβούρνης (Melbourne University automatic tracking algorithm – MS algorithm) (Murray and Simmonds 1991), όπως αυτά προέκυψαν με τη χρήση των reanalysis δεδομένων πίεσης στη μέση στάθμη της θάλασσας (MSLP) ERA-Interim του ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) για την χρονική περίοδο 1979-2012.

3.1.1 Περιγραφή αλγόριθμου MS

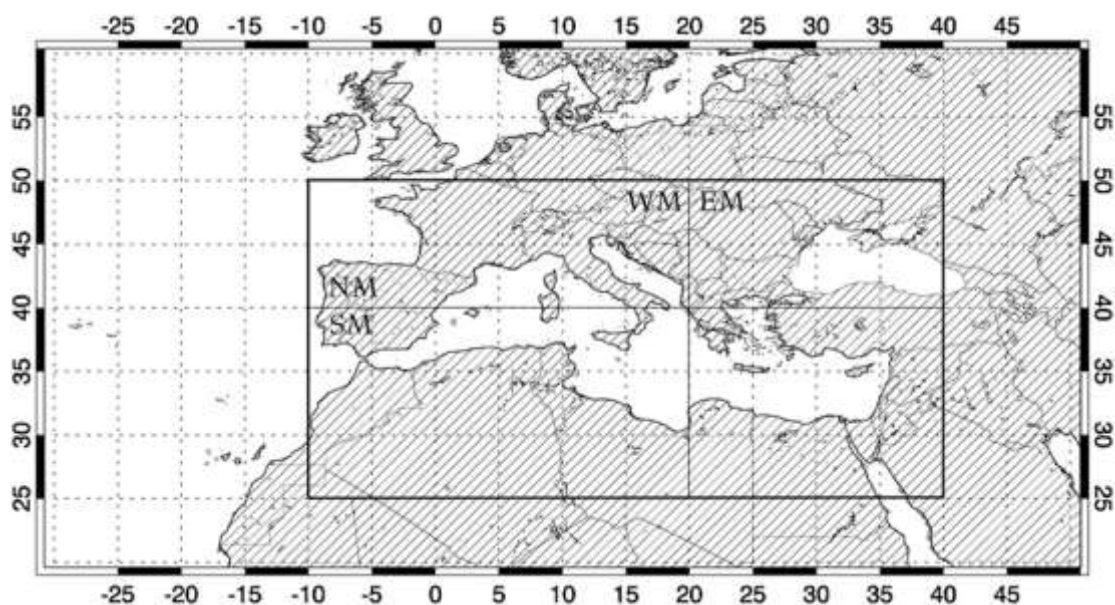
Ο αλγόριθμος MS (MS algorithm) έχει αναπτυχθεί σύμφωνα με την Λαγκρανζιανή προσέγγιση, ώστε να αναγνωρίζει και να παρακολουθεί την τροχιά των κέντρων χαμηλών και υψηλών πιέσεων. Ένα από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα του αλγορίθμου αυτού είναι η συνεχής χωρική απεικόνιση του πεδίου μέσης πίεσης στην επιφάνεια της θάλασσας ως αναλυτική συνάρτηση που βασίζεται στην απεικόνιση του πεδίου της πίεσης σε πολική στερεογραφική προβολή. Επιτυγχάνει, λοιπόν, την αναγνώριση τόσο κλειστών όσο και ανοιχτών βαρομετρικών συστημάτων (Simmonds et al. 1999, Pinto et al. 2005, Lim and Simmonds 2007, Simmonds and Keay 2009).

Ο αλγόριθμος αυτός έχει εφαρμοστεί ευρέως για το Βόρειο και για το Νότιο Ημισφαίριο και έχει αποδειχθεί η αξιοπιστία και η αποτελεσματικότητά του. Αποτυπώνει τις καιρικές συνθήκες και τη συνοπτική κλιματολογία της μεταβατικής δραστηριότητας και παράλληλα παρέχει αντικειμενική κλιματολογία. Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι είναι ισχυρό εργαλείο για τη μελέτη διαφόρων περιπτώσεων κυκλογένεσης (Leonard et al 1999, Pinto et al. 2005, Mesquita et al. 2009). Ειδικότερα στην περιοχή της Μεσογείου, ο αλγόριθμος έχει αποδειχθεί ικανός να προσδιορίσει υφέσεις σε ένα εύρος περιοχών και με διαφορετικά χαρακτηριστικά (Pinto et al. 2005, Flocas et al. 2010, Kouroutzoglou et al. 2011). Ωστόσο, έχει αποδειχθεί επίσης ότι η χρήση διαφορετικών ρυθμίσεων των παραμέτρων του αλγορίθμου έχει ως αποτέλεσμα τον διαφορετικό προσδιορισμό των τροχιών των συστημάτων. Ως εκ τούτου, απαιτείται προσοχή στη ρύθμιση των παραμέτρων, καθώς είναι σημαντική η επίδρασή τους στην προκύπτουσα κλιματολογία των συνοπτικών συστημάτων.

3.1.2 Εφαρμογή αλγορίθμου MS στη Μεσόγειο

Στην εργασία των Hatzaki et al. (2014), ο αλγόριθμος MS εφαρμόστηκε για να εντοπιστούν αντικυκλώνες για πρώτη φορά στο Βόρειο Ημισφαίριο και ειδικότερα στην περιοχή της Μεσογείου. Η συγκεκριμένη μελέτη, αν και εστίαζε στη Μεσόγειο, έλαβε υπόψη την ευρύτερη γεωγραφική περιοχή γύρω από τη λεκάνη της Μεσογείου περιλαμβάνοντας την Ευρώπη, τη Βόρειο Αφρική, τον ανατολικό Ατλαντικό ωκεανό

καθώς και τη Μέση Ανατολή (Σχήμα 3.2). Ο μη αυστηρός περιορισμός στην περιοχή της Μεσογείου έγινε ώστε να ληφθούν επίσης υπόψιν οι μεγάλης κλίμακας αντικυκλώνες και οι κύριες τροχιές των αντικυκλωνικών συστημάτων που συμβάλλουν στη διαμόρφωση των συνοπτικών συνθηκών που χαρακτηρίζουν τη Μεσόγειο. Η μελετώμενη περιοχή οριοθετήθηκε από 10°W έως 40°E και από 25°N έως 50°N (Σχήμα 3.2). Επιπλέον, στην εργασία των Hatzaki et al. (2014), η μελετώμενη περιοχή χωρίστηκε σε βόρεια (NM) και νότια (SM), καθώς και σε δυτική (WM) και ανατολική (EM), όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.2. Ωστόσο, οι αντικυκλωνικές τροχιές εντοπίστηκαν και καταγράφηκαν για ολόκληρο το Βόρειο Ημισφαίριο για λόγους συνέχειας στα όρια της μελετώμενης περιοχής.



Σχήμα 3.2: Ευρύτερος χάρτης της Μεσογείου όπου απεικονίζεται η υπό μελέτη περιοχή καθώς και ο διαχωρισμός της σε τέσσερις τομείς (Hatzaki et al. 2014).

Οι αντικυκλώνες που δημιουργούνται εντός της Μεσογείου και οι επεκτάσεις των κύριων αντικυκλώνων που βρίσκονται εκτός της περιοχής συχνά είναι ασθενή, μικρής κλίμακας συστήματα. Αυτό σημαίνει ότι ο εντοπισμός τους ή μη εξαρτάται άμεσα από τα φίλτρα που εφαρμόζουν κάποιες κρίσιμες παράμετροι του αλγορίθμου. Για παράδειγμα, σε περιοχές όπως η Βόρειος Αφρική και το μεγαλύτερο τμήμα της κεντρικής Μεσογείου, που συχνά φιλοξενούν αντικυκλωνικά συστήματα, η εφαρμογή αυστηρού φίλτρου σε μία προσπάθεια να ελαχιστοποιηθεί η ύπαρξη πιθανώς ασήμαντων κέντρων, μπορεί επίσης να οδηγήσει στην απώλεια άλλων μικρών αντικυκλωνικών κέντρων. Ωστόσο, αυτά τα κέντρα συχνά είναι συνοπτικά σημαντικά, δεδομένου ότι επιτρέπουν την αξιολόγηση της επίδρασης των μεγάλης κλίμακας ημιμόνιμων αντικυκλώνων στην αντικυκλωνική δραστηριότητα της Μεσογείου. Επιπρόσθετα, εξίσου σημαντική είναι η πιθανή απώλεια αυτών των κέντρων στη Βόρειο Αφρική όπου αυτά τα κέντρα συνδέονται με τα κύματα καύσωνα που δέχεται η λεκάνη της Μεσογείου, καθώς επίσης και στην ανατολική Μεσόγειο

όπου οι επεκτάσεις των αντικυκλώνων από τα βόρεια συνδέονται με τους Ετησίες ανέμους που επιδρούν ισχυρά στις διακυμάνσεις των καιρικών συνθηκών που επικρατούν στη δυτική Μεσόγειο κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

Δεδομένης, λοιπόν, της γεωγραφικής και τοπογραφικής πολυπλοκότητας που χαρακτηρίζει την ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου, οι παράμετροι του αλγορίθμου τροποποιήθηκαν ώστε ο αλγόριθμος να εφαρμοστεί με ασφάλεια στη λεκάνη της Μεσογείου για αντικυκλωνικά συστήματα. Ως τροχιές συστημάτων της Μεσογείου θεωρήθηκαν οι τροχιές για τις οποίες κατεγράφη τουλάχιστον ένα βήμα στη περιοχή της Μεσογείου.

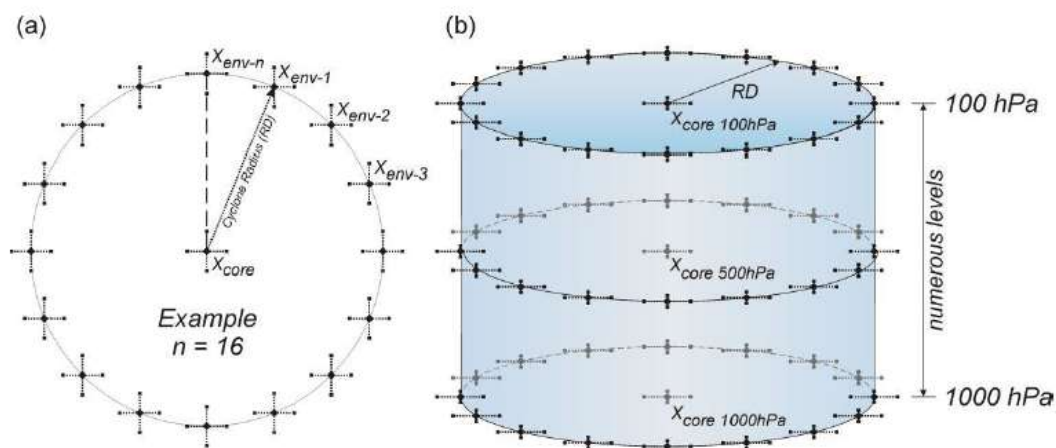
Συνεπώς, υπολογίστηκε η πυκνότητα των συστημάτων ανά μονάδα επιφάνειας και χρόνου, η αντικυκλογένεση, η αντικυκλόλυση, η μέση πίεση στο κέντρο του συστήματος, η λαπλασιανή της κεντρικής πίεσης, η ακτίνα και το βάθος του αντικυκλώνα, η ταχύτητα μετακίνησης και η ζωνική ή μεσημβρινή συνιστώσα εξάπλωσης. Επιπλέον, βρέθηκε ότι διαφορετικής κλίμακας αντικυκλώνες και δευτερεύοντα κέντρα που εδράζονται μέσα σε μεγαλύτερης κλίμακας αντικυκλωνικές δομές μπορούν να αναπαρασταθούν καλά. Αυτό είναι πολύ σημαντικό, αφού η λεκάνη της Μεσογείου επηρεάζεται από επεκτάσεις κύριων αντικυκλωνικών συστημάτων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

3.2 Μελέτη θερμικής δομής των αντικυκλώνων της Μεσογείου

3.2.1 Ρουτίνα επέκτασης του αλγορίθμου MS

Για την περαιτέρω μελέτη της δομής των συνοπτικών συστημάτων που ανιχνεύονται από τον αλγόριθμο MS, αναπτύχθηκε μία ρουτίνα επέκτασής του (extension module). Η βασική ιδέα της επέκτασης του αλγορίθμου είναι ο υπολογισμός της μέσης θερμοκρασιακής διαφοράς (ΔT) ανάμεσα στον πυρήνα του συστήματος και την περιβάλλουσα περιοχή, ορισμένη από δακτύλιο με ακτίνα ίση με το μέγεθος του συστήματος (RD), όπως έχει ήδη προσδιοριστεί από τον ίδιο τον αλγόριθμο MS, τόσο στην επιφάνεια όσο και καθ' ύψος σε όλη την τροπόσφαιρα κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του (Σχήμα 3.3). Η διαφορά αυτή χρησιμοποιείται ως μέτρο της θερμοκρασιακής ανωμαλίας του πυρήνα, ώστε να μπορεί να μελετηθεί η εξέλιξη της θερμικής ταυτότητας του συστήματος στον χρόνο (Garde et al. 2010).

Στην παρούσα εργασία, σε συνέχεια της μελέτης των Hatzaki et al. (2014), εφαρμόστηκε η ρουτίνα επέκτασης των Garde et al (2010) και μελετήθηκε το κατακόρυφο θερμικό προφίλ των κινούμενων αντικυκλωνικών συστημάτων με στόχο την εξαγωγή πληροφορίας για δομικά χαρακτηριστικά τους όπως ο θερμικός χαρακτήρας και η βαροκλιτικότητα. Τα κινούμενα αντικυκλωνικά συστήματα που μελετήθηκαν ανήκουν στον πληθυσμό που προέκυψε από την εφαρμογή του αλγορίθμου για τη Μεσόγειο, εστιάζοντας, όμως, σε αυτά που δημιουργήθηκαν μέσα στην εξεταζόμενη περιοχή της Μεσογείου (Σχήμα 3.1).



Σχήμα 3.3: (a) Σχηματική αναπαράσταση του κέντρου ενός κυκλώνα ή αντικυκλώνα (x_{core}) και των σημείων δειγμάτων του περιβάλλοντα δακτυλίου (x_{env-n}) οριοθετημένων σε απόσταση RD από το κέντρο. (b) Ομοίως με το (a) σε διάφορα ισοβαρικά επίπεδα από τα 1000 hPa μέχρι τα 100 hPa (Garde et al. 2010).

Συγκεκριμένα, εντοπίστηκαν οι αντικυκλωνικές τροχιές που το πρώτο βήμα τους είναι μέσα στην εξεταζόμενη περιοχή και κατόπιν για κάθε μία από αυτές έγινε αντιστοίχιση σε έναν από τους τομείς της υπό μελέτη περιοχής ανάλογα με τη θέση του αντικυκλώνα τη χρονική στιγμή της αντικυκλογένεσης. Επιπλέον, καταγράφηκε η ακριβής ημερομηνία και ώρα γένεσης κάθε αντικυκλώνα. Εν συνεχεία, σε διάφορα ισοβαρικά επίπεδα (1000, 925, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100 hPa) εξετάστηκε εάν η θερμοκρασιακή διαφορά ΔT ανάμεσα στον πυρήνα και το περιβάλλον του αντικυκλώνα είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από 0°C , ώστε οι αντικυκλώνες να χαρακτηριστούν θερμοί ή ψυχροί αντίστοιχα.

3.2.2 Τροποποίηση της ρουτίνας επέκτασης και εφαρμογή στη Μεσόγειο

Η ρουτίνα επέκτασης εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στα κυκλωνικά συστήματα του Νοτίου Ημισφαιρίου και έτσι καταγράφονταν μόνο συστήματα με διάρκεια τουλάχιστον 3 ημερών, ώστε να εξαιρεθούν από την ανάλυση συστήματα ασήμαντα για το μέγεθος της μελετώμενης περιοχής. Αντίθετα, στην περιοχή της Μεσογείου εντοπίζονται και υποσυνοπτικά συστήματα διάρκειας ζωής μικρότερης των 3 ημερών και γι' αυτό το λόγο τροποποιήθηκε η ρουτίνα επέκτασης ώστε να περιλαμβάνει συστήματα διάρκειας τουλάχιστον 1 ημέρας.

Για τον υπολογισμό της θερμοκρασιακής διαφοράς ΔT επιλέχθηκε ένα μεγάλο δείγμα αντικυκλωνικών συστημάτων και η θερμική δομή τους συγκρίθηκε με τους αντίστοιχους συνοπτικούς χάρτες. Βρέθηκε, λοιπόν, ότι η χρήση ακτίνας RD οδηγούσε σε λανθασμένο θερμικό χαρακτηρισμό για το ήμισυ περίπου των περιπτώσεων, λόγω της ετερογενούς δομής των αντικυκλώνων σε αντίθεση με τους κυκλώνες. Μετά από δοκιμές διαπιστώθηκε ότι χρησιμοποιώντας ακτίνα $RD/2$ η θερμική ταξινόμηση έρχεται σε συμφωνία με τη θερμική δομή που προκύπτει από συνοπτικούς χάρτες για σχεδόν όλες τις περιπτώσεις. Συνεπώς, η ρουτίνα επέκτασης του αλγορίθμου τροποποιήθηκε εκ νέου ώστε να θεωρεί ως θερμοκρασία

περιβάλλοντος του αντικυκλώνα τη θερμοκρασία σε απόσταση $RD/2$ από το κέντρο του σε όλη την έκταση της ατμόσφαιρας καθ' ύψος. Στο σημείο αυτό, οφείλει να διευκρινιστεί ότι ο αλγόριθμος θεωρεί το κέντρο του αντικυκλώνα σταθερό καθ' ύψος, γεγονός που εμπεριέχει σαφώς κάποιο σφάλμα, οφειλόμενο στην ύπαρξη βαροκλινικότητας στα εξεταζόμενα συστήματα.

Ελήφθησαν, λοιπόν, αποτελέσματα του τροποποιημένου αλγορίθμου για τα έτη 1979-2012 με την ΔT να υπολογίζεται μεταξύ του κέντρου του αντικυκλώνα και απόστασης $RD/2$ από αυτό. Συνεπώς, έγινε εκ νέου έλεγχος σε όλα τα ισοβαρικά επίπεδα εάν $\Delta T > 0$ ή $\Delta T < 0$. Τελικά, οι αντικυκλώνες που δημιουργήθηκαν στη Μεσόγειο χαρακτηρίστηκαν θερμοί ή ψυχροί με κριτήριο τη θερμοκρασιακή διαφορά ΔT στην επιφάνεια (1000 hPa). Έτσι, έγινε ομαδοποίηση των νέων αντικυκλώνων σε θερμούς και ψυχρούς για κάθε τομέα, μήνα, ώρα και ισοβαρικό επίπεδο και εξήχθησαν στατιστικά στοιχεία που αφορούν στην αντικυκλογένεση. Με αυτόν τον τρόπο, μέσω της κατηγοριοποίησης των συστημάτων ανάλογα με τη θερμική δομή τους κατά τη χρονική στιγμή της γένεσής τους, καθορίστηκε η συχνότητα των ψυχρών και θερμών αντικυκλώνων σε κάθε τομέα.

3.3 Μέσα και Ανόμαλα Πεδία Δυναμικών Παραμέτρων

Με στόχο τη διερεύνηση των δυναμικών μηχανισμών που διέπουν την ψυχρή και θερμή αντικυκλογένεση στη Μεσόγειο, μελετήθηκε περαιτέρω ο ρόλος που διαδραματίζει ο θερμικός χαρακτήρας, η θέση και η εποχή δημιουργίας των αντικυκλώνων. Συγκεκριμένα, εξετάστηκε η κατακόρυφη δομή των αντικυκλωνικών συστημάτων με τη βοήθεια ατμοσφαιρικών παραμέτρων την ακριβή στιγμή της αντικυκλογένεσης, ώστε να διερευνηθούν δομικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά τους.

Ειδικότερα, στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν τρεις διαφορετικές δυναμικές παράμετροι: το γεωδυναμικό ύψος, η θερμοκρασία και ο σχετικός στροβιλισμός. Έτσι, ελήφθησαν δεδομένα ERA-Interim του ECMWF για τη μέση μηνιαία τιμή των παραπάνω παραμέτρων για την υπό μελέτη περιοχή και για τα ισοβαρικά επίπεδα 1000, 850 και 500 hPa για τα έτη 1979-2012. Με βάση αυτά τα δεδομένα, υπολογίστηκε η κλιματολογία ξεχωριστά για καλοκαίρι και χειμώνα ως η μέση τιμή για κάθε εποχή και κάθε ισοβαρικό επίπεδο. Τα αποτελέσματα αποτυπώθηκαν σε 18 κλιματικούς χάρτες.

Από την ίδια πηγή δεδομένων, ελήφθησαν δεδομένα για τις ίδιες παραμέτρους την ακριβή χρονική στιγμή που έλαβε χώρα αντικυκλογένεση. Ομαδοποιώντας τους αντικυκλώνες ανά εποχή, τομέα γένεσης, ισοβαρικό επίπεδο και θερμικό χαρακτήρα, εξήχθη η μέση τιμή της κατανομής των υπό μελέτη παραμέτρων. Με αυτόν τον τρόπο, δημιουργήθηκαν συνθετικοί χάρτες (composite maps) του γεωδυναμικού ύψους, της θερμοκρασίας και του σχετικού στροβιλισμού, συνολικά 360 χάρτες, που δίνουν τη μέση δομή καθ' ύψος των θερμών και ψυχρών αντικυκλώνων. Στη συνέχεια, με τη σύγκριση των ανωτέρω κατανομών με την αντίστοιχη κλιματολογία

ελήφθη η κλιματική ανωμαλία της κάθε παραμέτρου που αποτυπώθηκε σε συνολικά 360 χάρτες, οι οποίοι συνοψίζονται σε 40 περιπτώσεις προς μελέτη (10 τομείς × 2 εποχές × 2 τύπους αντικυκλογένεσης) προκειμένου να διερευνηθεί η καθ' ύψος δομή των ψυχρών και των θερμών αντικυκλώνων.

4 Εντοπισμός και κλιματολογική ανάλυση των ψυχρών και θερμών αντικυκλώνων στην επιφάνεια

Όπως προαναφέρθηκε, αρχικά εντοπίστηκαν οι αντικυκλώνες που γεννήθηκαν στη μελετώμενη περιοχή της Μεσογείου. Αρχικά, κάθε σύστημα που εντοπίστηκε χαρακτηρίστηκε θερμό ή ψυχρό ανάλογα με το πρόσημο της θερμοκρασιακής διαφοράς ΔT μεταξύ του πυρήνα του και του περιβάλλοντος χώρου του σε ακτίνα $RD/2$ σε όλα τα ισοβαρικά επίπεδα. Στους Πίνακες 4.1 έως 4.10 δίνεται για κάθε τομέα της περιοχής το ποσοστό ψυχρών και θερμών αντικυκλώνων ανά ισοβαρικό επίπεδο (hPa) για το χειμώνα και το καλοκαίρι. Τα αντίστοιχα ιστογράμματα δίνονται στα Σχήματα 4.1 έως 4.10.

Πίνακας 4.1: Σχετική συχνότητα ψυχρών και θερμών επιφανειακών αντικυκλώνων που δημιουργήθηκαν στον Τομέα 1,1 ανά ισοβαρικό επίπεδο				
Εποχή	Χειμώνας		Καλοκαίρι	
Επίπεδο (hPa)	% ψυχροί	% θερμοί	% ψυχροί	% θερμοί
100	50.7	49.3	56.5	43.5
150	56.3	43.7	60.9	39.1
200	58.5	41.5	60.9	39.1
250	62.5	37.5	47.8	52.2
300	47.4	52.6	39.1	60.9
400	45.6	54.4	47.8	52.2
500	37.5	62.5	30.4	69.6
700	51.5	48.5	78.3	21.7
850	84.6	15.4	90.9	9.1
925	92.6	7.4	82.6	17.4
1000	89.7	10.3	69.6	30.4

Πίνακας 4.2: Όμοια με τον Πίνακα 4.1 για τον Τομέα 1,2				
Εποχή	Χειμώνας		Καλοκαίρι	
Επίπεδο (hPa)	% ψυχροί	% θερμοί	% ψυχροί	% θερμοί
100	47.3	52.7	50.2	49.8
150	52.7	47.3	69.9	30.1
200	69.1	30.9	70.8	29.2
250	57.8	42.2	42.0	58.0
300	44.0	56.0	33.3	66.7
400	42.7	57.3	29.2	70.8
500	39.1	60.9	28.8	71.2
700	37.3	62.7	43.4	56.6
850	76.4	23.6	81.3	18.7
925	90.9	9.1	94.1	5.9
1000	83.6	16.4	94.1	5.9

Πίνακας 4.3: Όμοια με τον Πίνακα 4.1 για τον Τομέα 2,1				
Εποχή	Χειμώνας		Καλοκαίρι	
Επίπεδο (hPa)	% ψυχροί	% θερμοί	% ψυχροί	% θερμοί
100	44.7	55.3	46.6	53.4
150	43.2	56.8	57.1	42.9
200	59.5	40.5	64.9	35.1
250	65.0	35.0	49.7	50.3
300	49.4	50.6	49.1	50.9
400	49.6	50.4	42.3	57.7
500	45.9	54.1	29.7	70.3
700	54.9	45.1	56.6	43.4
850	85.2	14.8	89.7	10.3
925	89.5	10.5	96.6	3.4
1000	82.1	17.9	94.9	5.1

Πίνακας 4.4: Όμοια με τον Πίνακα 4.1 για τον Τομέα 2,2				
Εποχή	Χειμώνας		Καλοκαίρι	
Επίπεδο (hPa)	% ψυχροί	% θερμοί	% ψυχροί	% θερμοί
100	49.5	50.5	51.9	48.1
150	47.4	52.6	51.9	48.1
200	68.0	32.0	64.8	35.2
250	73.2	26.8	48.1	51.9
300	48.5	51.5	44.4	55.6
400	29.9	70.1	31.5	68.5
500	38.5	61.5	38.9	61.1
700	61.9	38.1	61.1	38.9
850	76.3	23.7	83.3	16.7
925	91.8	8.2	88.9	11.1
1000	88.7	11.3	83.3	16.7

Πίνακας 4.5: Όμοια με τον Πίνακα 4.1 για τον Τομέα 3,1				
Εποχή	Χειμώνας		Καλοκαίρι	
Επίπεδο (hPa)	% ψυχροί	% θερμοί	% ψυχροί	% θερμοί
100	49.0	51.0	54.1	45.9
150	48.1	51.9	55.9	44.1
200	50.5	49.5	52.0	48.0
250	51.4	48.6	45.9	54.1
300	45.7	54.3	52.7	47.3
400	53.3	46.7	48.2	51.8
500	66.7	33.3	37.0	63.0
700	54.3	45.7	53.1	46.9
850	74.0	26.0	73.0	27.0
925	81.9	18.1	86.8	13.2
1000	77.9	22.1	89.9	10.1

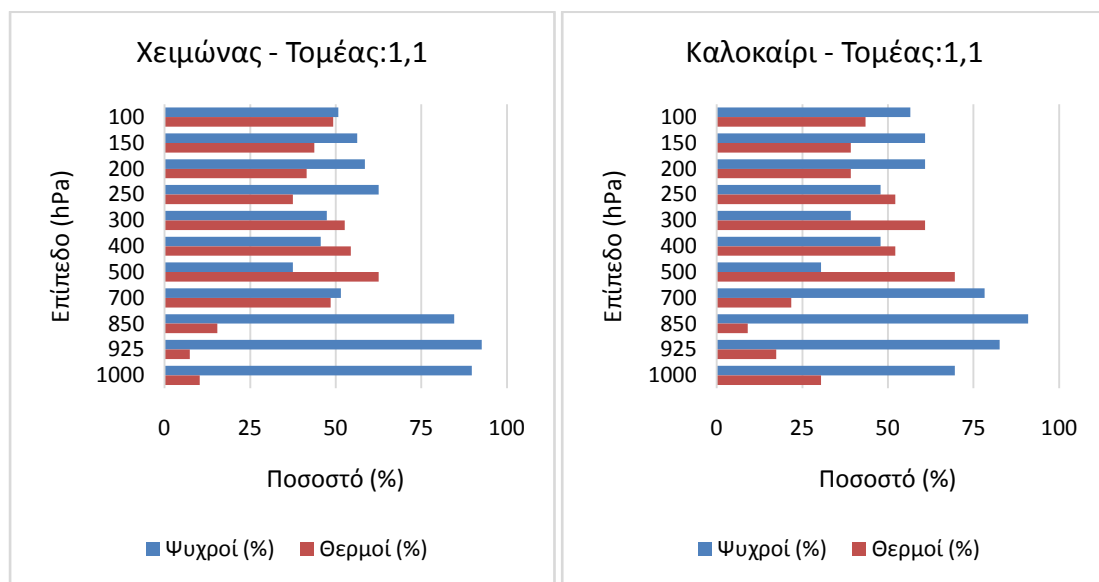
Πίνακας 4.6: Όμοια με τον Πίνακα 4.1 για τον Τομέα 3,2				
Εποχή	Χειμώνας		Καλοκαίρι	
Επίπεδο (hPa)	% ψυχροί	% θερμοί	% ψυχροί	% θερμοί
100	42.9	57.1	33.1	66.9
150	47.2	52.8	57.0	43.0
200	57.9	42.1	75.9	24.1
250	69.0	31.0	70.4	29.6
300	56.0	44.0	36.6	63.4
400	38.9	61.1	34.5	65.5
500	37.3	62.7	36.6	63.4
700	69.8	30.2	73.2	26.8
850	85.7	14.3	88.7	11.3
925	83.3	16.7	85.9	14.1
1000	87.3	12.7	80.9	19.1

Πίνακας 4.7: Όμοια με τον Πίνακα 4.1 για τον Τομέα 4,1				
Εποχή	Χειμώνας		Καλοκαίρι	
Επίπεδο (hPa)	% ψυχροί	% θερμοί	% ψυχροί	% θερμοί
100	35.7	64.3	35.3	64.7
150	54.1	45.9	52.9	47.1
200	46.9	53.1	52.9	47.1
250	53.1	46.9	47.1	52.9
300	45.9	54.1	52.9	47.1
400	38.8	61.2	41.2	58.8
500	42.9	57.1	47.1	52.9
700	73.5	26.5	64.7	35.3
850	84.7	15.3	52.9	47.1
925	85.7	14.3	94.1	5.9
1000	80.6	19.4	100.0	0.0

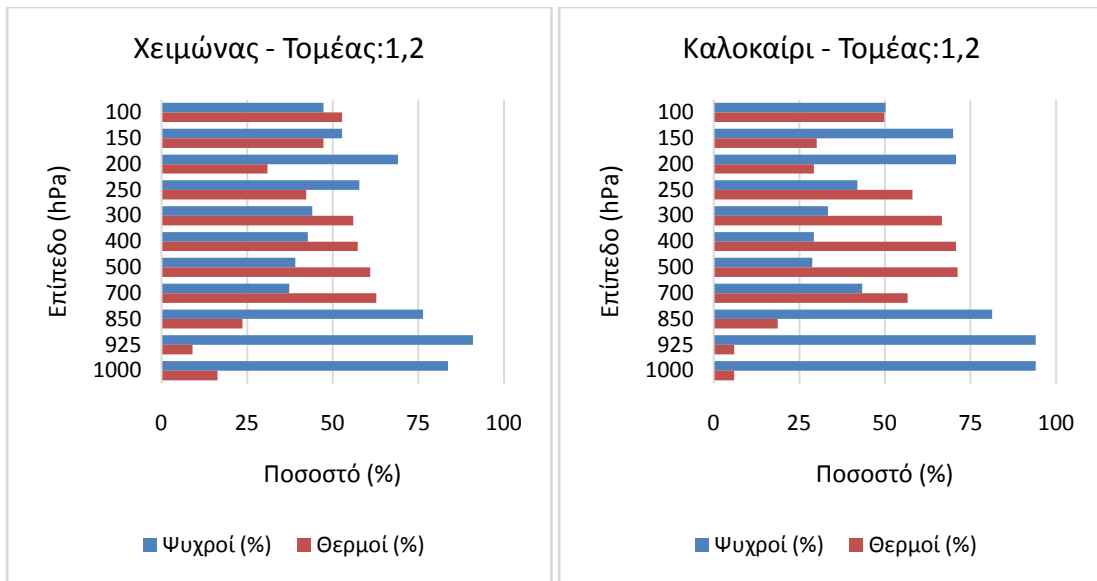
Πίνακας 4.8: Όμοια με τον Πίνακα 4.1 για τον Τομέα 4,2				
Εποχή	Χειμώνας		Καλοκαίρι	
Επίπεδο (hPa)	% ψυχροί	% θερμοί	% ψυχροί	% θερμοί
100	40.2	59.8	27.7	72.3
150	50.6	49.4	45.4	54.6
200	58.6	41.4	65.5	34.5
250	58.6	41.4	69.7	30.3
300	44.8	55.2	50.4	49.6
400	50.6	49.4	45.4	54.6
500	44.8	55.2	45.4	54.6
700	60.9	39.1	60.5	39.5
850	75.9	24.1	79.0	21.0
925	81.6	18.4	82.4	17.6
1000	79.3	20.7	70.6	29.4

Πίνακας 4.9: Όμοια με τον Πίνακα 4.1 για τον Τομέα 5,1				
Εποχή	Χειμώνας		Καλοκαίρι	
Επίπεδο (hPa)	% ψυχροί	% θερμοί	% ψυχροί	% θερμοί
100	31.8	68.2	37.0	63.0
150	40.0	60.0	55.6	44.4
200	51.8	48.2	48.1	51.9
250	49.4	50.6	48.1	51.9
300	50.6	49.4	59.3	40.7
400	49.4	50.6	48.1	51.9
500	56.5	43.5	37.0	63.0
700	71.8	28.2	51.9	48.1
850	94.1	5.9	96.3	3.7
925	91.8	8.2	92.6	7.4
1000	91.8	8.2	88.9	11.1

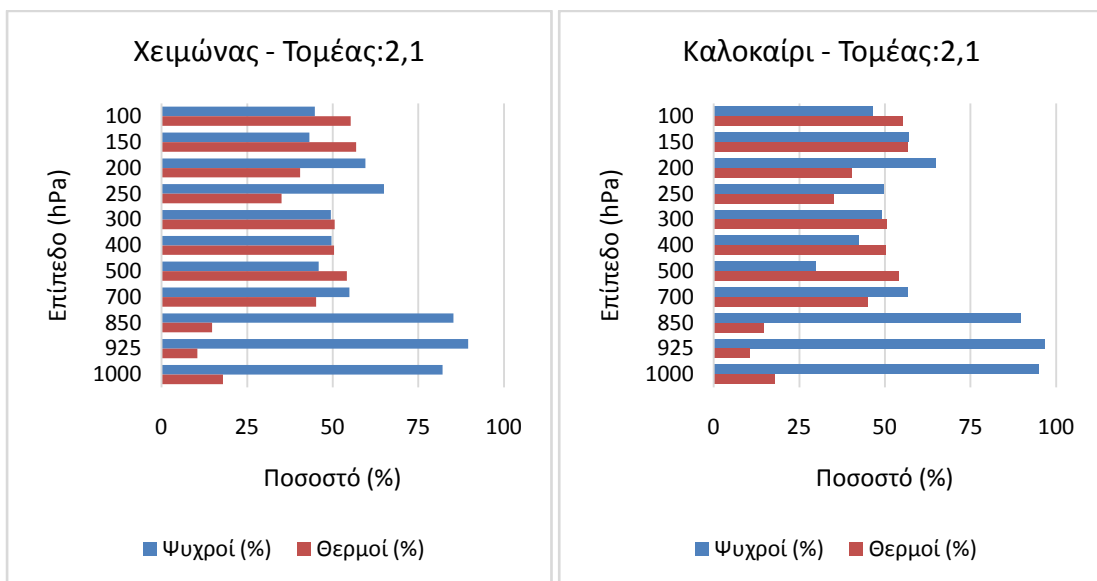
Πίνακας 4.10: Όμοια με τον Πίνακα 4.1 για τον Τομέα 5,2				
Εποχή	Χειμώνας		Καλοκαίρι	
Επίπεδο (hPa)	% ψυχροί	% θερμοί	% ψυχροί	% θερμοί
100	35.6	64.4	26.6	73.4
150	49.5	50.5	36.4	63.6
200	59.6	40.4	51.2	48.8
250	72.1	27.9	68.6	31.4
300	61.5	38.5	64.7	35.3
400	39.4	60.6	51.7	48.3
500	43.3	56.7	54.1	45.9
700	69.2	30.8	68.1	31.9
850	80.8	19.2	91.3	8.7
925	86.5	13.5	94.2	5.8
1000	88.5	11.5	85.0	15.0



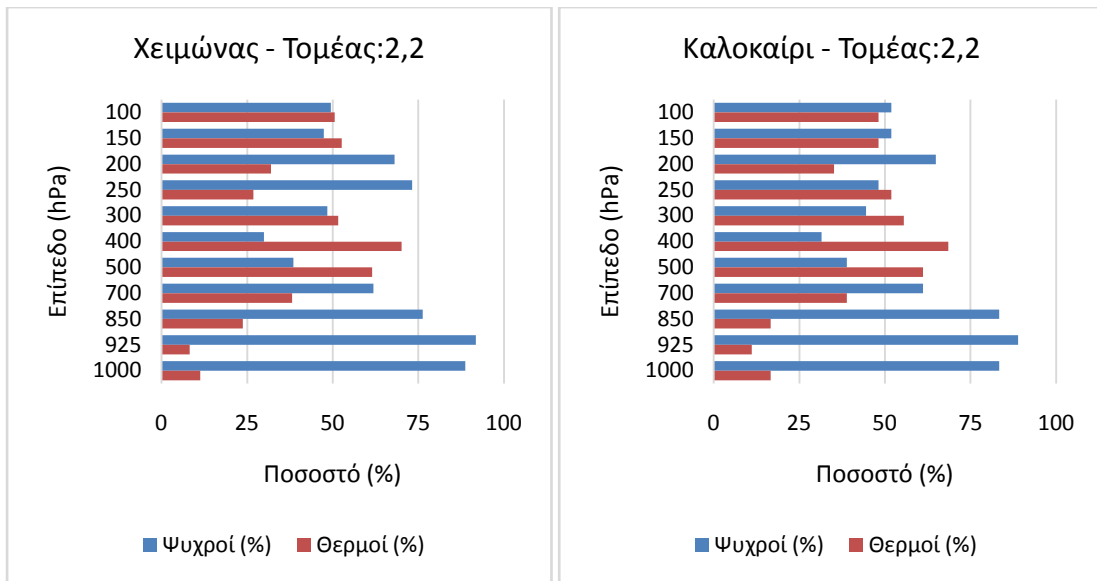
Σχήμα 4.1: Κατανομή ανά ισοβαρικό επίπεδο των ψυχρών και θερμών αντικυκλώνων που γεννιούνται στην επιφάνεια τον χειμώνα (αριστερά) και το καλοκαίρι (δεξιά), για τον Τομέα 1,1.



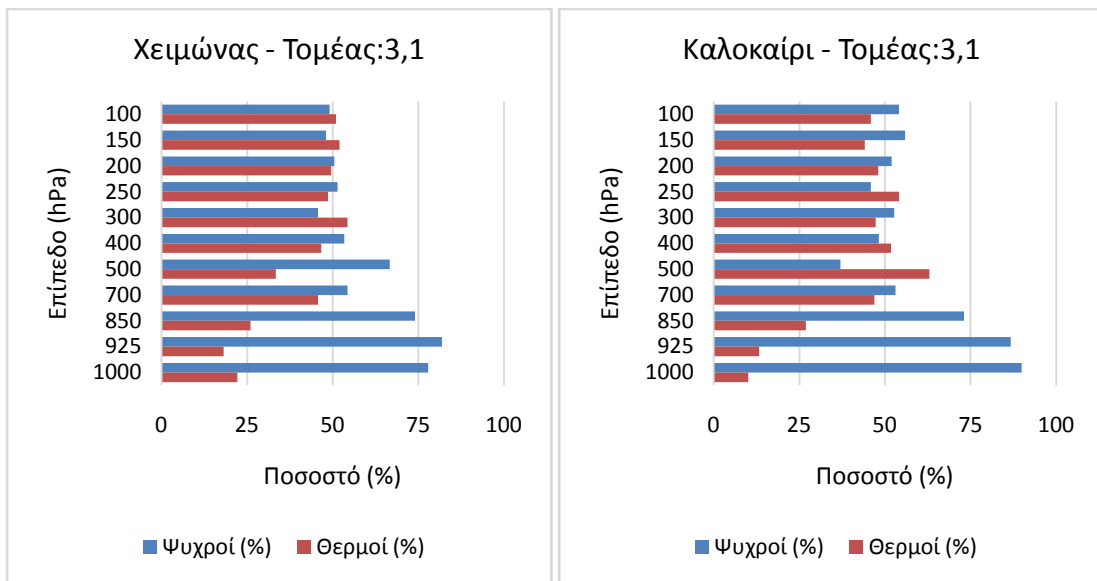
Σχήμα 4.2: Ομοίως με το Σχήμα 4.1 για τον Τομέα 1,2.



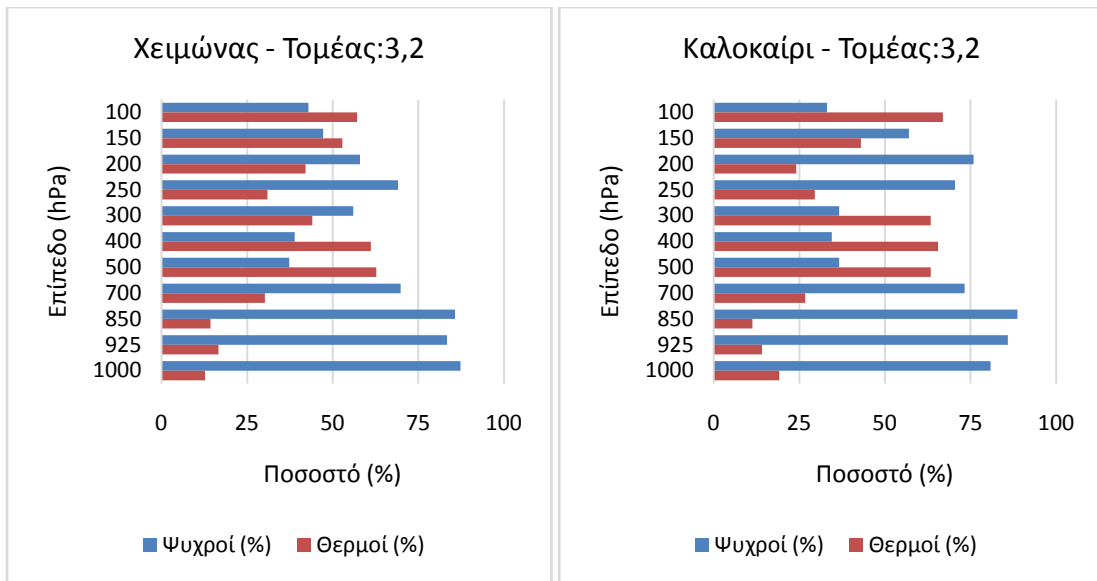
Σχήμα 4.3: Ομοίως με το Σχήμα 4.1 για τον Τομέα 2,1.



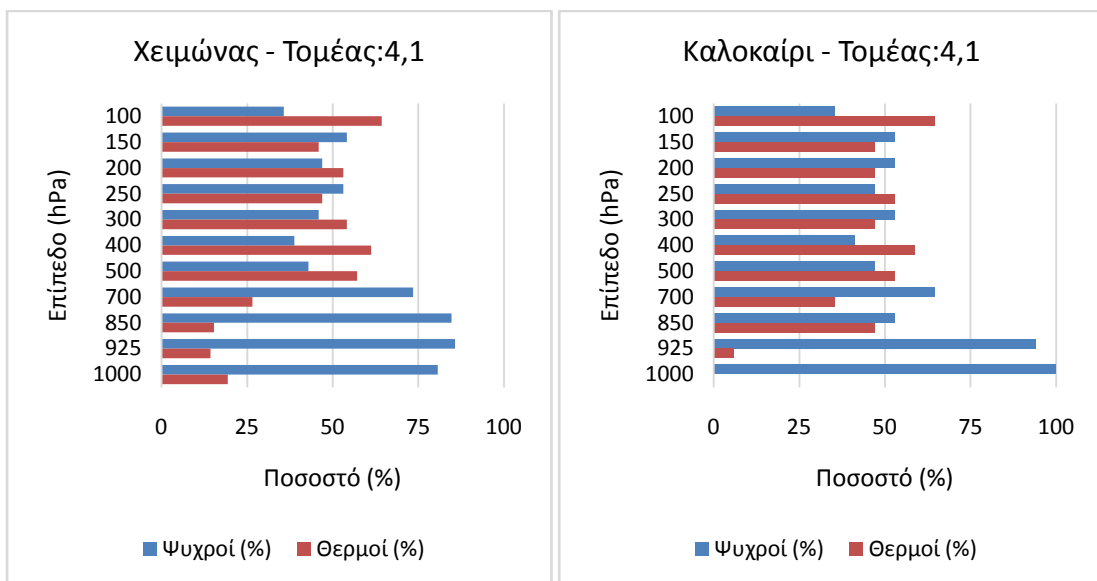
Σχήμα 4.4: Ομοίως με το Σχήμα 4.1 για τον Τομέα 2,2.



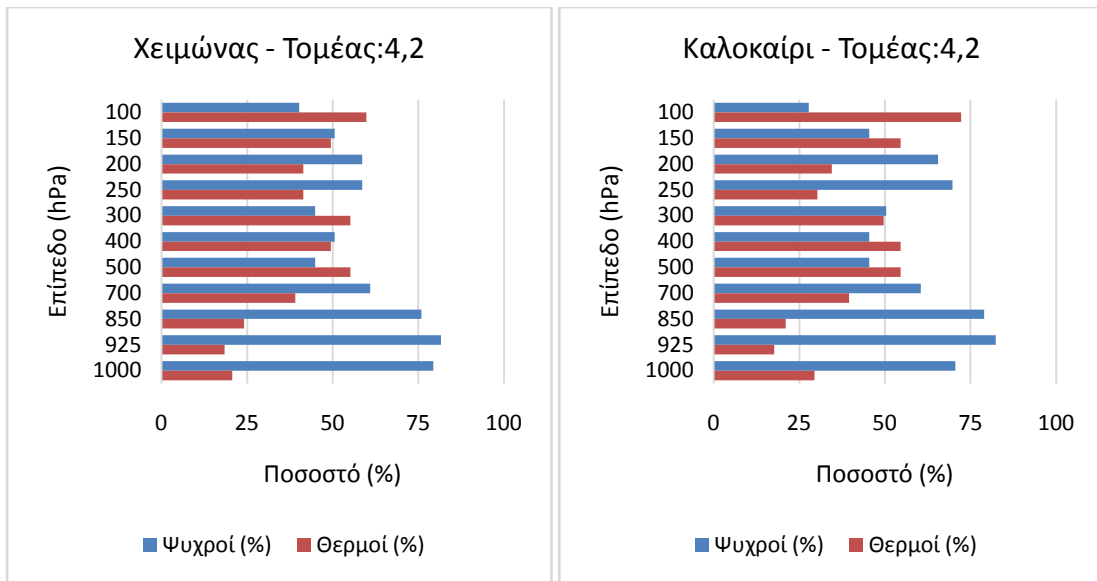
Σχήμα 4.5: Ομοίως με το Σχήμα 4.1 για τον Τομέα 3,1.



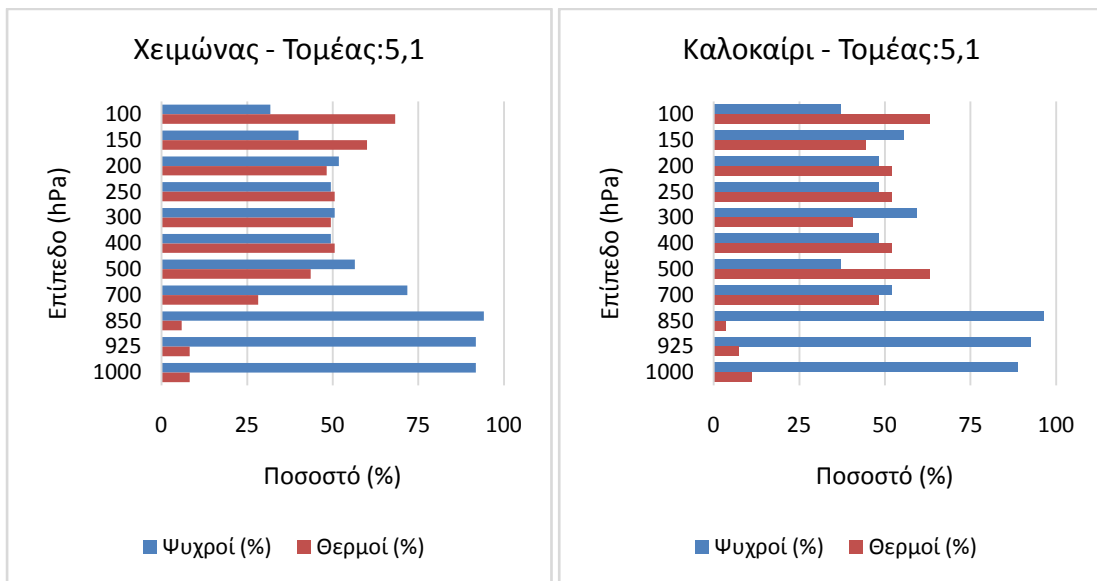
Σχήμα 4.6: Ομοίως με το Σχήμα 4.1 για τον Τομέα 3,2.



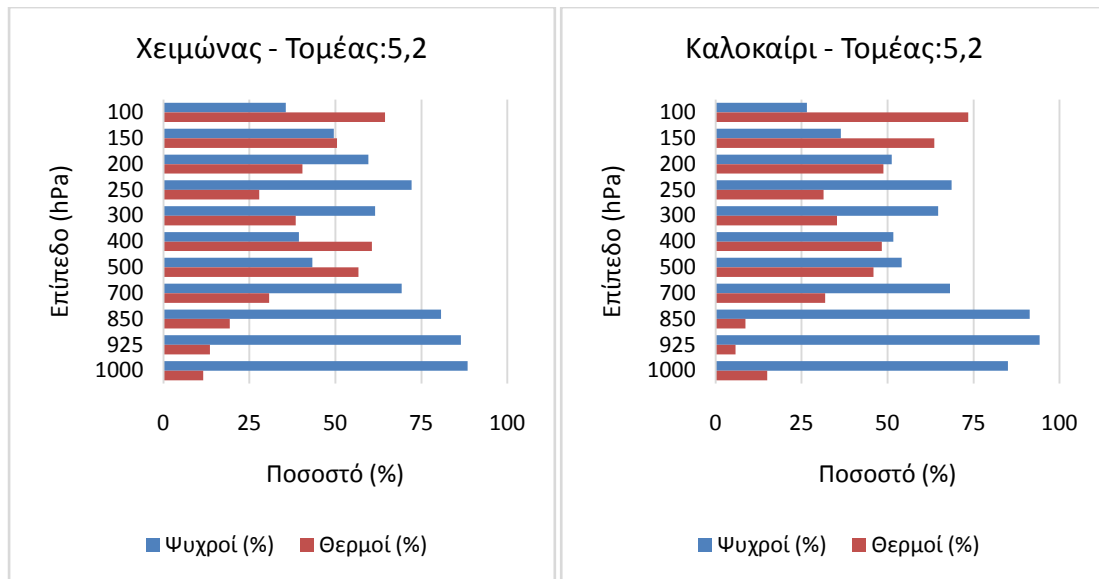
Σχήμα 4.7: Ομοίως με το Σχήμα 4.1 για τον Τομέα 4,1.



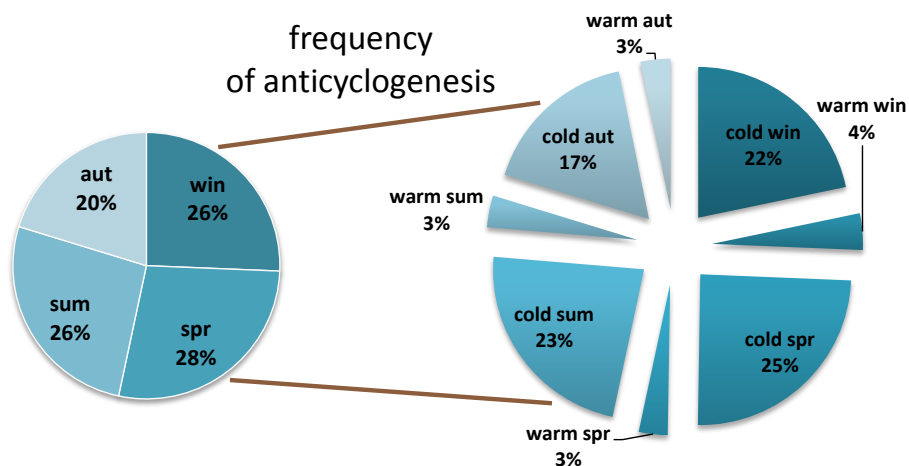
Σχήμα 4.8: Ομοίως με το Σχήμα 4.1 για τον Τομέα 4,2.



Σχήμα 4.9: Ομοίως με το Σχήμα 4.1 για τον Τομέα 5,1.

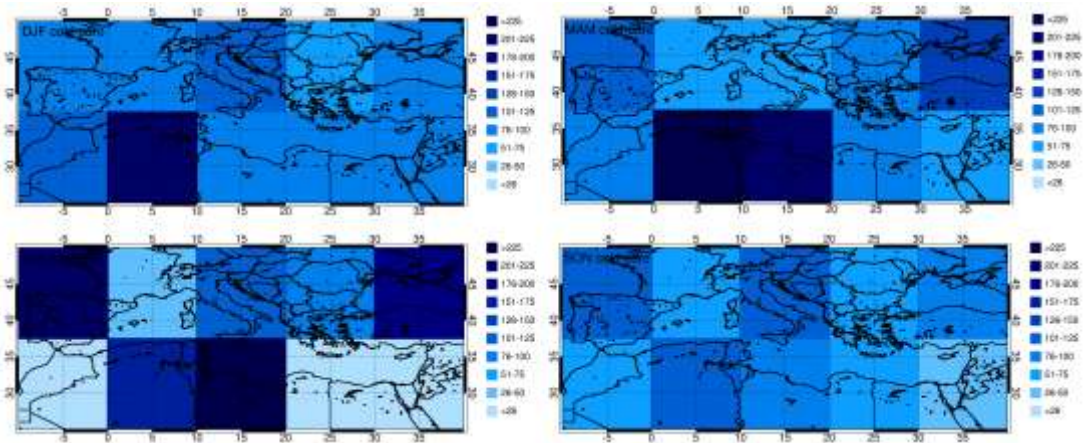


Σχήμα 4.10: Ομοίως με το Σχήμα 4.1 για τον Τομέα 5,2.

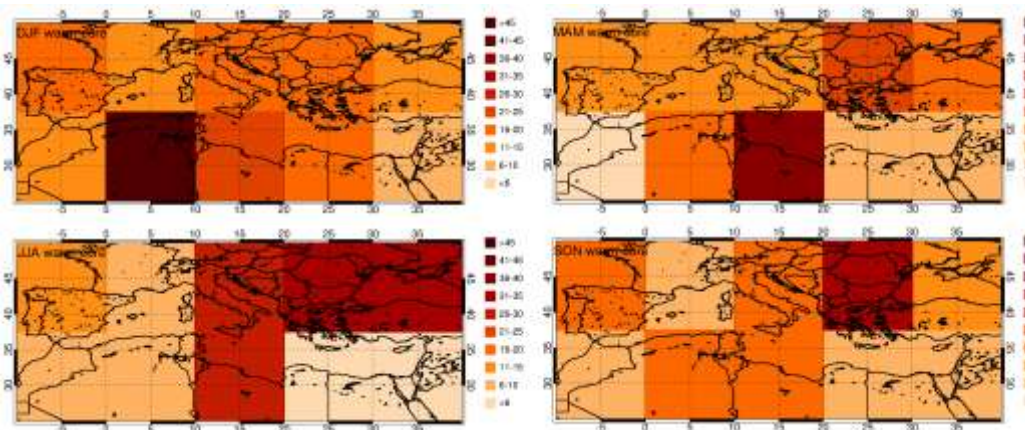


Σχήμα 4.11: Εποχιακή συχνότητα αντικυκλογένεσης (αριστερά) και επιμέρους ποσοστά ψυχρής και θερμής αντικυκλογένεσης (δεξιά).

Στη συνέχεια, τα συστήματα χαρακτηρίστηκαν τελικά θερμά ή ψυχρά βάσει της ΔT στην επιφάνεια και υπολογίστηκε η κατανομή της συχνότητάς τους. Τα αποτελέσματα που ελήφθησαν δίνονται γραφικά στο Σχήμα 4.11 όπου απεικονίζεται στο αριστερό τμήμα η εποχιακή συχνότητα αντικυκλογένεσης, ενώ στο δεξί τα επιμέρους ποσοστά ψυχρής και θερμής αντικυκλογένεσης. Επιπλέον, η χωρική κατανομή των ψυχρών και θερμών αντικυκλώνων που δημιουργούνται στη Μεσόγειο ανά εποχή του χρόνου δίνεται στα Σχήματα 4.12 και 4.13 αντίστοιχα. Εστιάζοντας στο χειμώνα και το καλοκαίρι, στον Πίνακα 4.11 δίνονται συγκεντρωτικά οι συχνότητες ψυχρών και θερμών αντικυκλώνων ανά εποχή και τομέα της Μεσογείου. Οι συχνότητες αυτές συνοψίζονται γραφικά στα Σχήματα 4.14 έως 4.17.



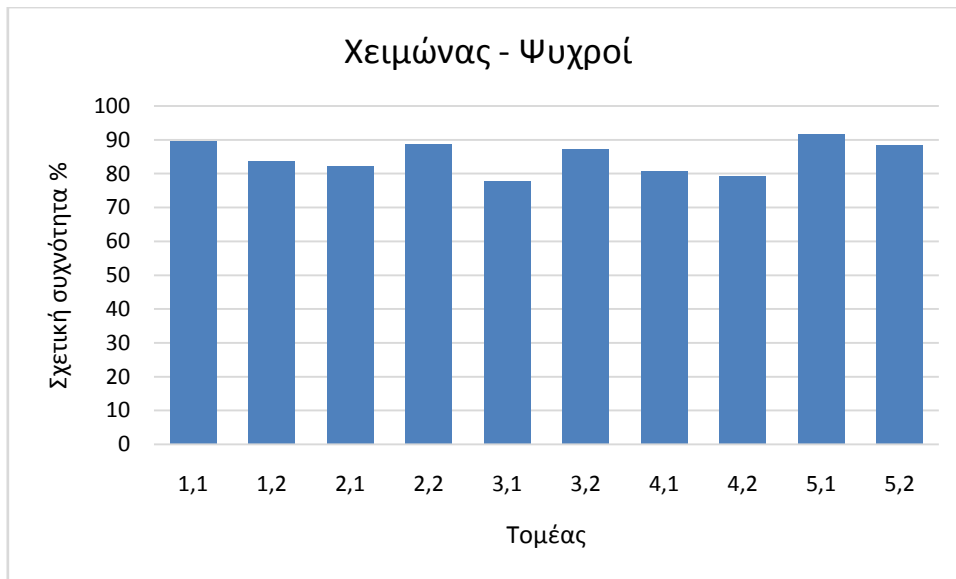
Σχήμα 4.12: Κατανομή συχνοτήτων ψυχρών αντικυκλώνων που γεννιούνται στη Μεσόγειο τον χειμώνα (πάνω αριστερά), την άνοιξη (πάνω δεξιά), το καλοκαίρι (κάτω αριστερά) και το φθινόπωρο (κάτω δεξιά). Οι αριθμοί αντιπροσωπεύουν το συνολικό πλήθος των αντικυκλώνων που γεννιούνται σε κάθε τομέα.



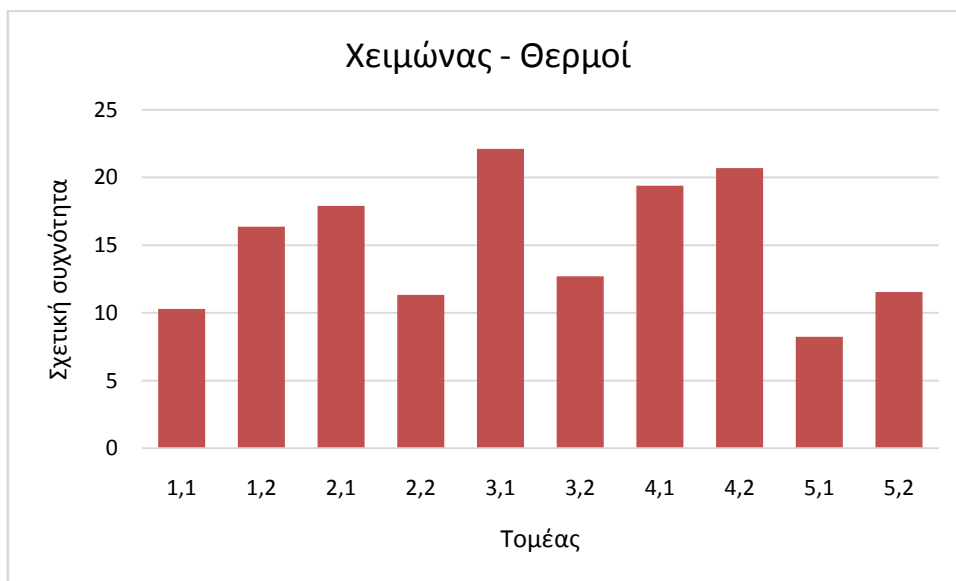
Σχήμα 4.13: Ομοίως με το Σχήμα 4.12 αλλά για θερμούς αντικυκλώνες.

Πίνακας 4.11: Συγκεντρωτικός πίνακας απόλυτων συχνοτήτων ψυχρών και θερμών αντικυκλώνων ανά εποχή και τομέα της Μεσογείου.

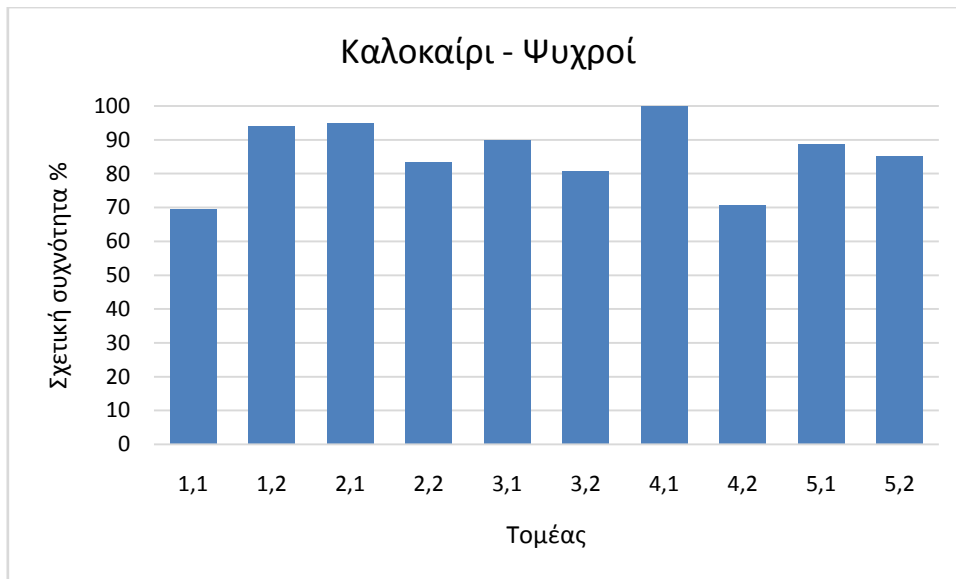
Εποχή	Τομέας	Θερμικός χαρακτήρας	Απόλυτη Συχνότητα	Εποχή	Τομέας	Θερμικός χαρακτήρας	Απόλυτη Συχνότητα
χειμώνας	1,1	ψυχρός	122	καλοκαίρι	1,1	ψυχρός	16
χειμώνας	1,1	θερμός	14	καλοκαίρι	1,1	θερμός	7
χειμώνας	1,2	ψυχρός	92	καλοκαίρι	1,2	ψυχρός	206
χειμώνας	1,2	θερμός	18	καλοκαίρι	1,2	θερμός	13
χειμώνας	2,1	ψυχρός	211	καλοκαίρι	2,1	ψυχρός	166
χειμώνας	2,1	θερμός	46	καλοκαίρι	2,1	θερμός	9
χειμώνας	2,2	ψυχρός	86	καλοκαίρι	2,2	ψυχρός	45
χειμώνας	2,2	θερμός	11	καλοκαίρι	2,2	θερμός	9
χειμώνας	3,1	ψυχρός	81	καλοκαίρι	3,1	ψυχρός	231
χειμώνας	3,1	θερμός	23	καλοκαίρι	3,1	θερμός	26
χειμώνας	3,2	ψυχρός	110	καλοκαίρι	3,2	ψυχρός	114
χειμώνας	3,2	θερμός	16	καλοκαίρι	3,2	θερμός	27
χειμώνας	4,1	ψυχρός	79	καλοκαίρι	4,1	ψυχρός	17
χειμώνας	4,1	θερμός	19	καλοκαίρι	4,1	θερμός	0
χειμώνας	4,2	ψυχρός	69	καλοκαίρι	4,2	ψυχρός	84
χειμώνας	4,2	θερμός	18	καλοκαίρι	4,2	θερμός	35
χειμώνας	5,1	ψυχρός	78	καλοκαίρι	5,1	ψυχρός	24
χειμώνας	5,1	θερμός	7	καλοκαίρι	5,1	θερμός	3
χειμώνας	5,2	ψυχρός	92	καλοκαίρι	5,2	ψυχρός	176
χειμώνας	5,2	θερμός	12	καλοκαίρι	5,2	θερμός	31



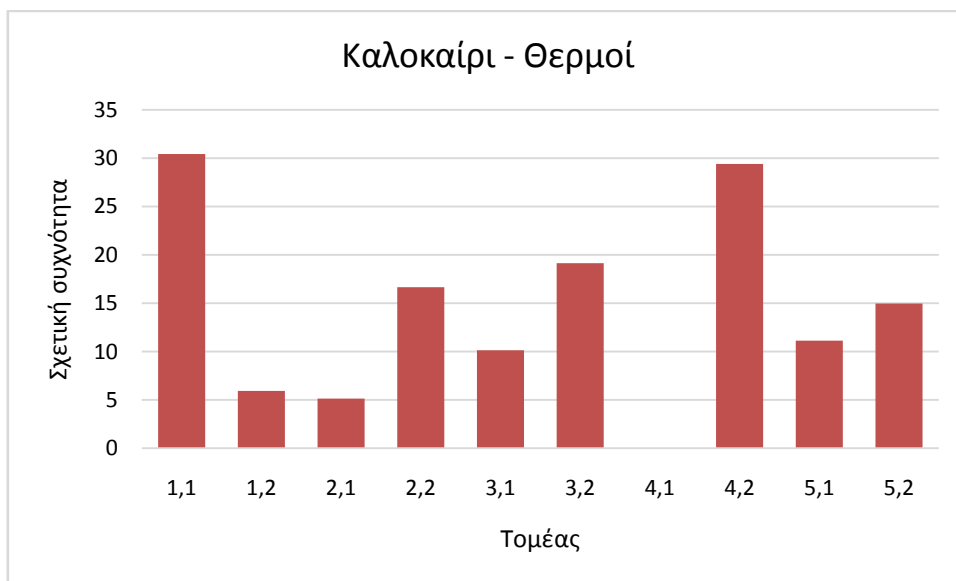
Σχήμα 4.14: Κατανομή ψυχρών αντικυκλώνων που γεννιούνται το χειμώνα ανά τομέα της Μεσογείου.



Σχήμα 4.15: Κατανομή θερμών αντικυκλώνων που γεννιούνται το χειμώνα ανά τομέα της Μεσογείου.



Σχήμα 4.16: Κατανομή ψυχρών αντικυκλώνων που γεννιούνται το καλοκαίρι ανά τομέα της Μεσογείου.



Σχήμα 4.17: Κατανομή θερμών αντικυκλώνων που γεννιούνται το καλοκαίρι ανά τομέα της Μεσογείου.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα διαπιστώνεται ότι η συντριπτική πλειοψηφία των δημιουργούμενων αντικυκλώνων στη Μεσόγειο έχει ψυχρό πυρήνα (~85%). Όπως έχει ήδη αναφερθεί ανωτέρω, οι ψυχροί αντικυκλώνες είναι κυρίως ρηγά βαρομετρικά συστήματα που δημιουργούνται είτε εξαιτίας ψύξης δι' ακτινοβολίας είτε εξαιτίας της αυξημένης ευστάθειας λόγω ψυχρής μεταφοράς στη χαμηλή τροπόσφαιρα.

Σε ό,τι αφορά τη θερμοκρασία, η κατακόρυφη δομή των αντικυκλώνων δείχνει ότι η ρηγή αντικυκλογένεση ψυχρών αντικυκλώνων επιδεικνύει εναλλαγή του προσήμου

της διαφοράς ΔT με το ύψος και μπορεί πιθανά να συνοδεύεται με την παρουσία μίας ψυχρής trough στη μέση και ανώτερη τροπόσφαιρα. Αυτό το μοτίβο συχνά συνδέεται με αντικυκλογένεση πάνω από ψυχρές επιφάνειες σε περιοχές όπως τα Βαλκάνια, κατά τη διάρκεια τόσο της θερμής όσο και της ψυχρής περιόδου του χρόνου. Από την άλλη πλευρά, η γένεση αντικυκλώνων πάνω από θερμή επιφάνεια πιθανότατα συνδέεται με την παρουσία ενός θερμού ridge στη μέση και ανώτερη τροπόσφαιρα, κατάσταση που συχνά παρατηρείται στα νοτιότερα τμήματα της Μεσογείου ως αποτέλεσμα της επέκτασης του υποτροπικού αεροχειμάρρου προς Βορρά και της ύπαρξης αντικυκλώνων εμποδισμού σε ανώτερα επίπεδα.

Πιο αναλυτικά, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, της άνοιξης και του καλοκαιριού έχουμε κορύφωση της γένεσης ψυχρών αντικυκλώνων, κυρίως πάνω από τις ηπειρωτικές περιοχές της Βορείου Αφρικής. Αυτό πιθανότατα οφείλεται στην ενίσχυση της κυκλογενετικής δραστηριότητας πάνω από τα Όρη του Άτλαντα, κυρίως την άνοιξη, που υποβοηθάει τη δημιουργία ψυχρών αντικυκλώνων μετά από τη διέλευση μετωπικών ορογραφικών χαμηλών ή λόγω της ψύξης δι' ακτινοβολίας πάνω από εκτενείς ερήμους (Σχήμα 4.12) (Ioannidou and Yau 2008).

Τα μέγιστα των θερμών αντικυκλώνων πάνω από τη Βόρειο Αφρική κατά τη ψυχρή περίοδο (Σχήμα 4.13) μπορούν να αποδοθούν στην αυξημένη συχνότητα των εκτεταμένων σε ανώτερα επίπεδα αντικυκλώνων εμποδισμού στον Ατλαντικό ωκεανό και την Ευρώπη (HMSO 1962), η οποία επίσης ρυθμίζει τη συχνότητα των επιφανειακά θερμών αντικυκλώνων καθώς και την κυκλογενετική δραστηριότητα (Kouroutzoglou et al. 2015).

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, η γένεση θερμών αντικυκλώνων εμφανίζει μέγιστο πάνω από τα Βαλκάνια και τη Μαύρη Θάλασσα, ενώ η αυξημένη συχνότητα πάνω από τη Βόρειο Αφρική αντικατοπτρίζει μία επέκταση προς Ανατολάς του αντικυκλώνα των Αζορών συνοδευόμενη από ανώτερα θερμά ridges. Η συμπεριφορά αυτή συνδέεται με κύματα καύσωνα στην περιοχή της Μεσογείου.

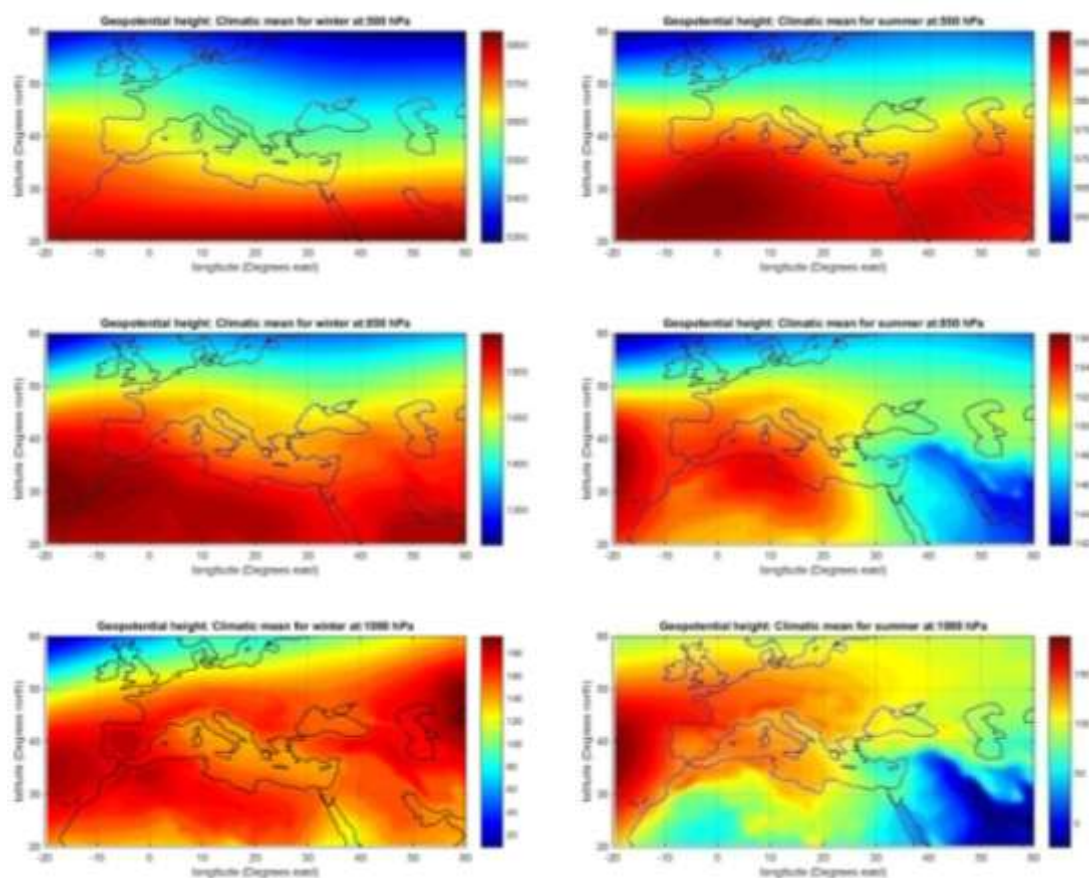
5 Μελέτη κατακόρυφης δομής των ψυχρών και θερμών αντικυκλώνων

Με στόχο τη μελέτη της κατακόρυφης δομής των αντικυκλώνων που δημιουργούνται στη Μεσόγειο, μελετήθηκαν τα μέσα και ανώμαλα πεδία του γεωδυναμικού ύψους, της θερμοκρασίας και του σχετικού στροβιλισμού στην ατμόσφαιρα.

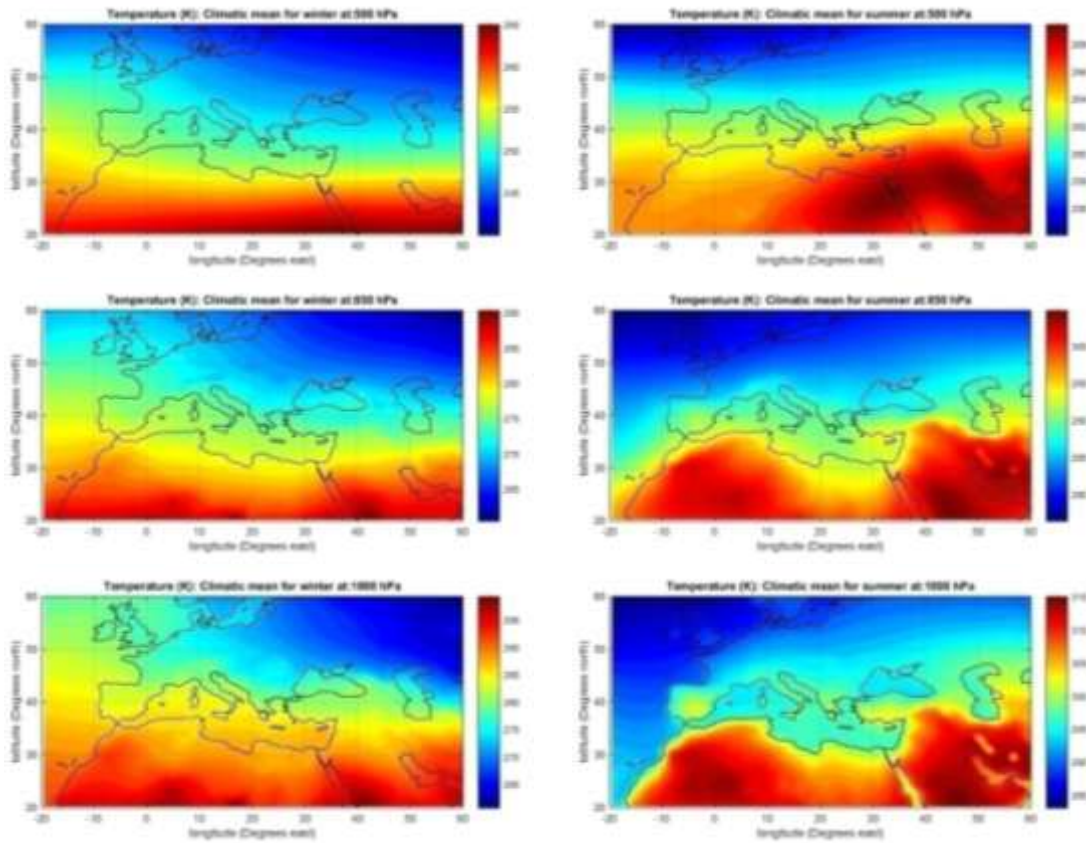
Συγκεκριμένα, αυτές οι παράμετροι μελετήθηκαν χρησιμοποιώντας τα δεδομένα ERA-Interim για την περιοχή της Μεσογείου στα ισοβαρικά επίπεδα 1000, 850 και 500hPa για τα έτη 1979-2012.

5.1 Κλιματολογία

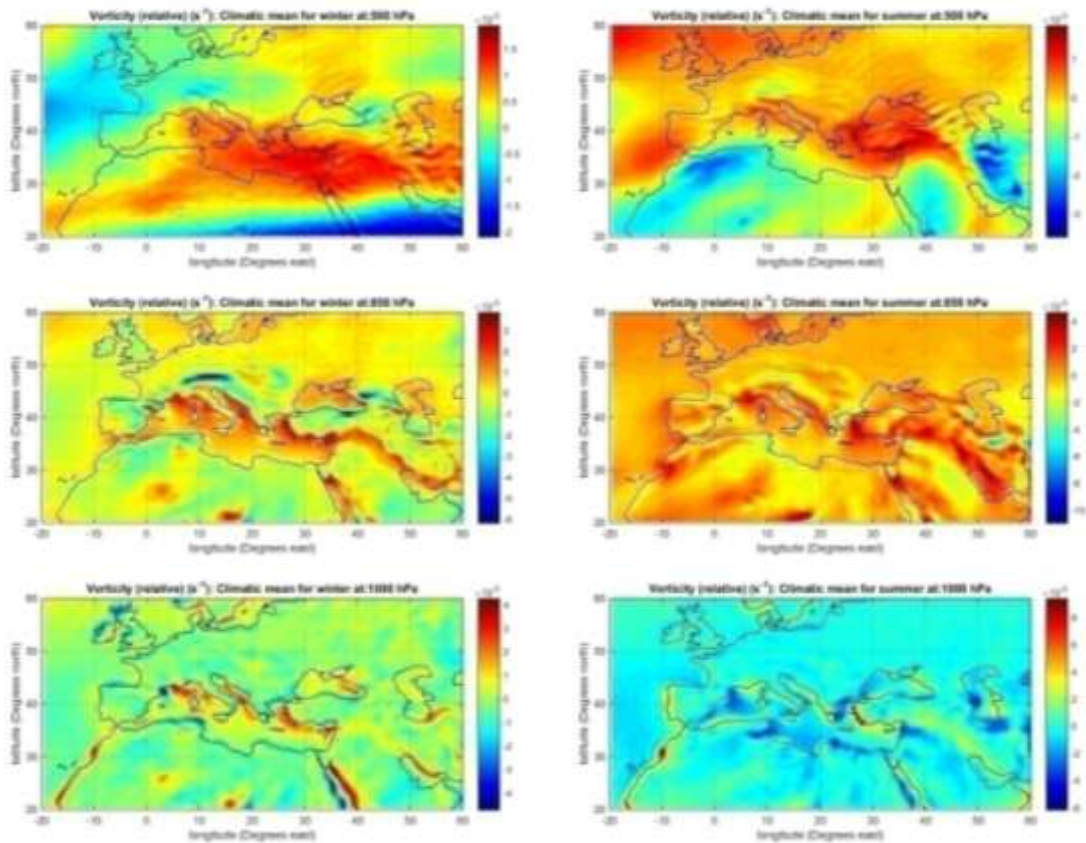
Με βάση τα δεδομένα αυτά, υπολογίστηκε η κλιματολογία ξεχωριστά για χειμώνα και καλοκαίρι. Οι χάρτες που απεικονίζουν τη κλιματολογία για χειμώνα και καλοκαίρι στα τρία ισοβαρικά επίπεδα ενδιαφέροντος δίνονται στα Σχήματα 5.1, 5.2 και 5.3 για το γεωδυναμικό ύψος, τη θερμοκρασία και το σχετικό στροβιλισμό αντίστοιχα.



Σχήμα 5.1: Χωρική κατανομή της κλιματολογίας του γεωδυναμικού ύψους (m) για τον χειμώνα (αριστερά) και το καλοκαίρι (δεξιά) στα 500, 850 και 1000 hPa.



Σχήμα 5.2: Χωρική κατανομή της κλιματολογίας της θερμοκρασίας (K) για τον χειμώνα (αριστερά) και το καλοκαίρι (δεξιά) στα 500, 850 και 1000 hPa.



Σχήμα 5.3: Χωρική κατανομή της κλιματολογίας του σχετικού στροβιλισμού για τον χειμώνα (αριστερά) και το καλοκαίρι (δεξιά) στα 500, 850 και 1000 hPa

Στο Σχήμα 5.1 παρατηρείται ότι τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι το γεωδυναμικό ύψος εμφανίζει μέγιστο δυτικά της Βορείου Αφρικής, περιοχή όπου εδράζεται ο αντικυκλώνας των Αζορών. Υψηλές τιμές γεωδυναμικού εντοπίζονται και κατά τη διάρκεια του χειμώνα στο χάρτη των 1000 hPa ανατολικά της Κασπίας Θάλασσας υποδεικνύοντας την επέκταση του Σιβηρικού αντικυκλώνα. Από την άλλη πλευρά, οι χαμηλές τιμές του γεωδυναμικού βορειοδυτικά των Βρετανικών Νησιών αντιπροσωπεύουν το χαμηλό της Ισλανδίας. Τέλος, το καλοκαίρι το γεωδυναμικό εμφανίζει ελάχιστο στην ευρύτερη περιοχή του Περσικού κόλπου, όπου εντοπίζεται το θερμικό χαμηλό του Πακιστάν, το οποίο όμως περιορίζεται μέχρι τα 850 hPa.

Στους κλιματολογικούς χάρτες της χωρικής κατανομής της θερμοκρασίας στη Μεσόγειο (Σχήμα 5.2) παρατηρείται ότι η θερμοκρασία εμφανίζει μέγιστα στη Βόρειο Αφρική και μειώνεται βορειότερα. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα εμφανίζει ελάχιστο στην περιοχή της Σιβηρίας, ενώ το καλοκαίρι βορειοδυτικά των Βρετανικών Νησιών. Οι χωρικές μεταβολές της θερμοκρασίας είναι εντονότερες στην επιφάνεια και εξομαλύνονται με το ύψος με αποτέλεσμα στα 500 hPa η χωρική κατανομή της θερμοκρασίας να είναι σχεδόν ζωνική. Επιπλέον, οι θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού είναι συστηματικά μεγαλύτερες απ' ό,τι το χειμώνα.

Σε ό,τι αφορά την κλιματολογία για το σχετικό στροβιλισμό (Σχήμα 5.3) στα 1000 hPa κατά τη διάρκεια του χειμώνα, παρατηρείται ότι η δυτική Μεσόγειος και συγκεκριμένα η Ιβηρική χερσόνησος και η βορειοδυτική Αφρική καλύπτονται από αντικυκλωνικό στροβιλισμό, γεγονός που έρχεται σε συμφωνία με την απουσία κυκλωνικής δραστηριότητας στις περιοχές αυτές (Flocas et al. 2001, Triggo et al. 1999). Ενδιαφέρουσες είναι οι χαμηλές τιμές στροβιλισμού πάνω από τα Βρετανικά Νησιά και τη βορειοδυτική Ευρώπη, δεδομένου ότι πρόκειται για περιοχές οι οποίες επηρεάζονται συχνά από κινητές υφέσεις. Ωστόσο, αυτές οι τιμές αντιπροσωπεύουν το κλιματολογικό υπόβαθρο στροβιλισμού της περιοχής για περίοδο 34 ετών και επιπλέον έρχονται σε συμφωνία με την κλιματολογία του γεωδυναμικού ύψους (Σχήμα 5.1) το χειμώνα στο ίδιο ισοβαρικό επίπεδο, όπου το κέντρο του χαμηλού της Ισλανδίας εντοπίζεται σε βορειότερη θέση (Flocas et al. 2001).

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, ο αντικυκλωνικός στροβιλισμός αυξάνεται στο νοτιότερο τμήμα της Μεσογείου, αφενός λόγω της επέκτασης του αντικυκλώνα των Αζορών (Flocas et al. 2001, Prezerakos 1984) και αφετέρου λόγω της επίδρασης του υποτροπικού αντικυκλώνα του οποίου το κέντρο εδράζεται πάνω από τη Βόρειο Αφρική.

Η χωρική κατανομή του σχετικού στροβιλισμού στο ισοβαρικό επίπεδο των 850 hPa πάνω από τη Μεσόγειο δεν διαφέρει σημαντικά από την αντίστοιχη κατανομή στα 1000 hPa, με τη διαφορά ότι οι χωρικές μεταβολές εξομαλύνονται. Επιπρόσθετα, στα 850 hPa παρατηρείται συνολική μείωση του αντικυκλωνικού στροβιλισμού στο νότιο τμήμα της Μεσογείου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού σε σχέση με τα 1000 hPa (Flocas et al. 2001).

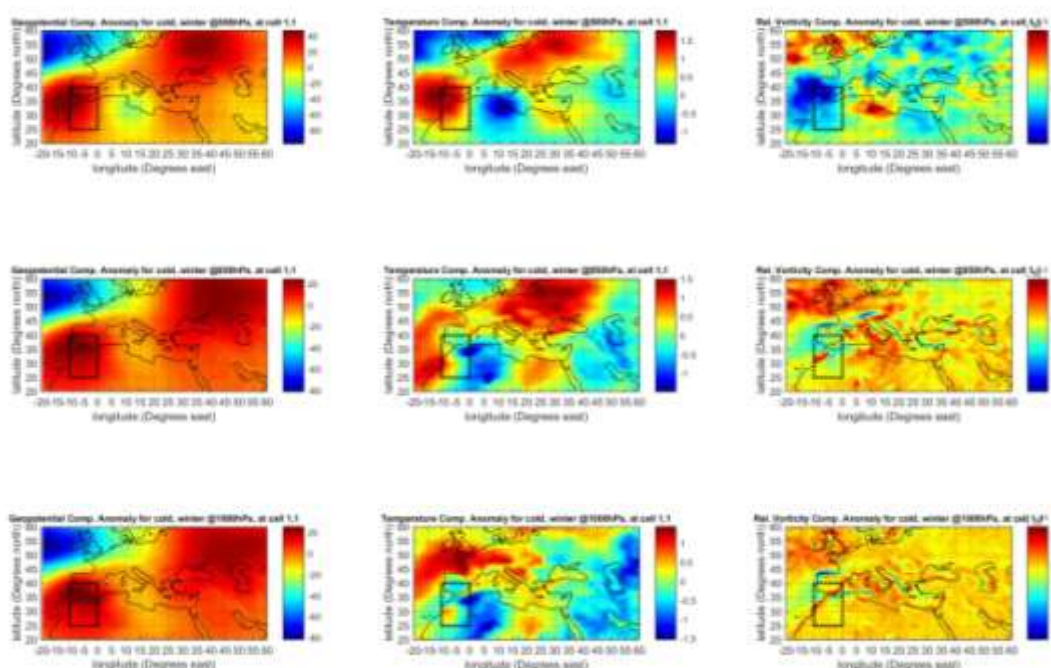
Στα 500 hPa οι εποχικές διακυμάνσεις είναι ακόμα μικρότερες συγκριτικά με την κατώτερη τροπόσφαιρα σε συμφωνία με προηγούμενες μελέτες (Flocas et al. 2001,

Ruiz and Vargas 1998). Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, η αύξηση του αντικυκλωνικού στροβιλισμού πάνω από τη Βόρειο Αφρική και η μείωση του κυκλωνικού στροβιλισμού πάνω από την ανατολική Μεσόγειο συνδέονται με την επίδραση του υποτροπικού αντικυκλώνα ο οποίος εντοπίζεται στην ανώτερη τροπόσφαιρα πάνω από την trough του Περσικού Κόλπου.

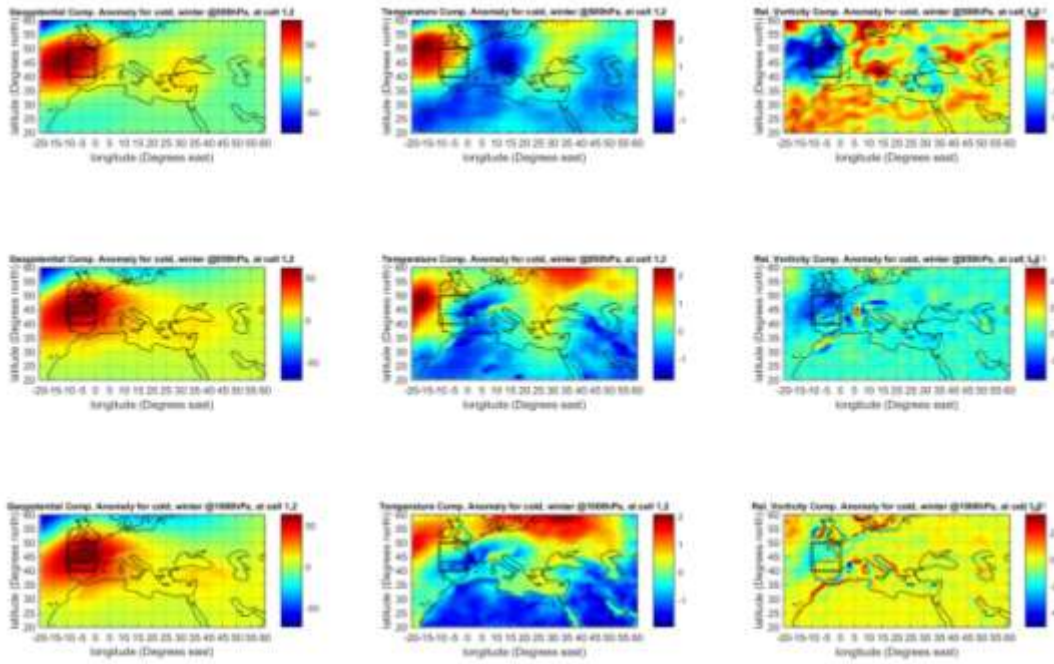
5.2 Μέσα και Ανώμαλα Πεδία

Στη συνέχεια, εξήχθη η μέση τιμή της κατανομής των υπό μελέτη ατμοσφαιρικών παραμέτρων κατόπιν ομαδοποίησης ανά εποχή, τομέα γένεσης, ισοβαρικό επίπεδο και θερμικό χαρακτήρα. Ο θερμικός χαρακτήρας των αντικυκλώνων, η θέση τους και η εποχή του χρόνου τη στιγμή της δημιουργίας τους ελήφθησαν υπόψιν με στόχο να διασαφηνιστεί ο ακριβής ρόλος που διαδραματίζουν στη διαδικασία της αντικυκλογένεσης. Έτσι, δημιουργήθηκαν συνθετικοί χάρτες (composite maps) του γεωδυναμικού ύψους, της θερμοκρασίας και του σχετικού στροβιλισμού. Στη συνέχεια, με τη σύγκριση των ανωτέρω κατανομών με την αντίστοιχη κλιματολογία αποτυπώθηκε η συνθετική ανωμαλία (composite anomaly) της αντικυκλογένεσης που απεικονίζεται στους χάρτες των Σχημάτων 5.4 έως 5.43.

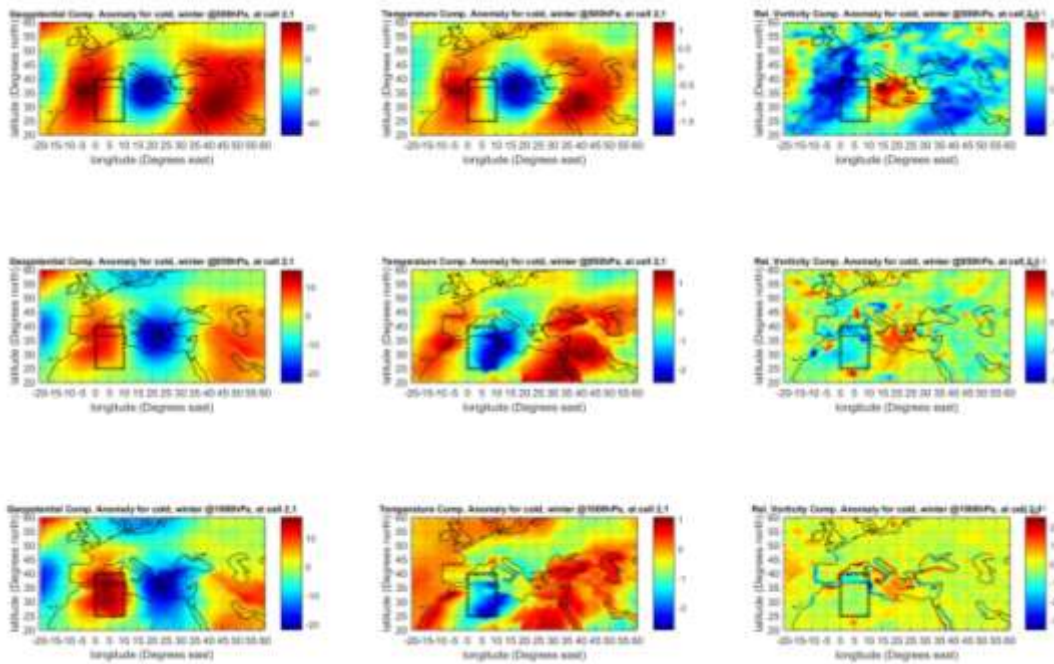
5.2.1 Ψυχροί Αντικυκλώνες



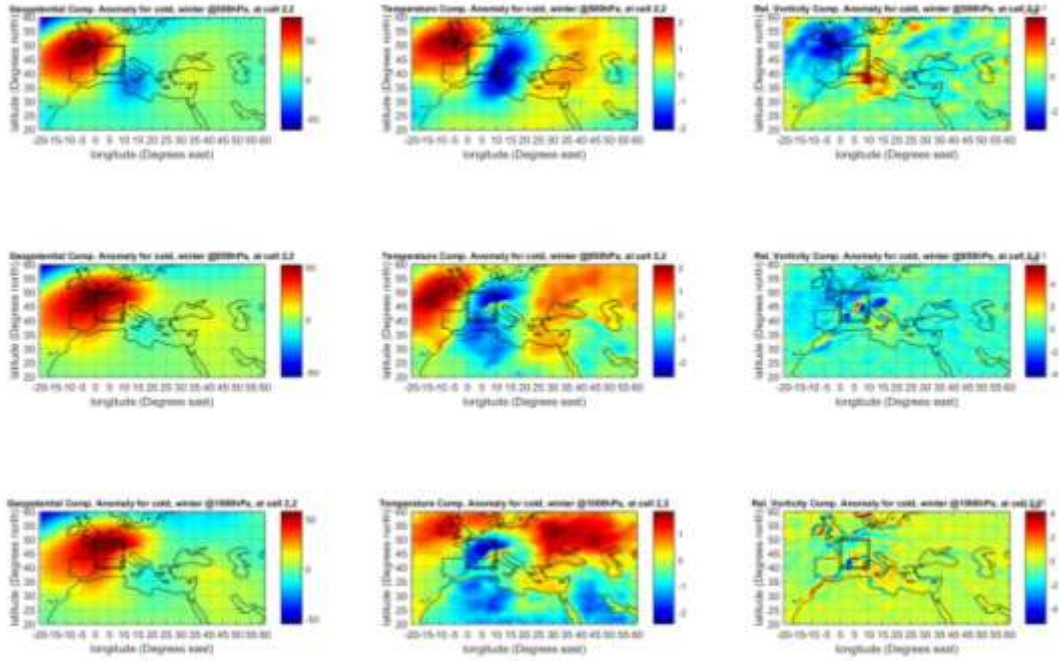
Σχήμα 5.4: Χωρική κατανομή της ανωμαλίας του γεωδυναμικού ύψους (m, αριστερή στήλη), της θερμοκρασίας (K, μεσαία στήλη) και του σχετικού στροβιλισμού (10^{-1} PVU, δεξιά στήλη) στα 500, 850 και 1000 hPa για ψυχρούς αντικυκλώνες που γεννιούνται στη Μεσόγειο κατά τη διάρκεια του χειμώνα για τον Τομέα 1,1. Η διακεκομμένη γραμμή υποδεικνύει τον τομέα στον οποίο μελετώνται τα γεννηθέντα αντικυκλωνικά συστήματα που ελήφθησαν υπόψιν.



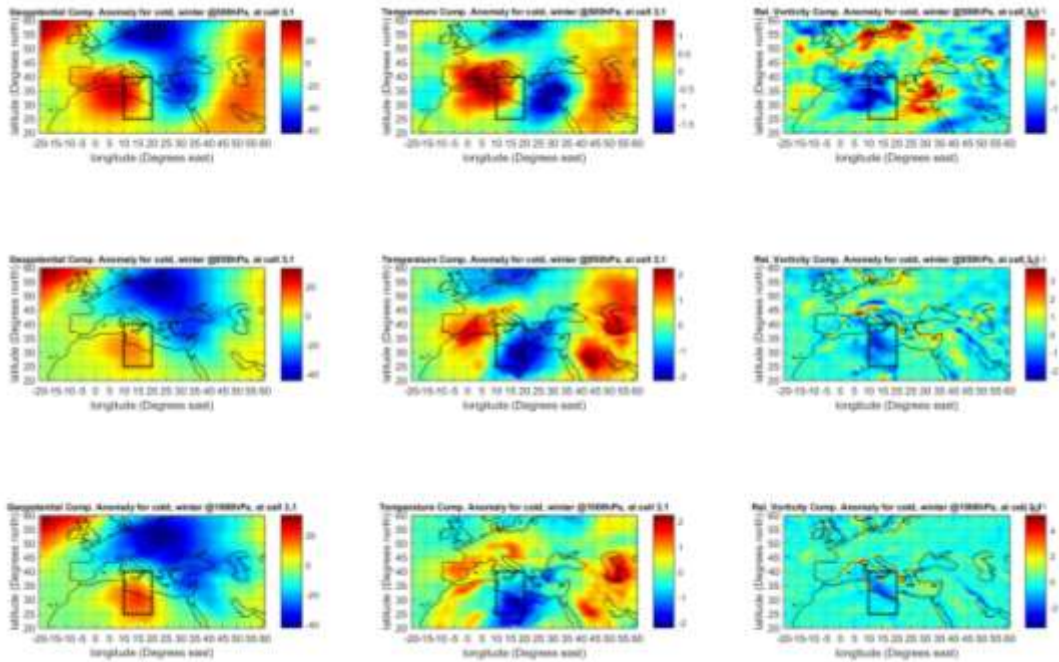
Σχήμα 5.5: Ομοίως με το Σχήμα 5.4 για τον Τομέα 1,2.



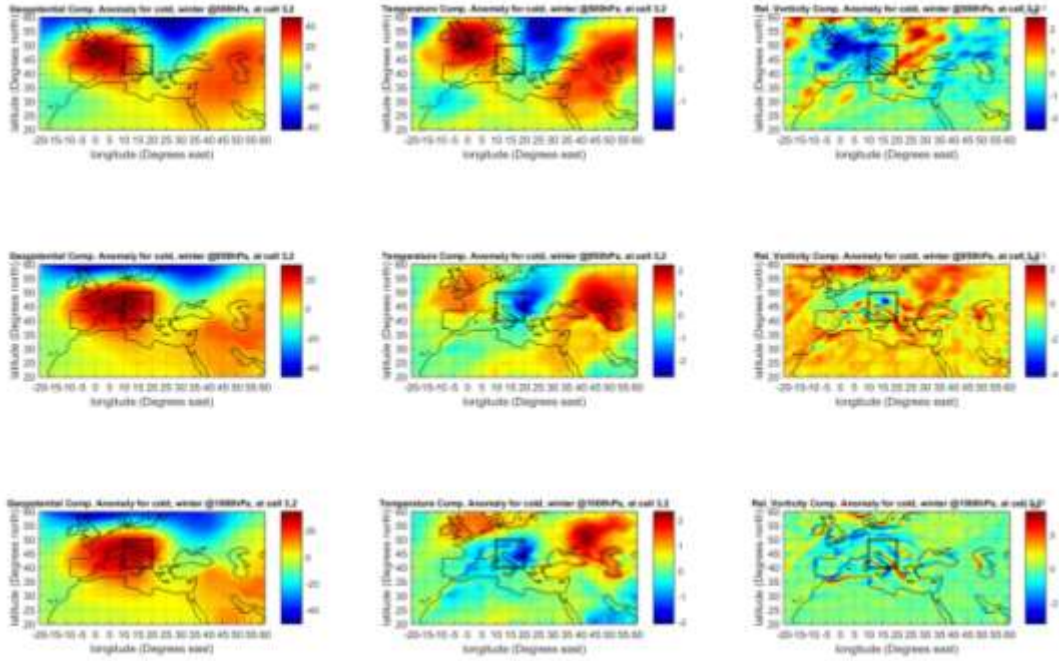
Σχήμα 5.6: Ομοίως με το Σχήμα 5.4 για τον Τομέα 2,1.



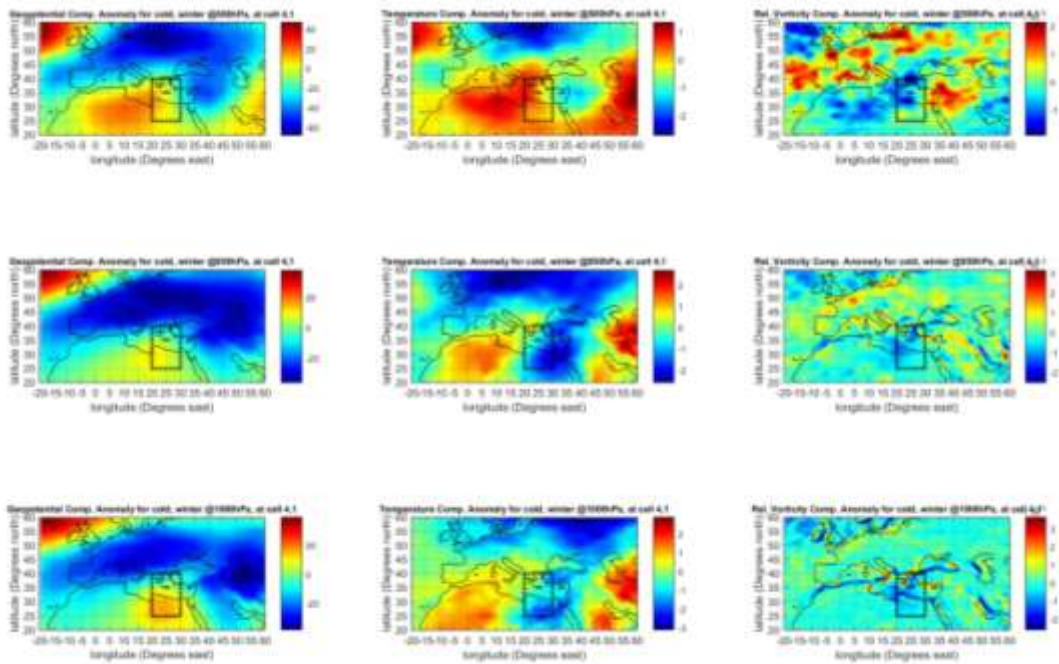
Σχήμα 5.7: Ομοίως με το Σχήμα 5.4 για τον Τομέα 2,2.



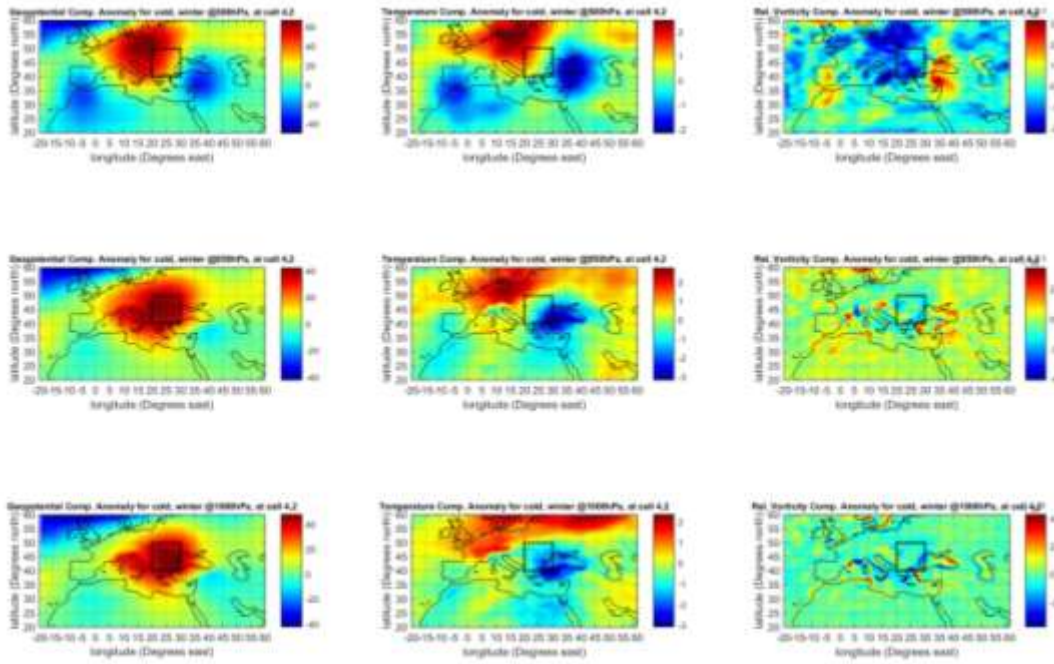
Σχήμα 5.8: Ομοίως με το Σχήμα 5.4 για τον Τομέα 3,1.



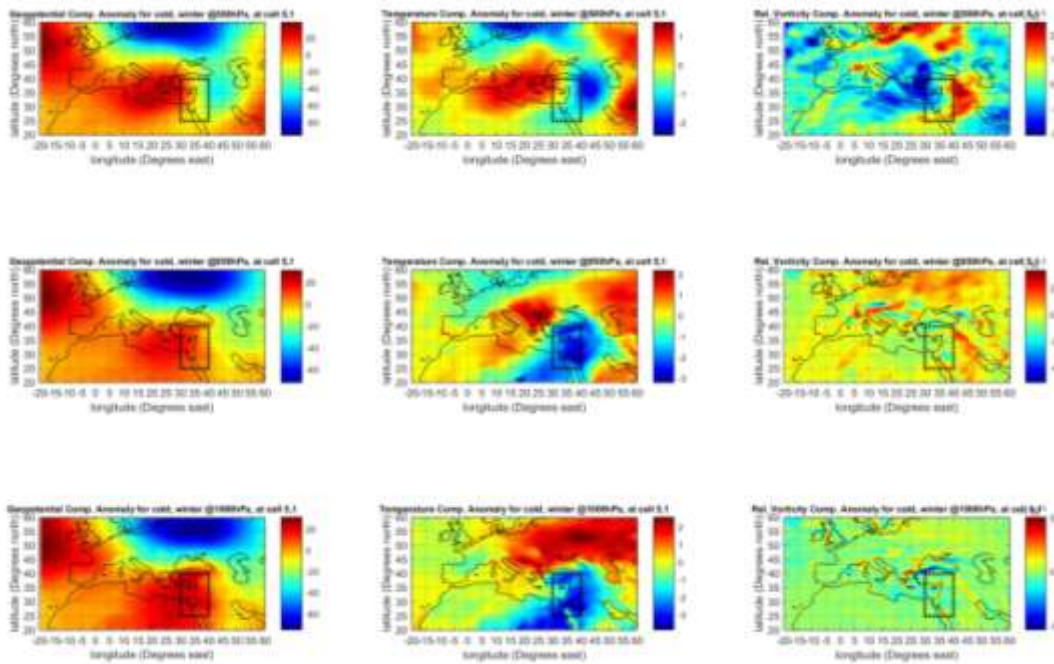
Σχήμα 5.9: Ομοίως με το Σχήμα 5.4 για τον Τομέα 3,2.



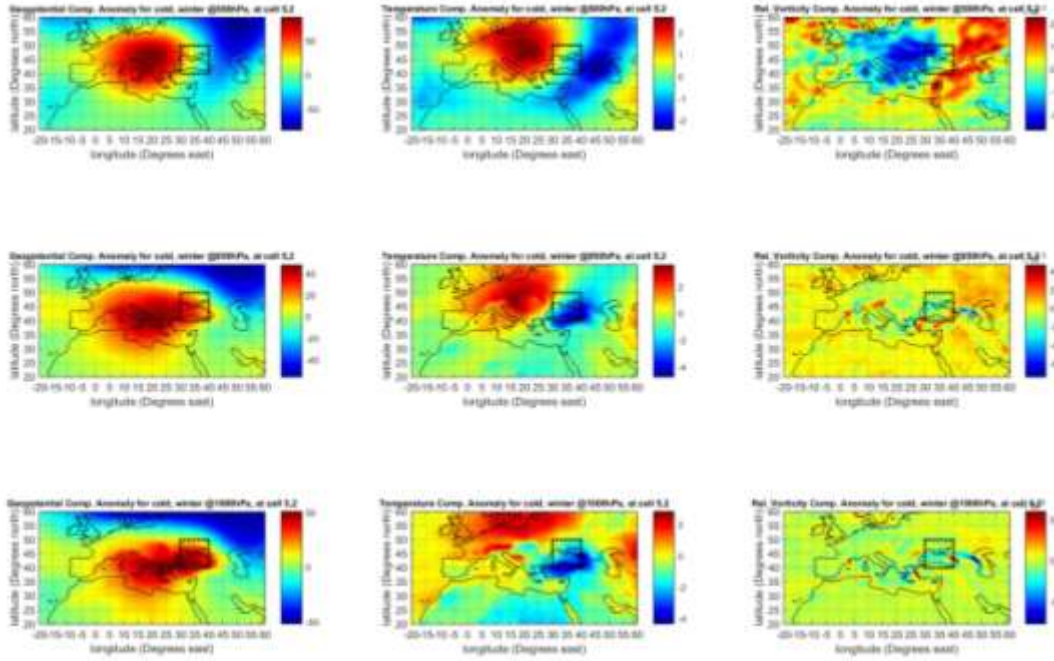
Σχήμα 5.10: Ομοίως με το Σχήμα 5.4 για τον Τομέα 4,1.



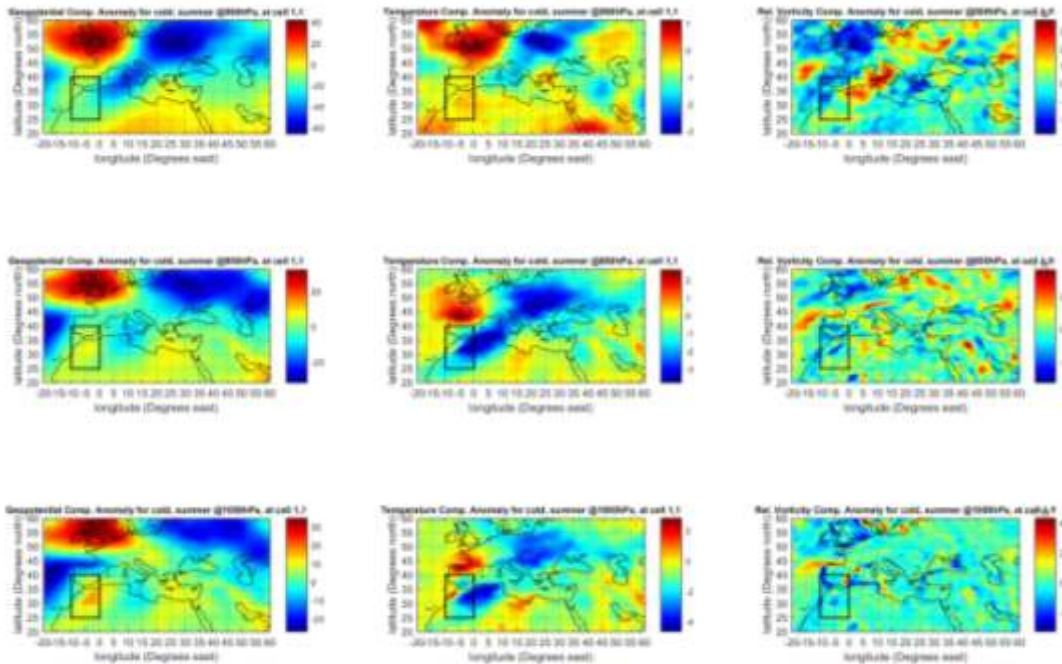
Σχήμα 5.11: Ομοίως με το Σχήμα 5.4 για τον Τομέα 4,2.



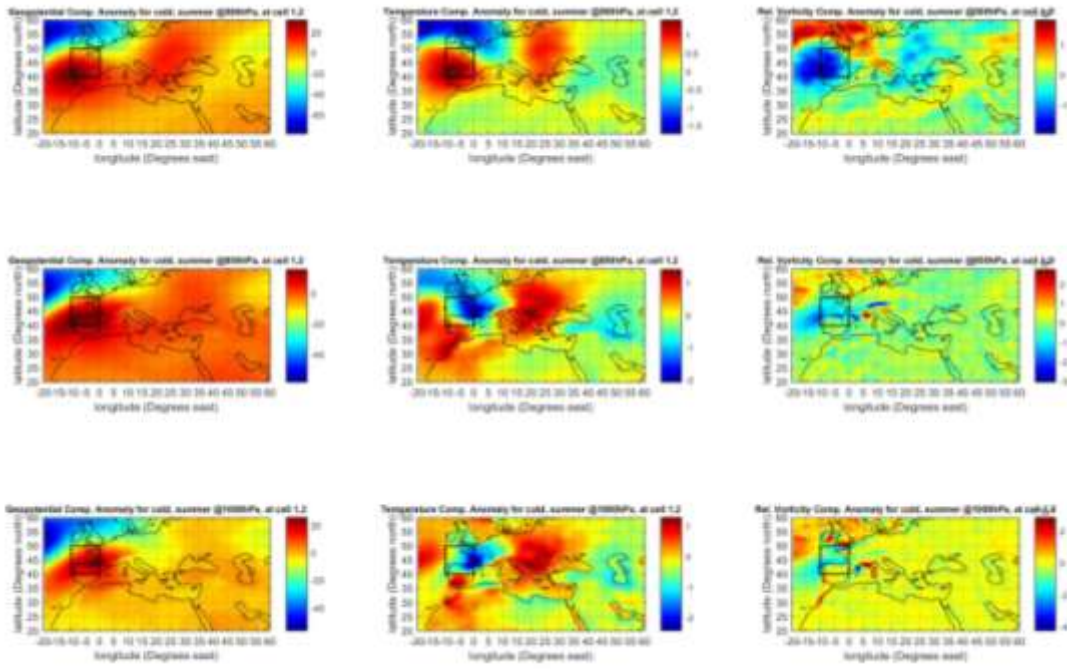
Σχήμα 5.12: Ομοίως με το Σχήμα 5.4 για τον Τομέα 5,1.



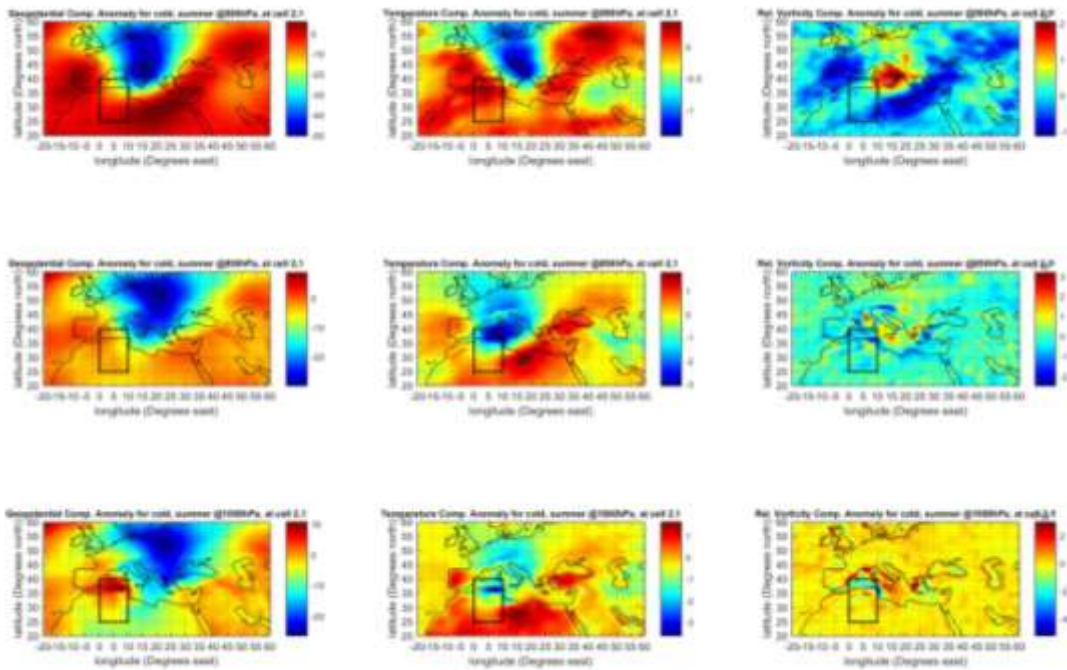
Σχήμα 5.13: Ομοίως με το Σχήμα 5.4 για τον Τομέα 5,2.



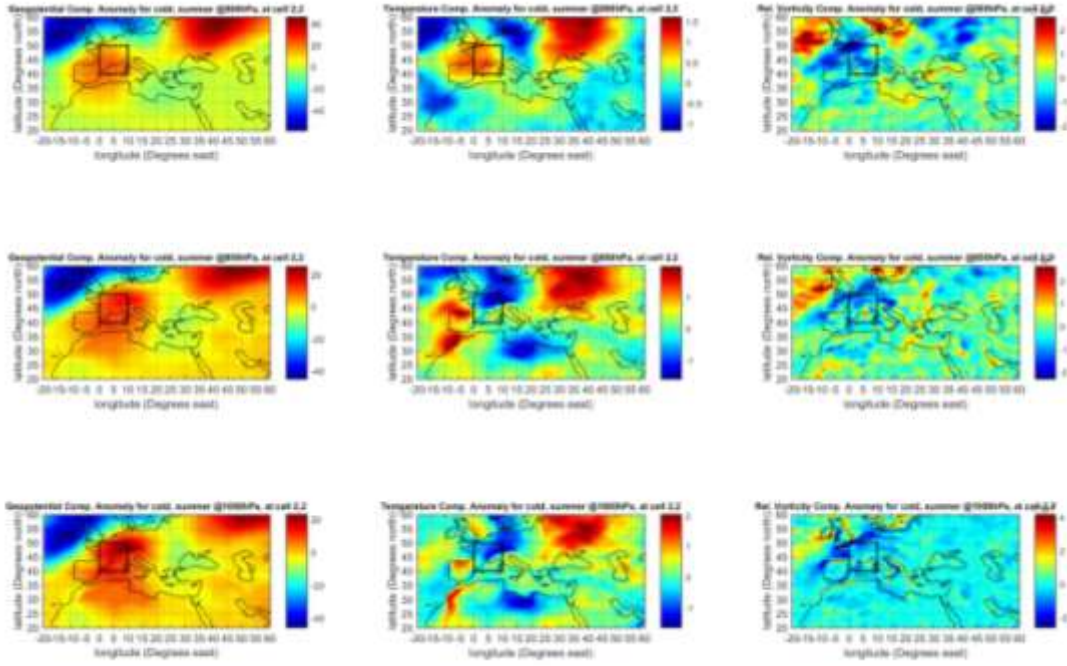
Σχήμα 5.14: Χωρική κατανομή της ανωμαλίας του γεωδυναμικού ύψους (m, αριστερή στήλη), της θερμοκρασίας (K, μεσαία στήλη) και του σχετικού στροβιλισμού (10^{-1} PVU, δεξιά στήλη) στα 500, 850 και 1000 hPa για ψυχρούς αντικυκλώνες που γεννιούνται στη Μεσόγειο κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού για τον Τομέα 1,1. Η διακεκομμένη γραμμή υποδεικνύει τον τομέα στον οποίο μελετώνται τα γεννηθέντα αντικυκλωνικά συστήματα που ελήφθησαν υπόψιν.



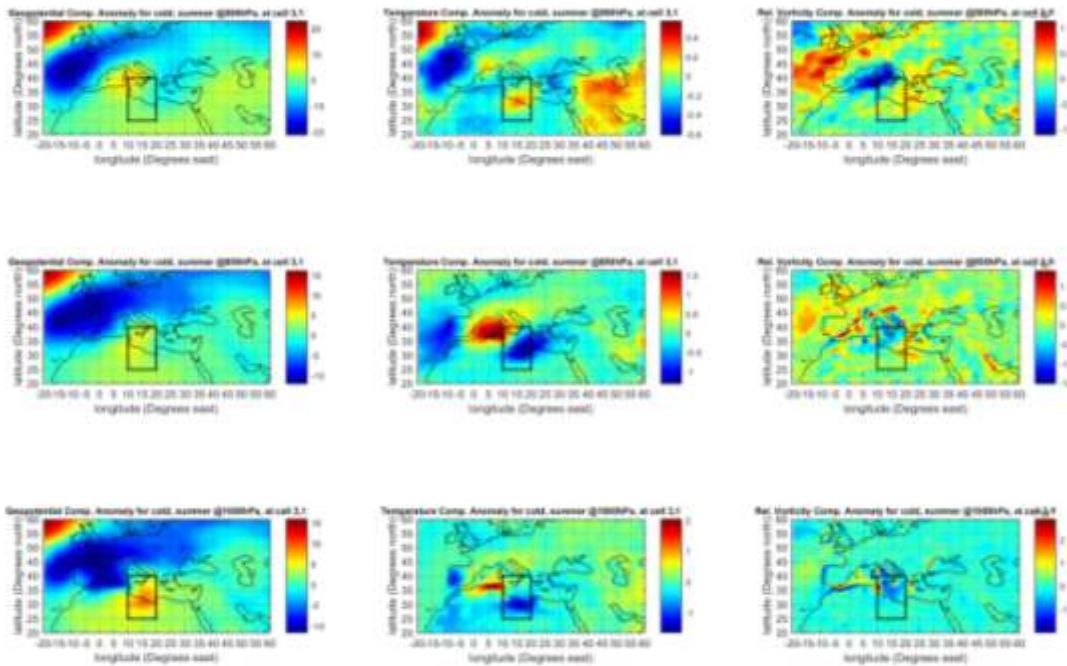
Σχήμα 5.15: Ομοίως με το Σχήμα 5.14 για τον Τομέα 1,2.



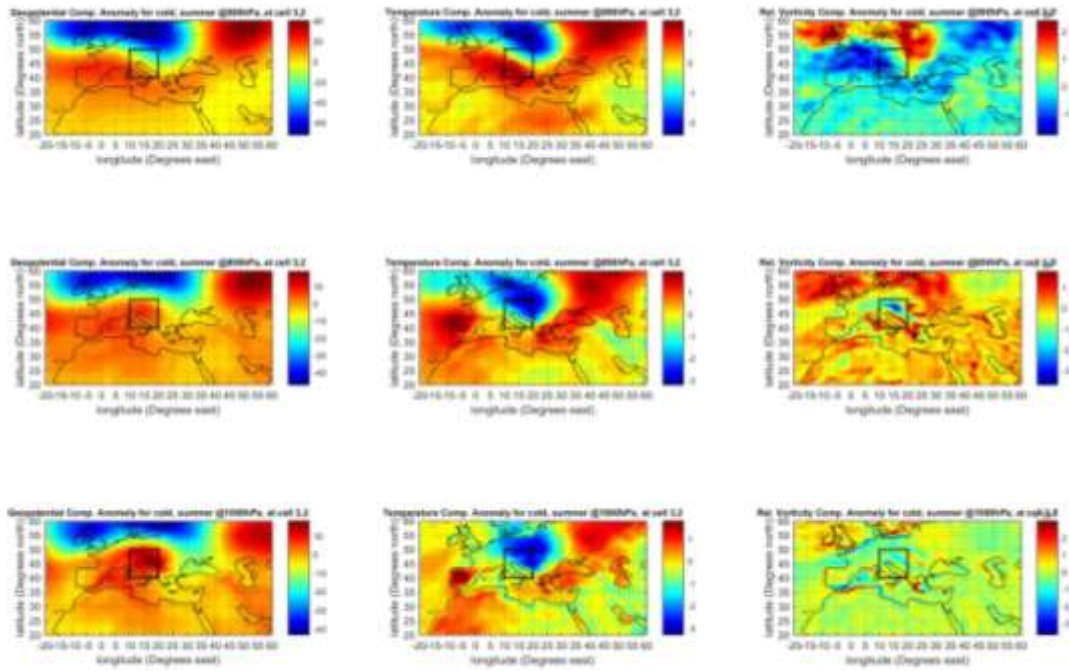
Σχήμα 5.16: Ομοίως με το Σχήμα 5.14 για τον Τομέα 2,1.



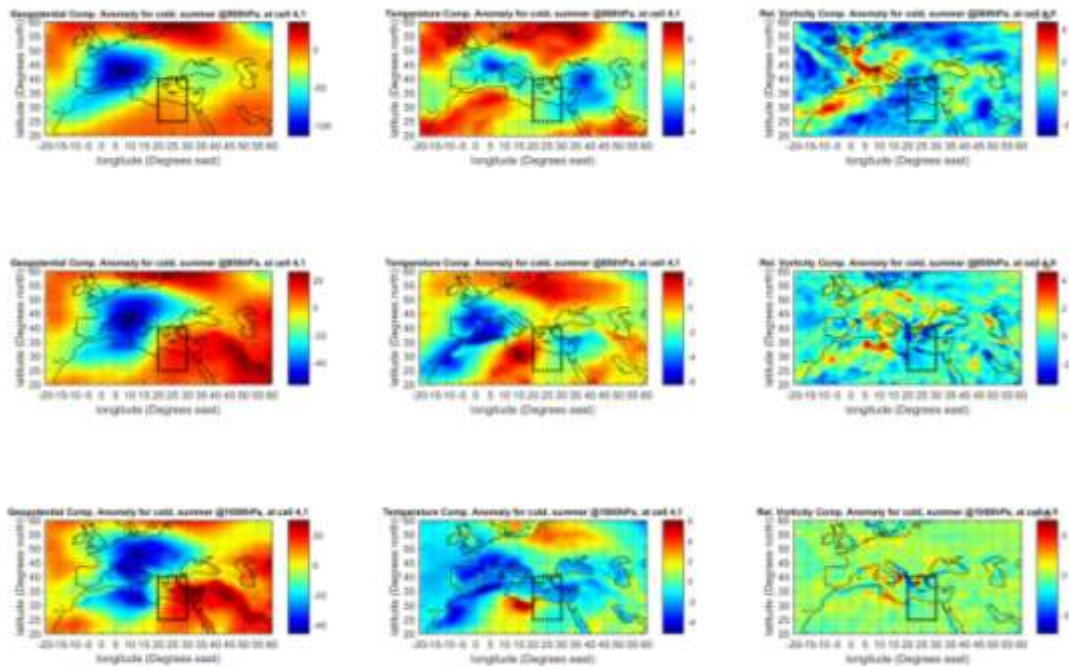
Σχήμα 5.17: Ομοίως με το Σχήμα 5.14 για τον Τομέα 2,2.



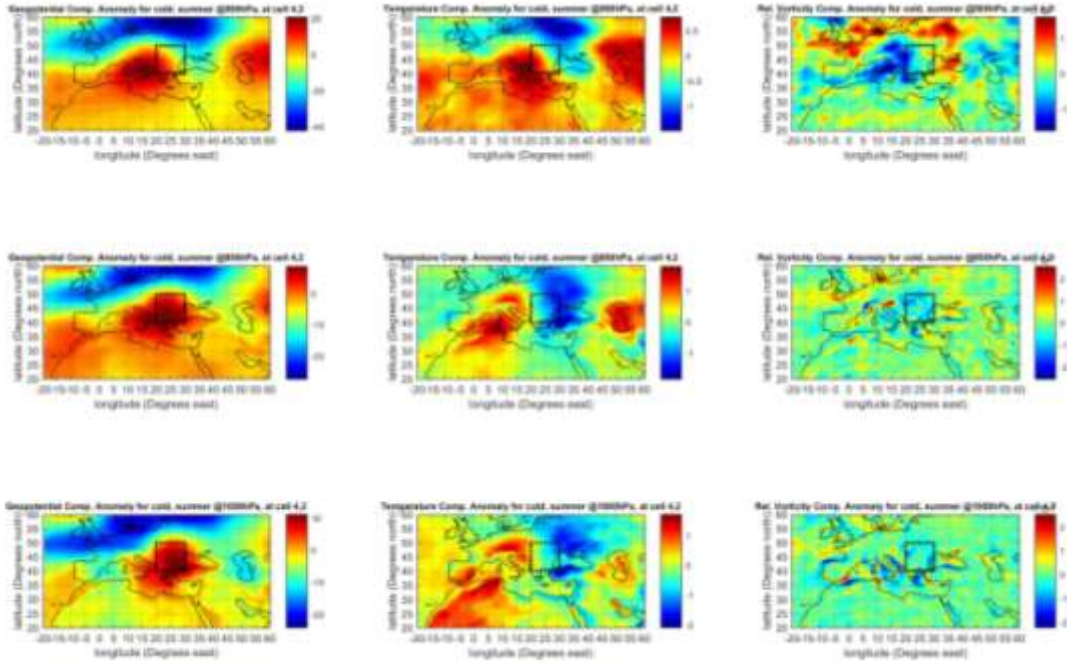
Σχήμα 5.18: Ομοίως με το Σχήμα 5.14 για τον Τομέα 3,1.



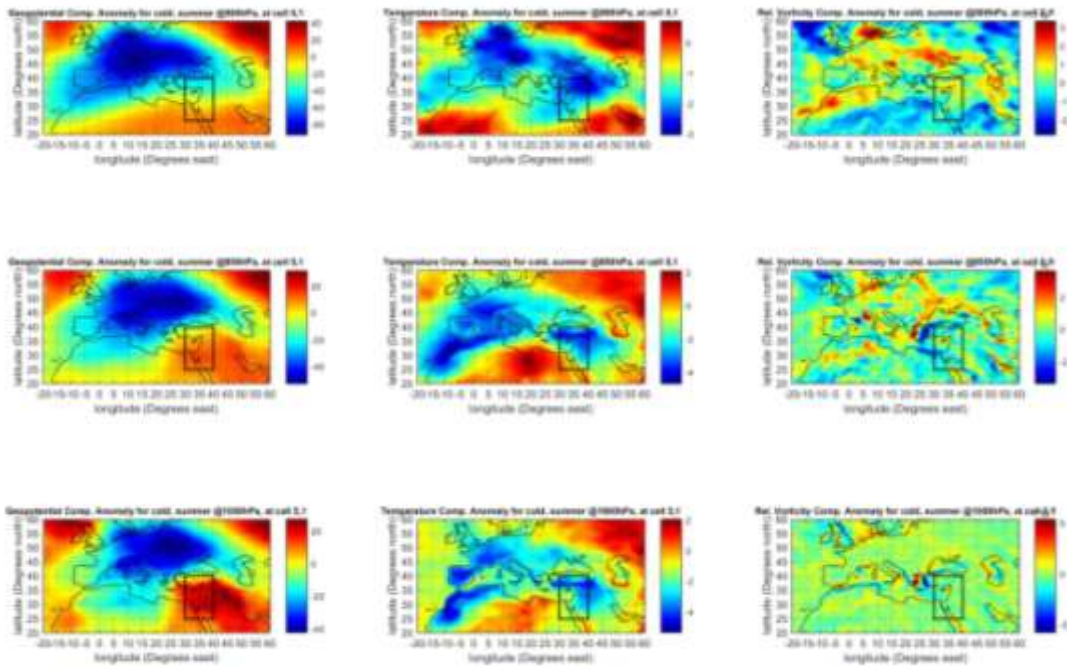
Σχήμα 5.19: Ομοίως με το Σχήμα 5.14 για τον Τομέα 3,2.



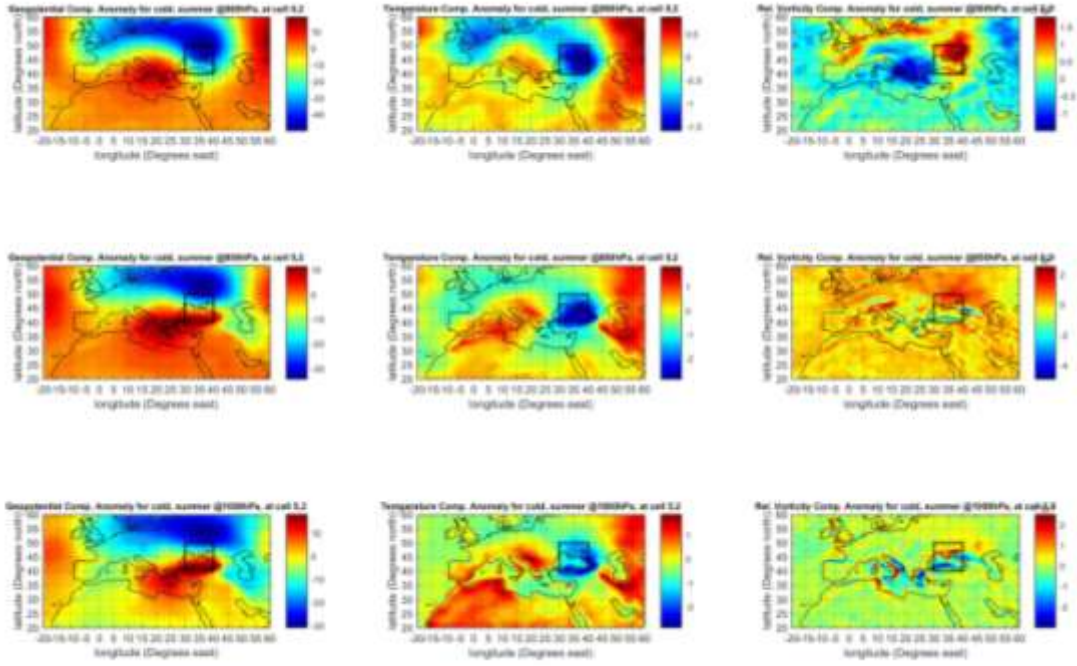
Σχήμα 5.20: Ομοίως με το Σχήμα 5.14 για τον Τομέα 4,1.



Σχήμα 5.21: Ομοίως με το Σχήμα 5.14 για τον Τομέα 4,2.

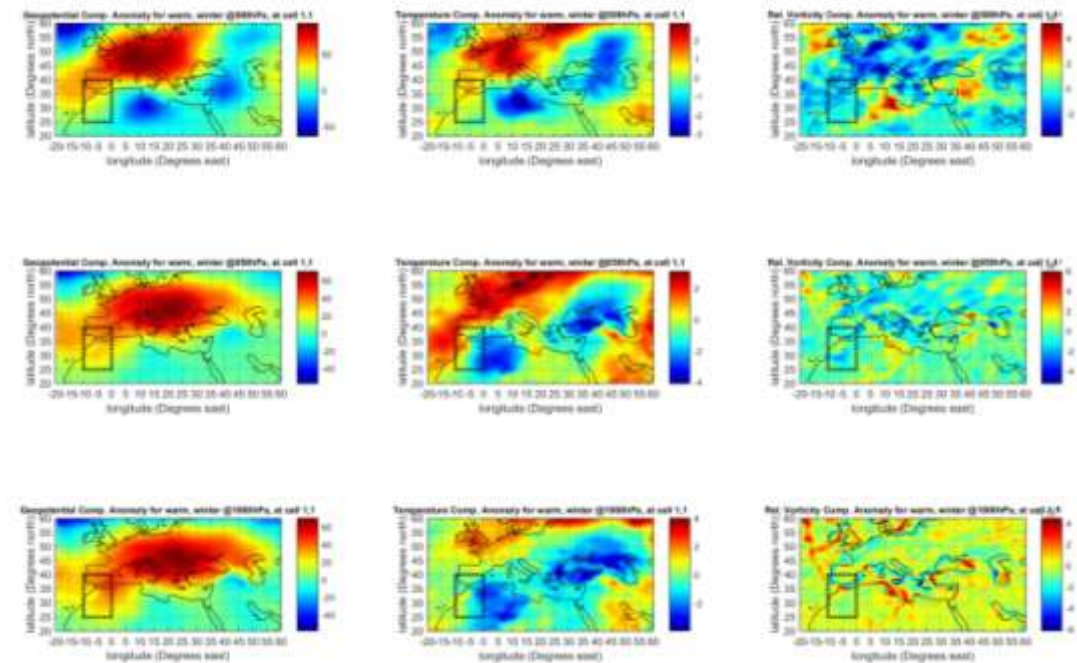


Σχήμα 5.22: Ομοίως με το Σχήμα 5.14 για τον Τομέα 5,1.

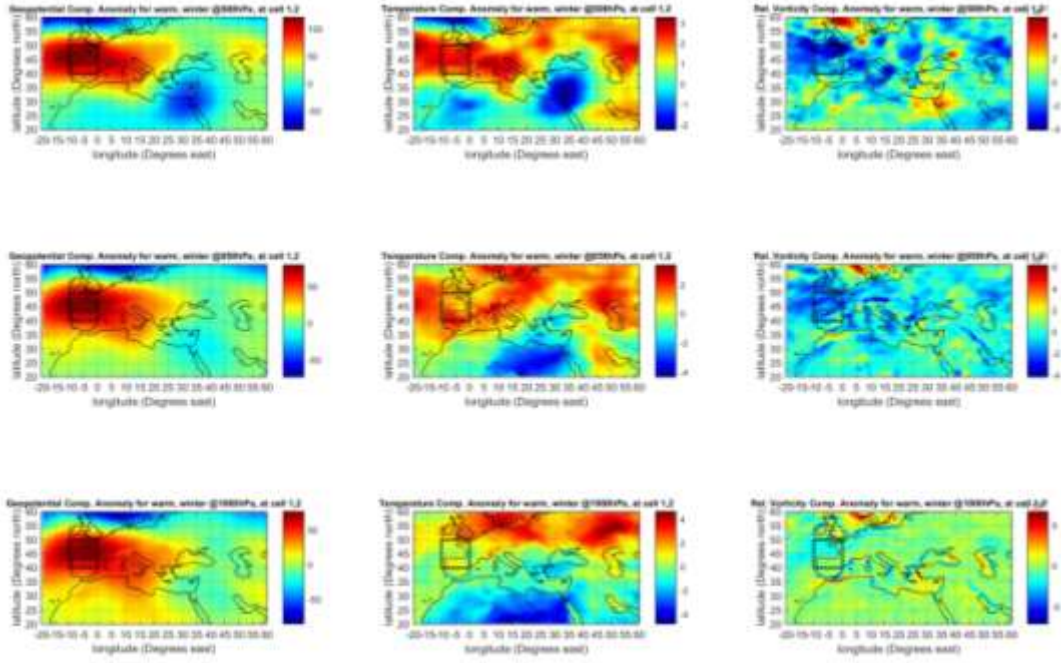


Σχήμα 5.23: Ομοίως με το Σχήμα 5.14 για τον Τομέα 5,2.

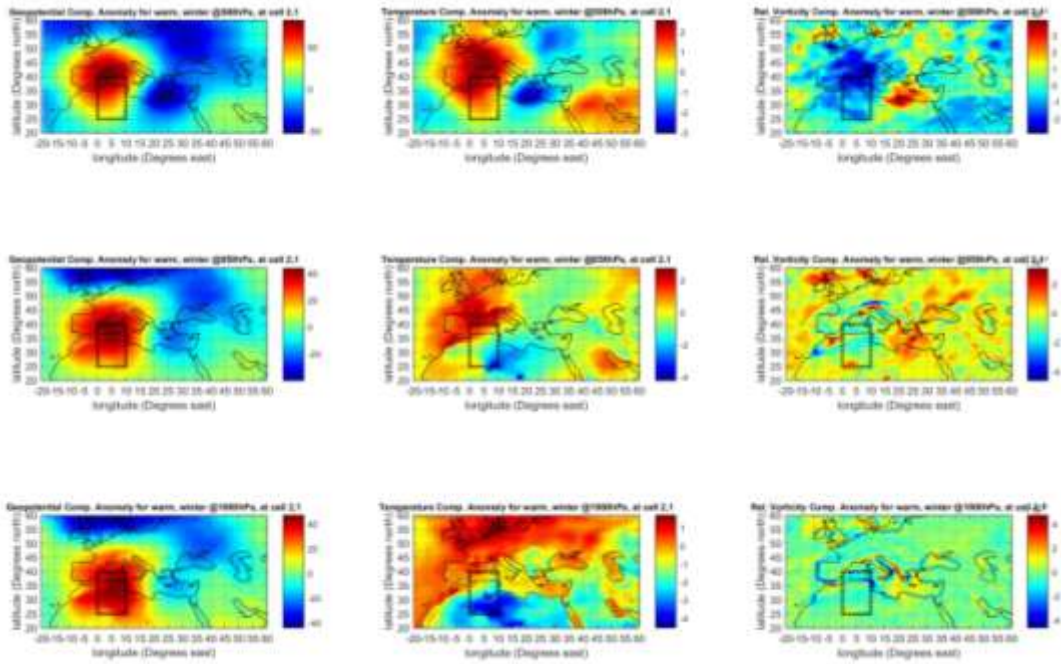
5.2.2 Θερμοί Αντικυκλώνες



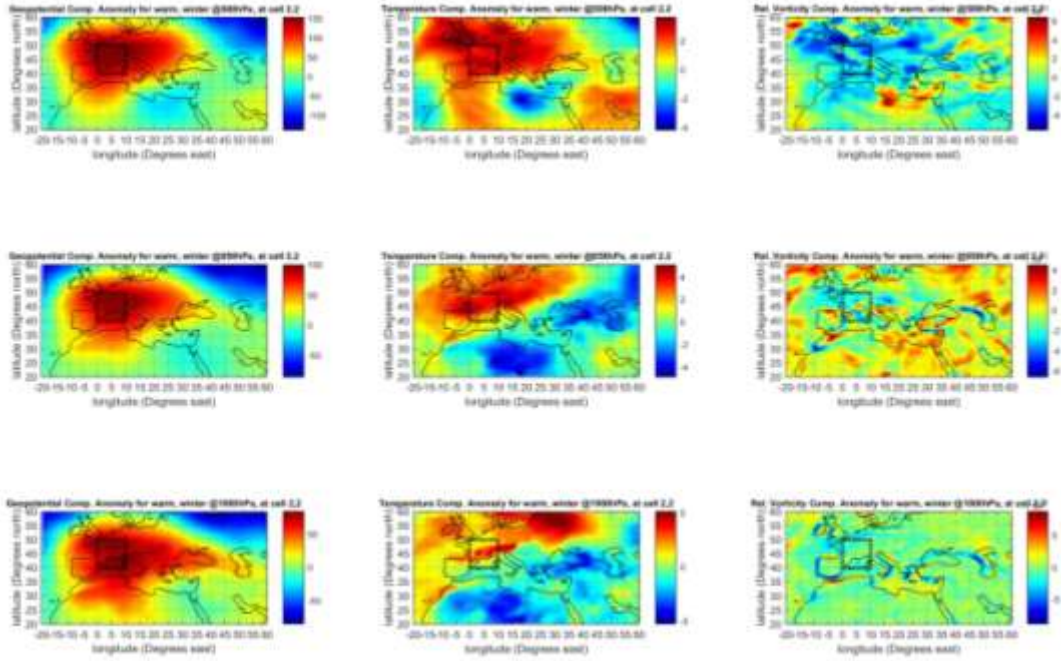
Σχήμα 5.24: Χωρική κατανομή της ανωμαλίας του γεωδυναμικού ύψους (m, αριστερή στήλη), της θερμοκρασίας (K, μεσαία στήλη) και του σχετικού στροβιλισμού (10^{-1} PVU, δεξιά στήλη) στα 500, 850 και 1000 hPa για θερμούς αντικυκλώνες που γεννιούνται στη Μεσόγειο κατά τη διάρκεια του χειμώνα για τον Τομέα 1,1. Η διακεκομμένη γραμμή υποδεικνύει τον τομέα στον οποίο μελετώνται τα γεννηθέντα αντικυκλωνικά συστήματα που ελήφθησαν υπόψιν.



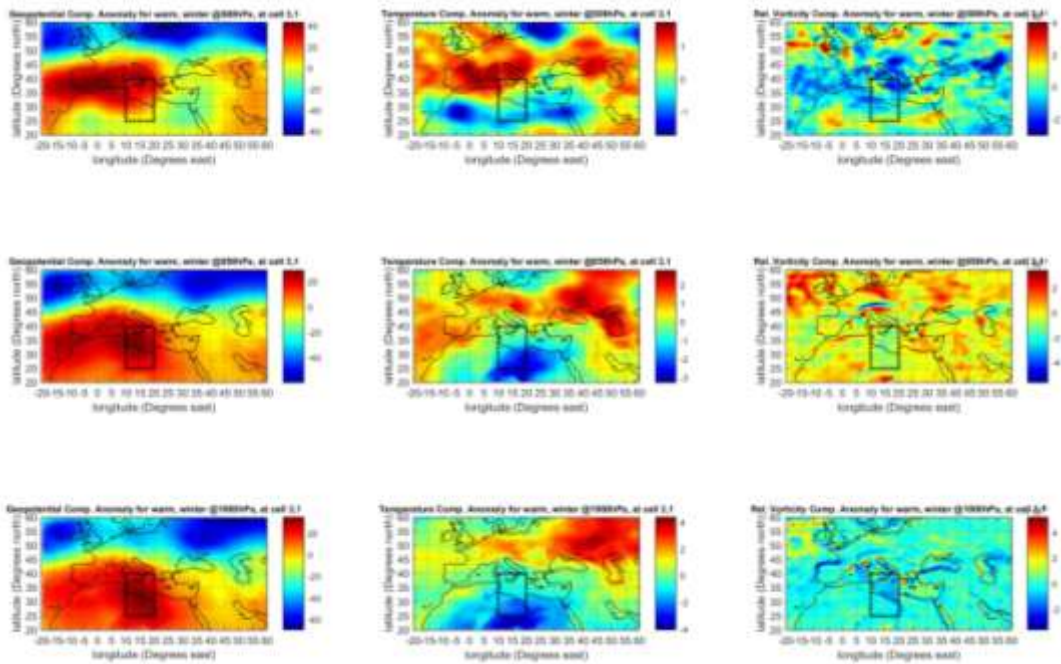
Σχήμα 5.25: Ομοίως με το Σχήμα 5.24 για τον Τομέα 1,2.



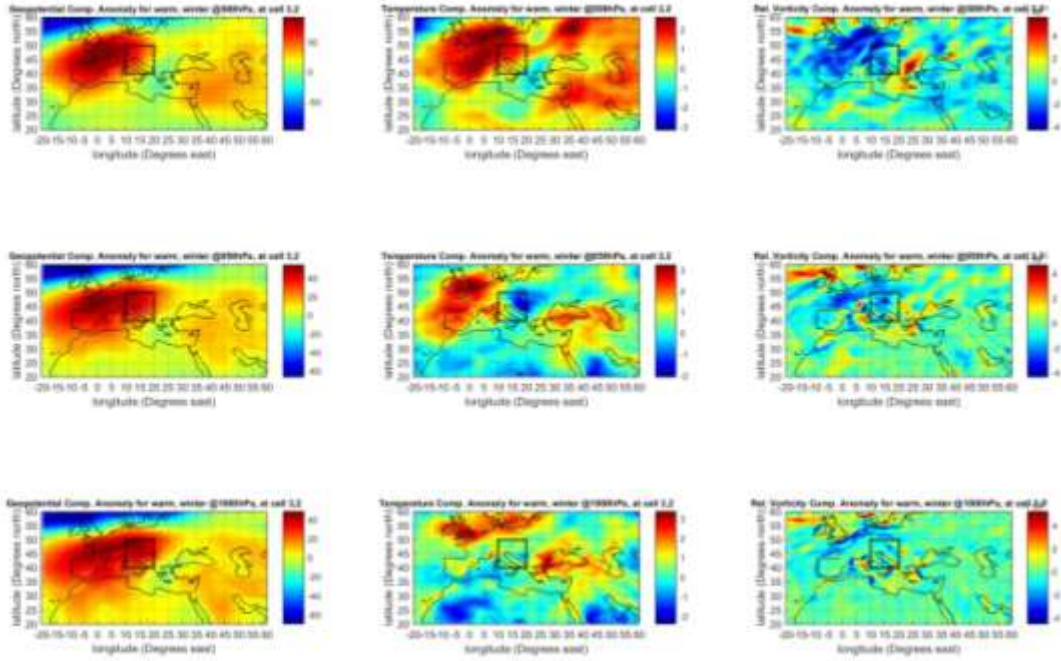
Σχήμα 5.26: Ομοίως με το Σχήμα 5.24 για τον Τομέα 2,1.



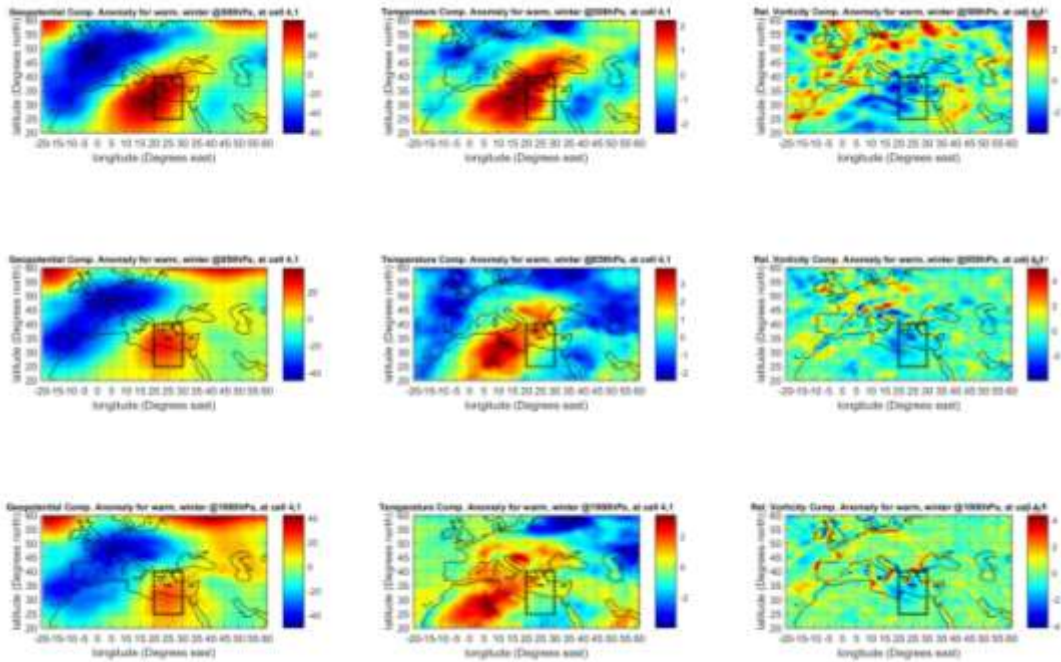
Σχήμα 5.27: Ομοίως με το Σχήμα 5.24 για τον Τομέα 2,2.



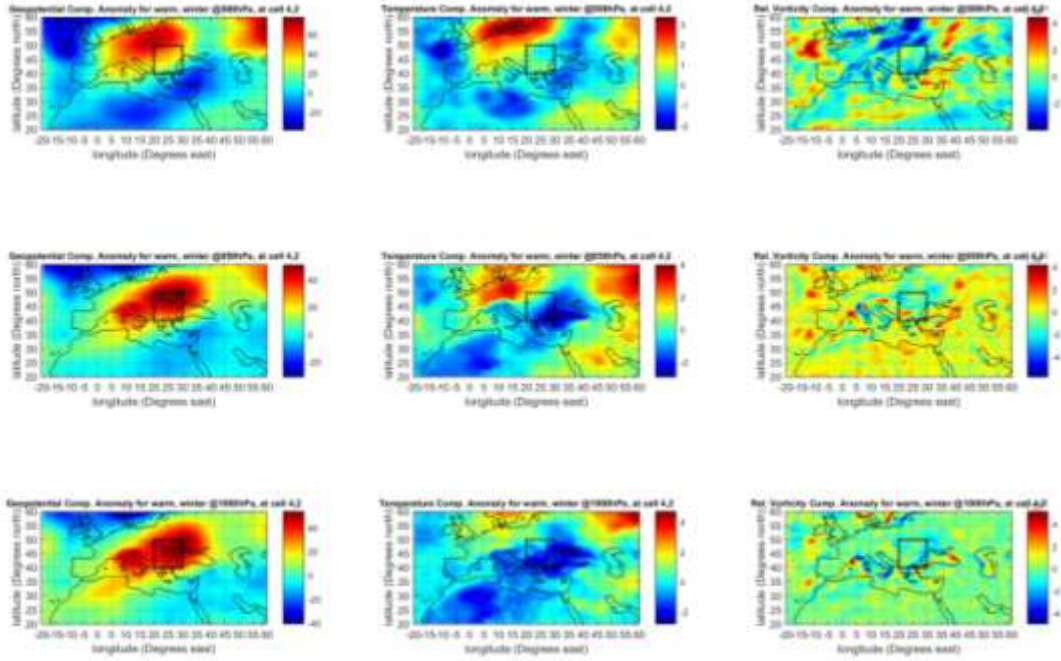
Σχήμα 5.28: Ομοίως με το Σχήμα 5.24 για τον Τομέα 3,1.



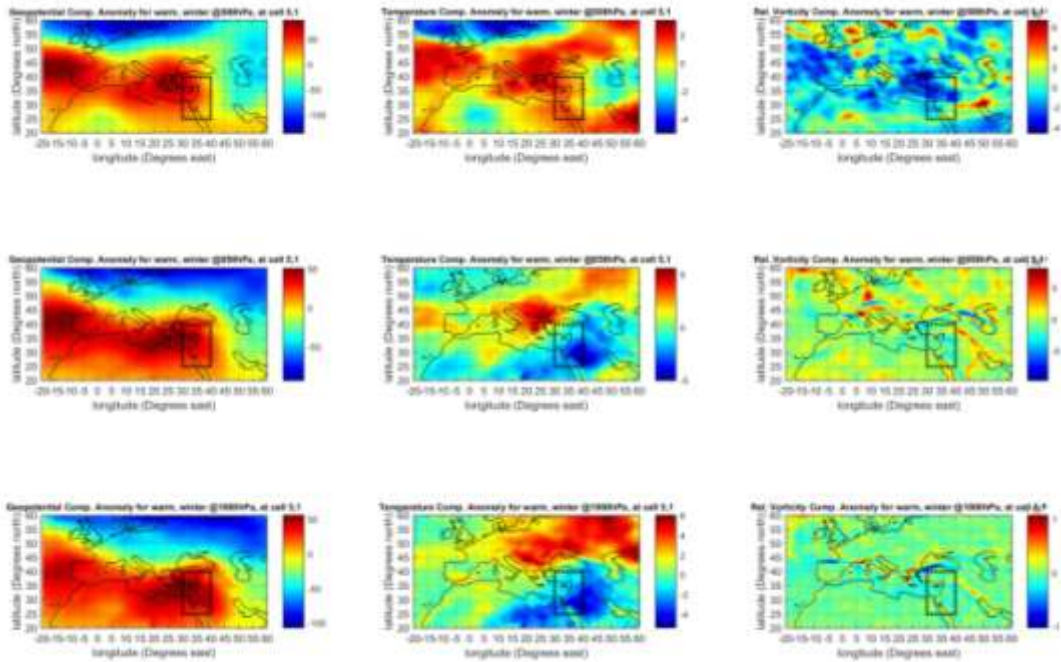
Σχήμα 5.29: Ομοίως με το Σχήμα 5.24 για τον Τομέα 3,2.



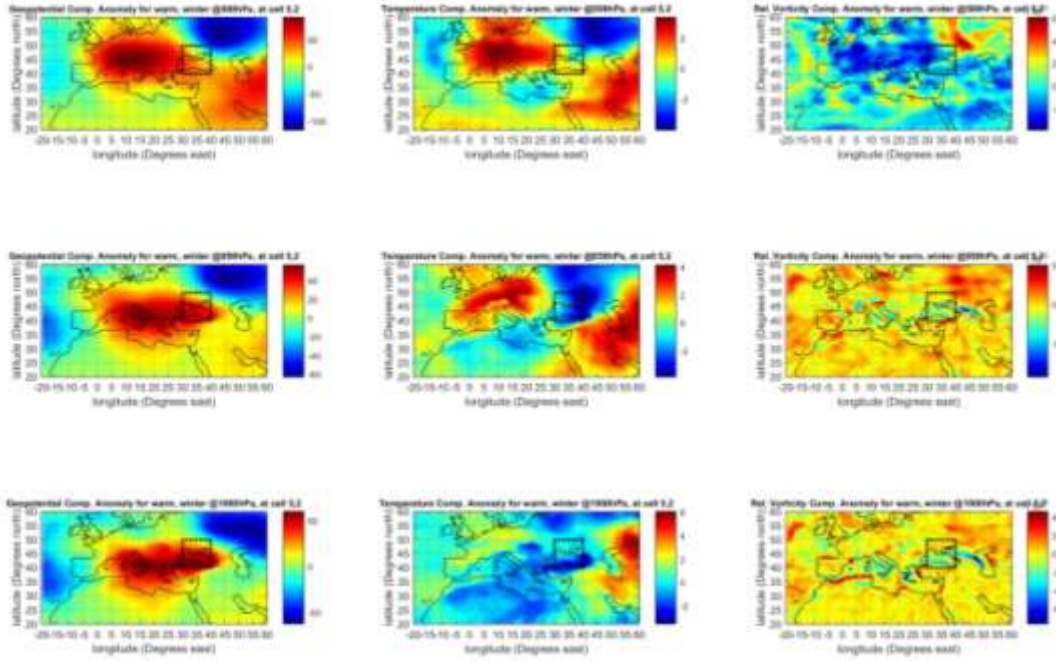
Σχήμα 5.30: Ομοίως με το Σχήμα 5.24 για τον Τομέα 4,1.



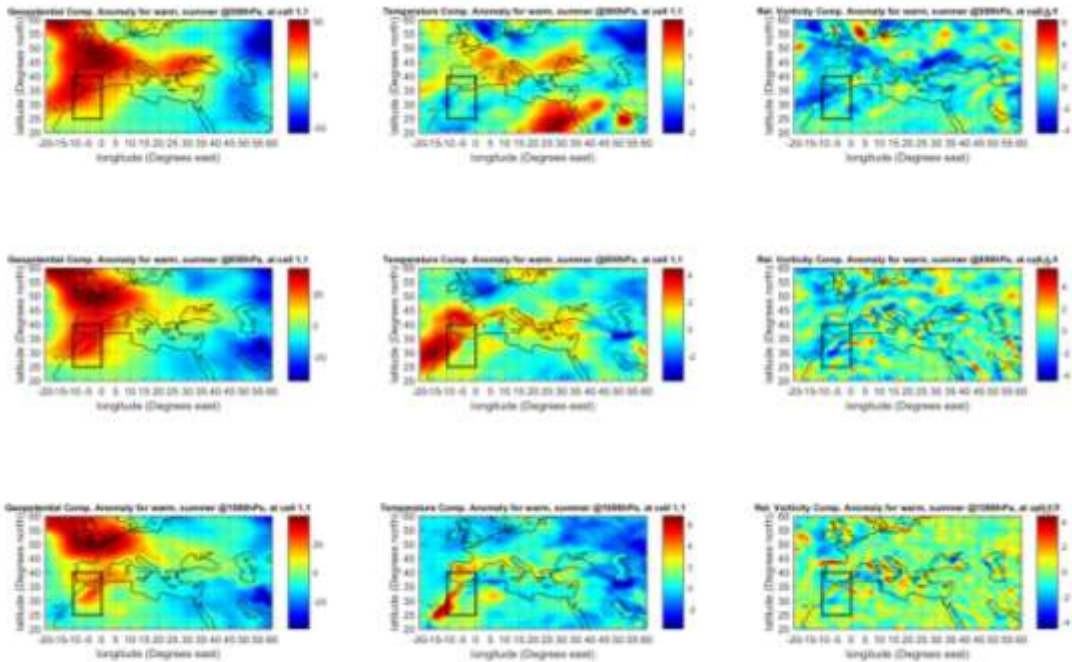
Σχήμα 5.31: Ομοίως με το Σχήμα 5.24 για τον Τομέα 4,2.



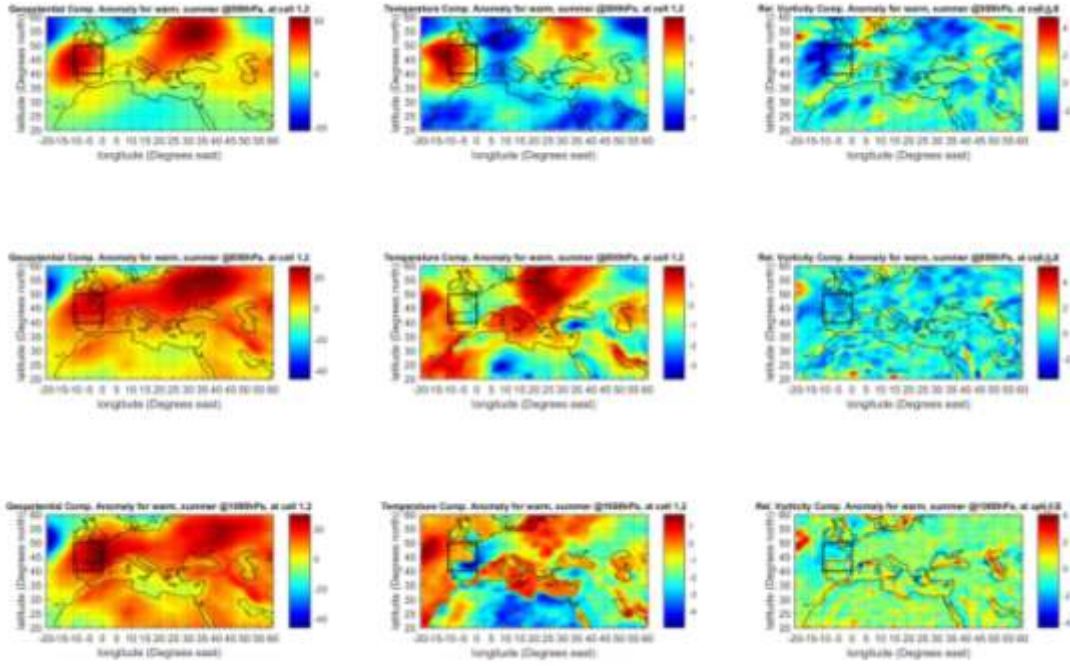
Σχήμα 5.32: Ομοίως με το Σχήμα 5.24 για τον Τομέα 5,1.



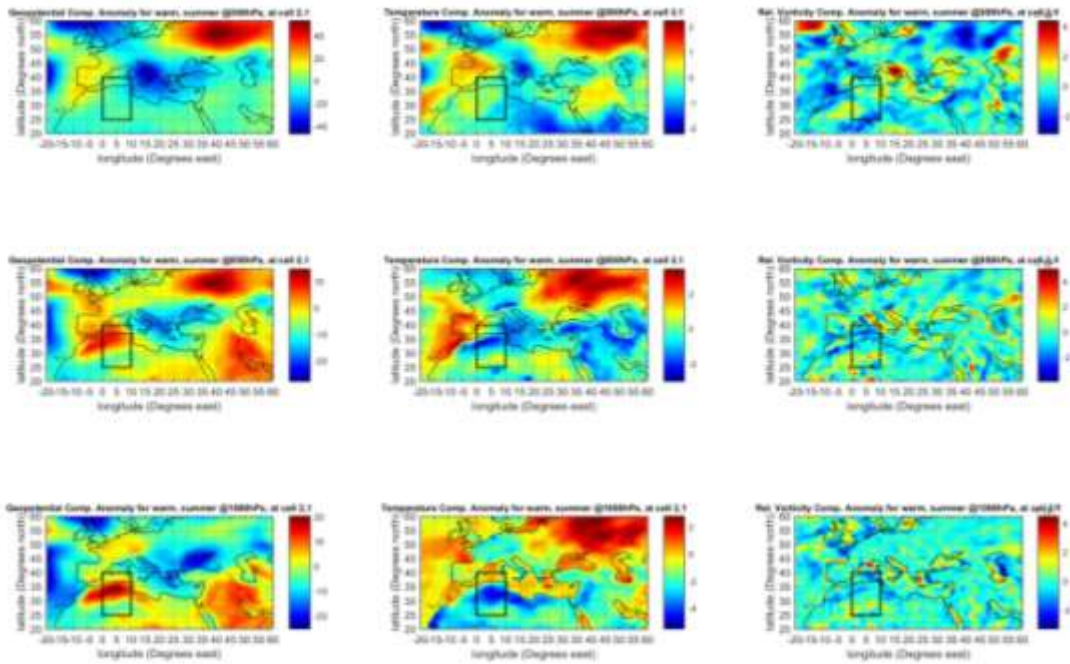
Σχήμα 5.33: Ομοίως με το Σχήμα 5.24 για τον Τομέα 5,2.



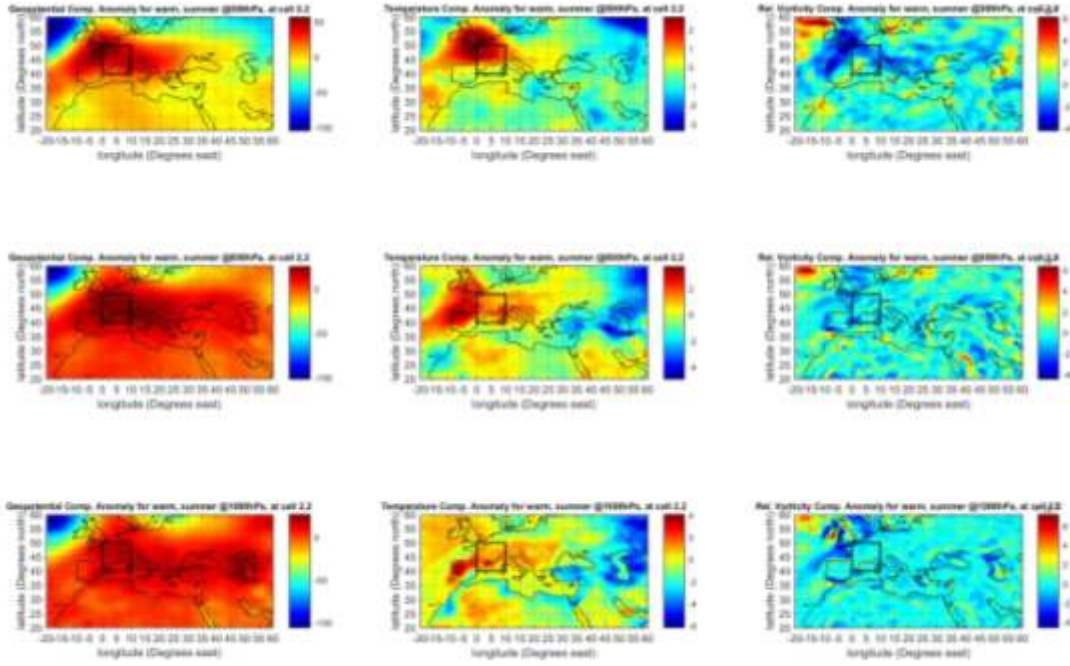
Σχήμα 5.34: Χωρική κατανομή της ανωμαλίας του γεωδυναμικού ύψους (m, αριστερή στήλη), της θερμοκρασίας (K, μεσαία στήλη) και του σχετικού στροβιλισμού (10^{-1} PVU, δεξιά στήλη) στα 500, 850 και 1000 hPa για θερμούς αντικυκλώνες που γεννιούνται στη Μεσόγειο κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού για τον Τομέα 1,1. Η διακεκομμένη γραμμή υποδεικνύει τον τομέα στον οποίο μελετώνται τα γεννηθέντα αντικυκλωνικά συστήματα που ελήφθησαν υπόψιν.



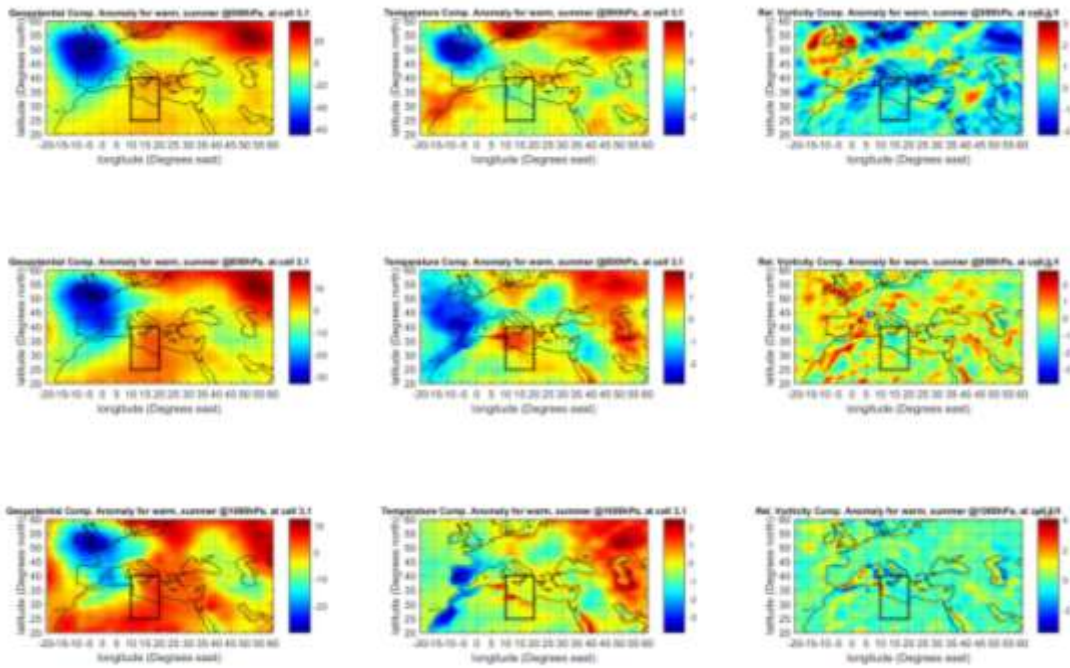
Σχήμα 5.35: Ομοίως με το Σχήμα 5.34 για τον Τομέα 1,2.



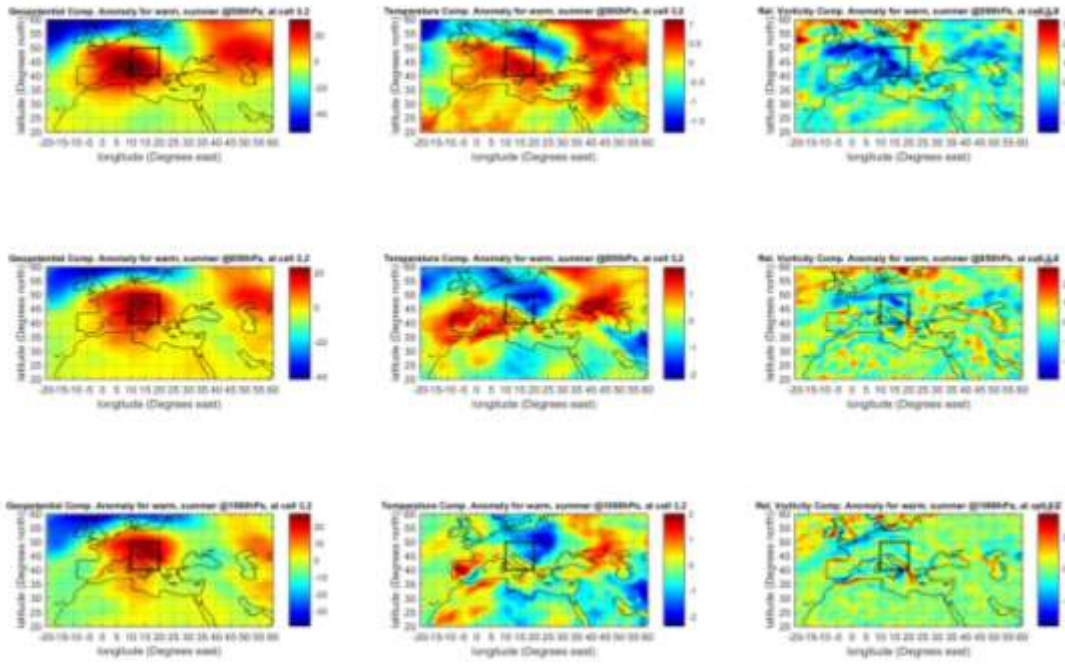
Σχήμα 5.36: Ομοίως με το Σχήμα 5.34 για τον Τομέα 2,1.



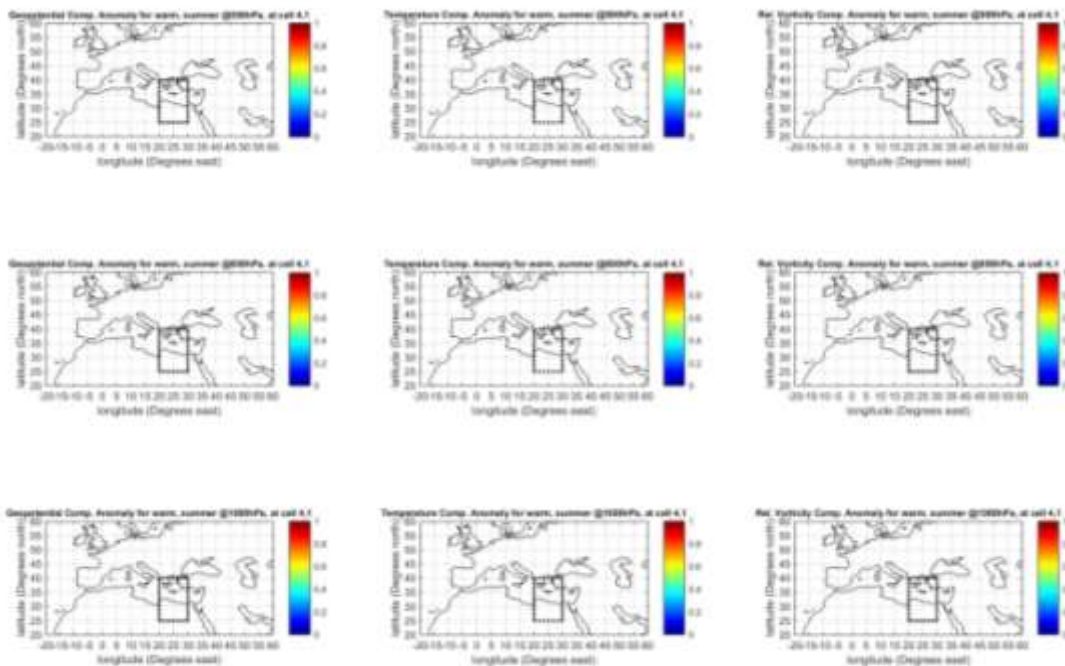
Σχήμα 5.37: Ομοίως με το Σχήμα 5.34 για τον Τομέα 2,2.



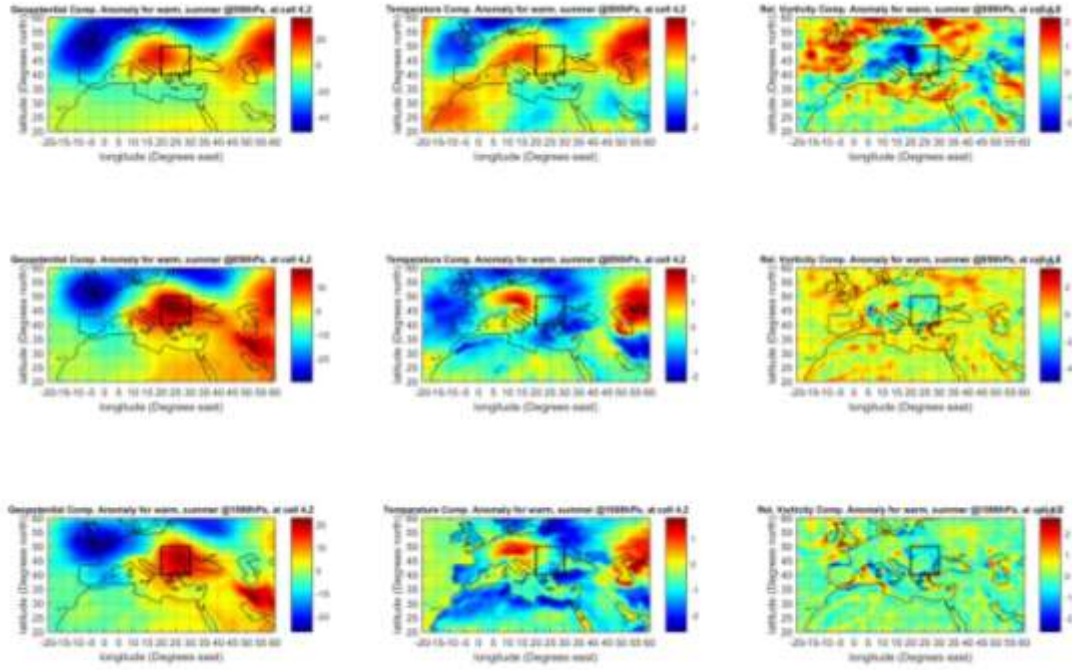
Σχήμα 5.38: Ομοίως με το Σχήμα 5.34 για τον Τομέα 3,1.



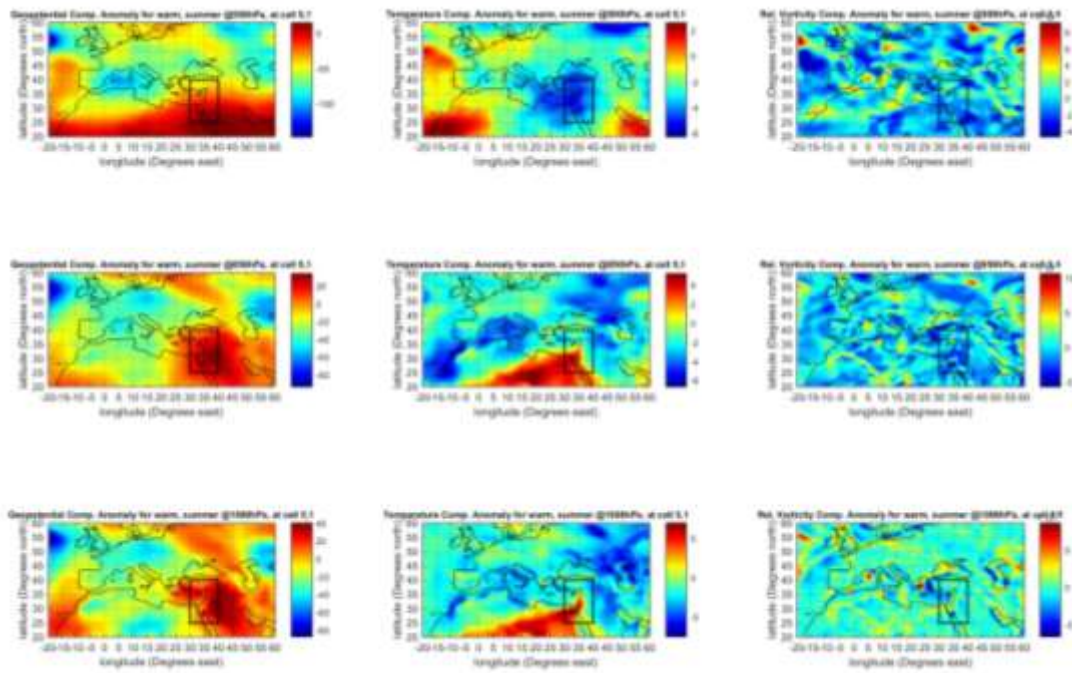
Σχήμα 5.39: Ομοίως με το Σχήμα 5.34 για τον Τομέα 3,2.



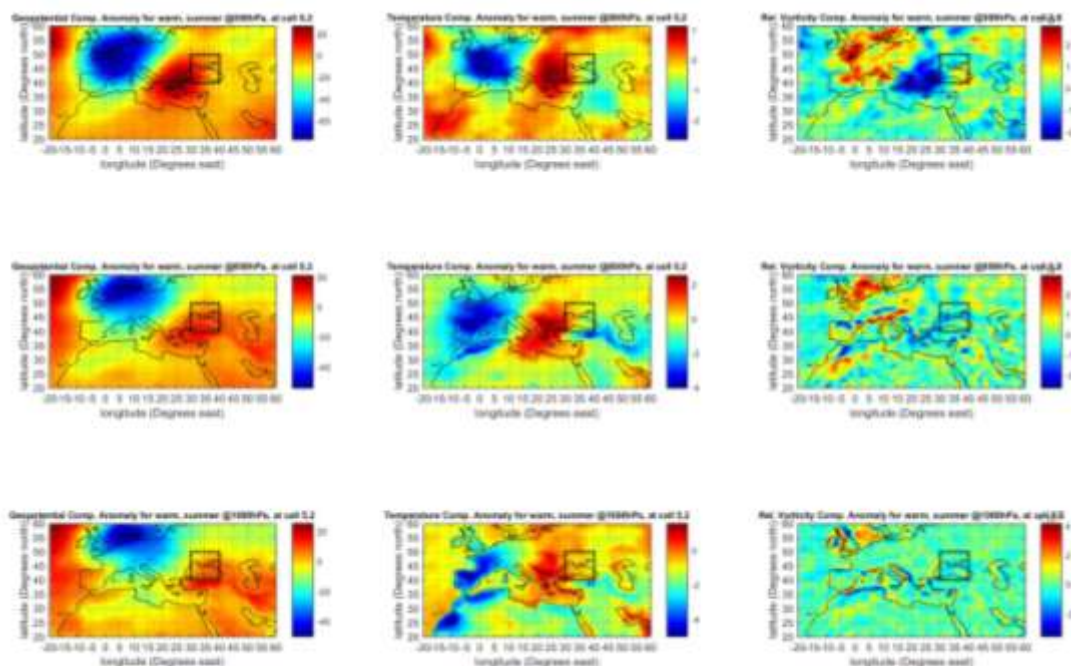
Σχήμα 5.40: Ομοίως με το Σχήμα 5.34 για τον Τομέα 4,1.



Σχήμα 5.41: Ομοίως με το Σχήμα 5.34 για τον Τομέα 4,2.



Σχήμα 5.42: Ομοίως με το Σχήμα 5.34 για τον Τομέα 5,1.



Σχήμα 5.43: Ομοίως με το Σχήμα 5.34 για τον Τομέα 5,2.

Από τα Σχήματα 5.4 έως 5.43 γίνεται φανερό ότι η γένεση ψυχρών αντικυκλώνων εμφανίζει βαροκλιτικό χαρακτήρα, ενώ το θερμικό σήμα ως επί το πλείστον εξασθενεί με το ύψος, υποδεικνύοντας ότι η ψύξη στα χαμηλότερα επίπεδα αποτελεί κύριο μηχανισμό δημιουργίας τους. Από την άλλη πλευρά, η γένεση θερμών αντικυκλώνων εμφανίζει ενίσχυση του θερμικού σήματος με το ύψος.

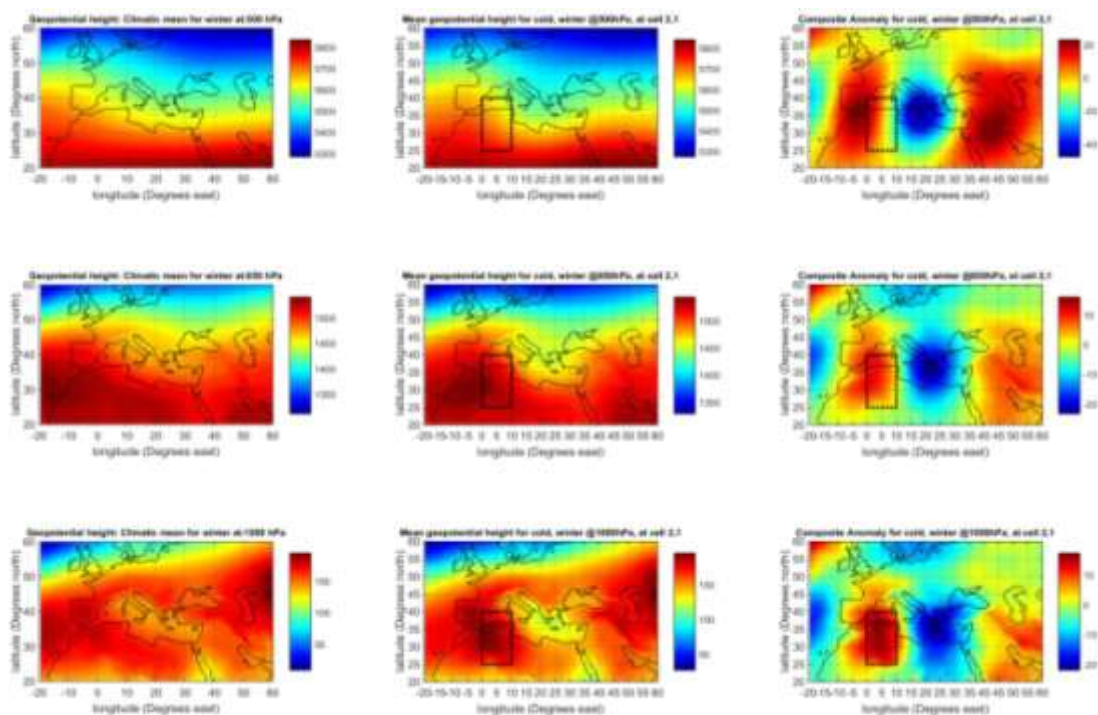
Ως παράδειγμα, μελετώνται δύο αντιπροσωπευτικές περιπτώσεις από τα αποτελέσματα που εξήχθησαν. Το Σχήμα 5.44 απεικονίζει για το γεωδυναμικό ύψος, στα τρία ισοβαρικά επίπεδα, τους χάρτες της κλιματολογίας (αριστερά), τους συνθετικούς χάρτες (κέντρο) και τη συνθετική ανωμαλία (δεξιά) για την περίπτωση ψυχρών αντικυκλώνων που δημιουργούνται τον χειμώνα στον τομέα 2,1, όπου η συχνότητά τους είναι 82,1% (Σχήμα 4.13). Στο Σχήμα 5.45 και το Σχήμα 5.46 δίνονται οι αντίστοιχοι χάρτες για τη θερμοκρασία και τον σχετικό στροβιλισμό, αντίστοιχα.

Ομοίως, στο Σχήμα 5.47 το Σχήμα 5.48 και το Σχήμα 5.49 φαίνονται οι αντίστοιχοι χάρτες για την περίπτωση θερμών αντικυκλώνων που δημιουργούνται το καλοκαίρι στον τομέα 4,2 με συχνότητα 29,4% (Σχήμα 4.16).

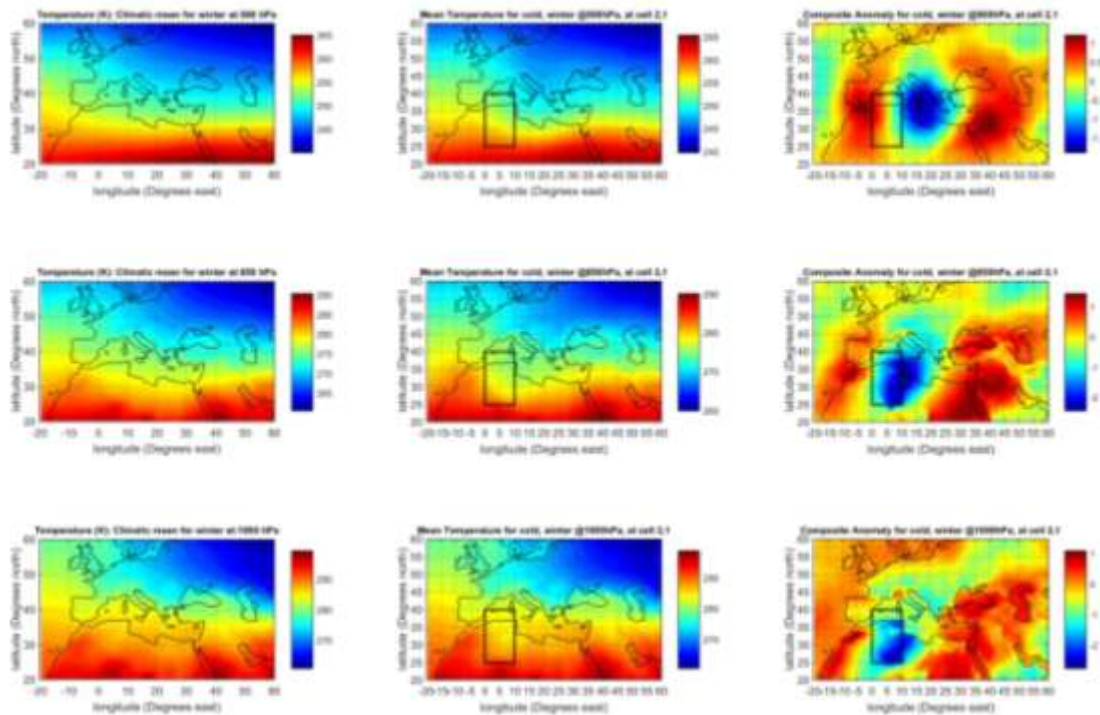
Η μελέτη της κατακόρυφης δομής των ψυχρών αντικυκλώνων που δημιουργούνται υποδεικνύει βαροκλιτικό χαρακτήρα τόσο τον χειμώνα όσο και το καλοκαίρι. Η βαροκλιτικότητα αυτή συνοδεύεται από αύξηση των ανωμαλιών του σχετικού στροβιλισμού με το ύψος. Η θερμική κατακόρυφη δομή εμφανίζει εναλλαγή του θερμικού σήματος με το ύψος. Αυτό το μοτίβο συνδέεται για παράδειγμα με τους υποτροπικούς αντικυκλώνες της Βορείου Αφρικής κατά τη διάρκεια του χειμώνα

(Σχήμα 5.6). Αυτό, διότι οι αντικυκλώνες αυτοί συνοδεύονται από ψυχρές ανωμαλίες στα χαμηλά επίπεδα, συνεπώς προκαλούνται κυρίως λόγω της ψύξης στα επίπεδα αυτά (Ioannidou and Yau 2008). Επιπλέον, συνδέεται με τη γένεση ψυχρών αντικυκλώνων στην επιφάνεια σε περιοχές όπως τα Βαλκάνια κατά τη διάρκεια τόσο ψυχρών όσο και θερμών περιόδων του έτους. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού η περιοχή της ανατολικής Μεσογείου και του Αιγαίου πελάγους επηρεάζονται από παρατεταμένες περιόδους Ετησίων ανέμων. Υπό αυτές τις συνθήκες, οι επεκτάσεις ενός ψυχρού επιφανειακού αντικυκλώνα συνδέονται με τις αντίστοιχες επεκτάσεις του θερμικού χαμηλού του Πακιστάν.

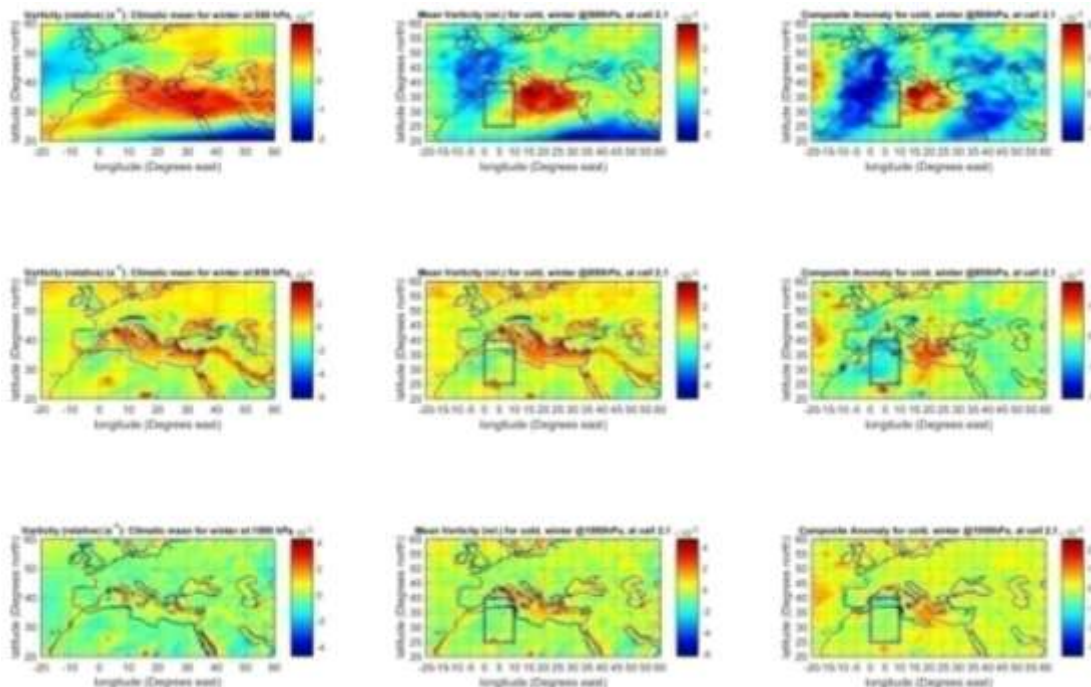
Από την άλλη πλευρά, η πλειοψηφία των θερμών επιφανειακών αντικυκλώνων εμφανίζει λιγότερο έκδηλο βαροκλιτικό χαρακτήρα (Σχήμα 5.41), ενώ συνδέονται αφενός με ένα θερμό ridge, αφετέρου με ενισχυμένες ανωμαλίες αρνητικού στροβιλισμού στη μέση τροπόσφαιρα. Αίτιο αυτών των ανωμαλιών είναι όχι μόνο η ύπαρξη αλλά και η επέκταση προς Βορρά του υποτροπικού αεροχειμάρρου σε συνδυασμό με αντικυκλώνες εμποδισμού σε υψηλότερα επίπεδα (Flocas et al. 2001).



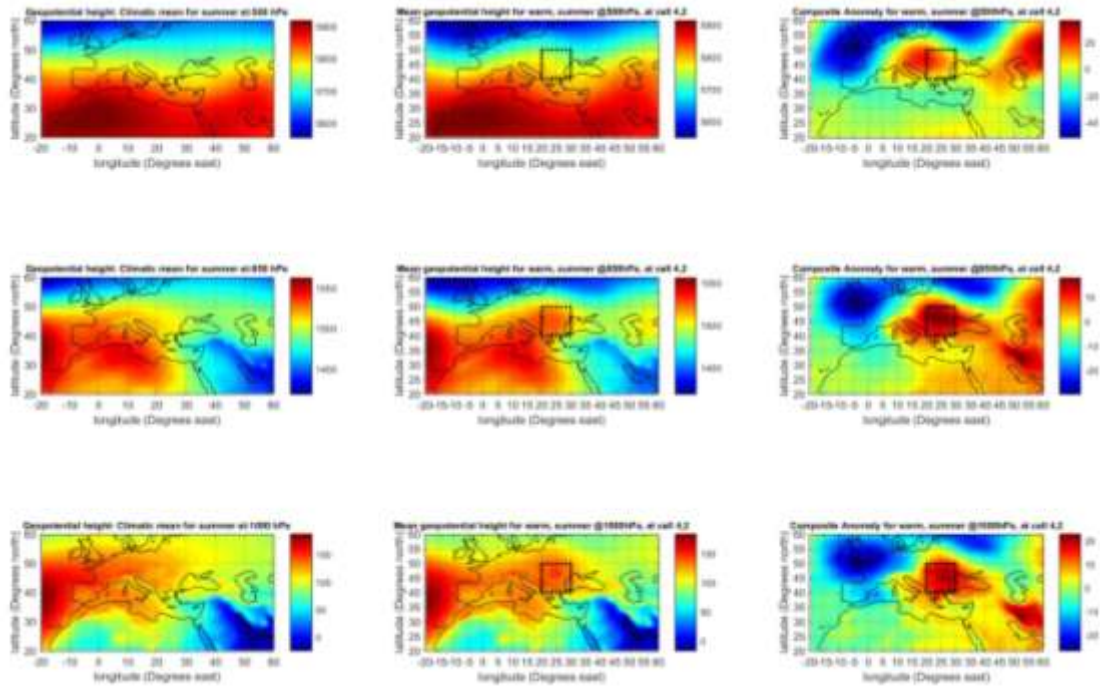
Σχήμα 5.44: Χωρική κατανομή της κλιματολογίας (αριστερή στήλη), της μέσης τιμής (μεσαία στήλη) και της ανωμαλίας (δεξιά στήλη) του γεωδυναμικού ύψους (m) στα 500, 850 και 1000hPaγια ψυχρούς αντικυκλώνες που γεννιούνται το χειμώνα στον τομέα 2,1.



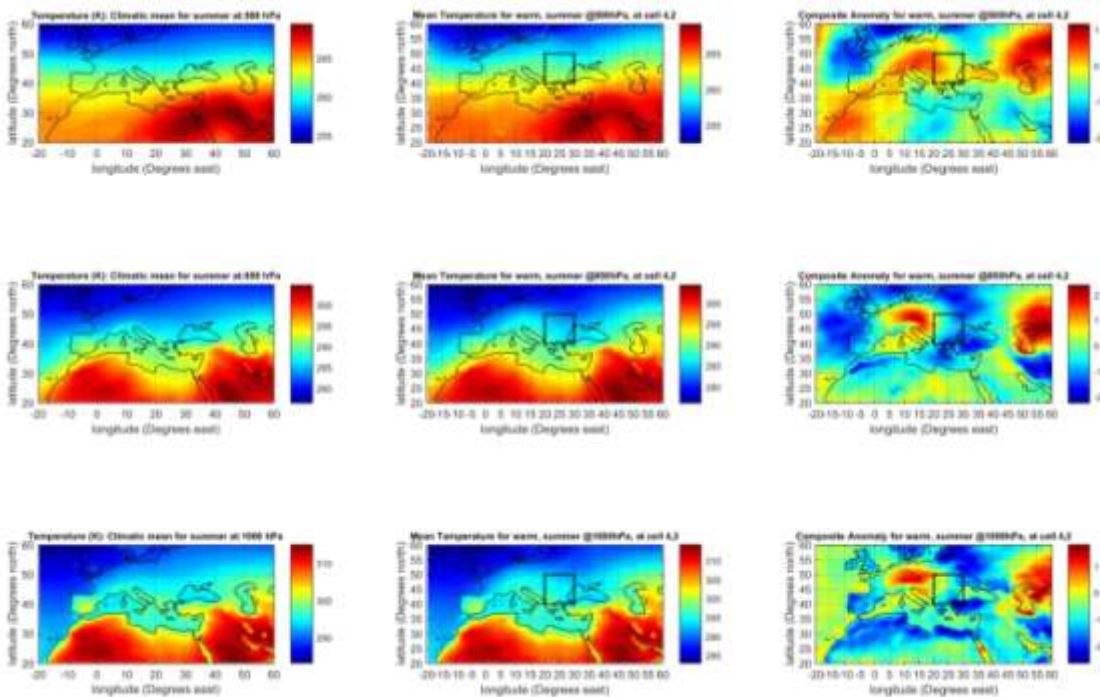
Σχήμα 5.45: Χωρική κατανομή της κλιματολογίας (αριστερή στήλη), της μέσης τιμής (μεσαία στήλη) και της ανωμαλίας (δεξιά στήλη) της θερμοκρασίας (K) στα 500, 850 και 1000hPa για ψυχρούς αντικυκλώνες που γεννιούνται το χειμώνα στον τομέα 2,1.



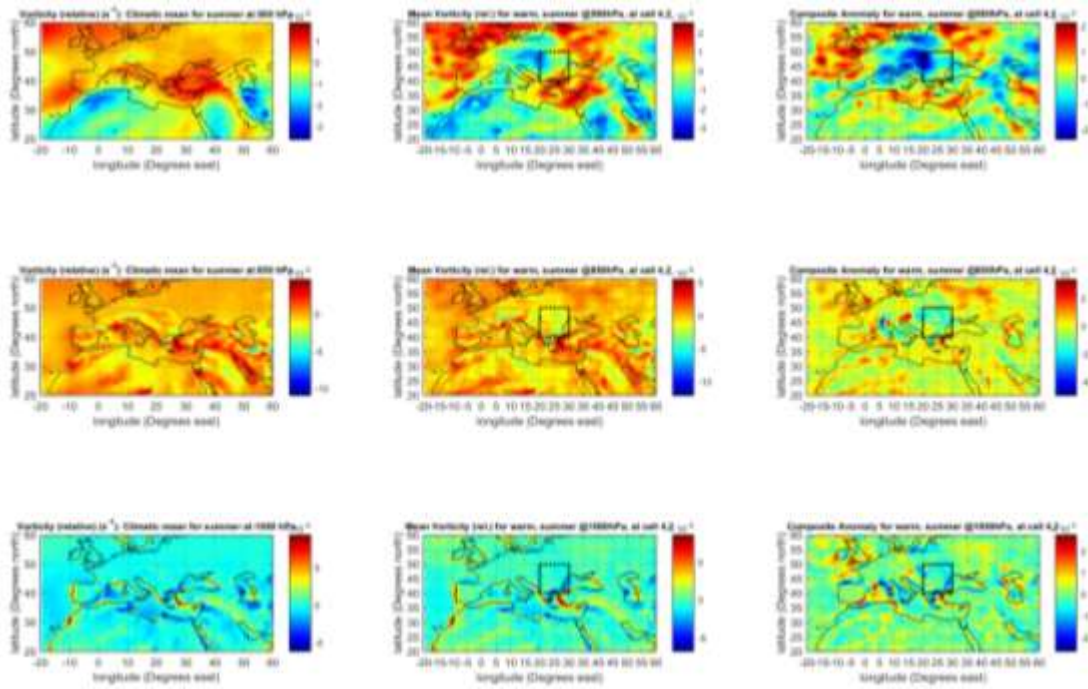
Σχήμα 5.46: Χωρική κατανομή της κλιματολογίας (αριστερή στήλη), της μέσης τιμής (μεσαία στήλη) και της ανωμαλίας (δεξιά στήλη) του σχετικού στροβιλισμού (10^{-1} PVU) στα 500, 850 και 1000hPa για ψυχρούς αντικυκλώνες που γεννιούνται το χειμώνα στον τομέα 2,1.



Σχήμα 5.47: Χωρική κατανομή της κλιματολογίας (αριστερή στήλη), της μέσης τιμής (μεσαία στήλη) και της ανωμαλίας (δεξιά στήλη) του γεωδυναμικού ύψους (m) στα 500, 850 και 1000hPa για θερμούς αντικυκλώνες που γεννιούνται το καλοκαίρι στον τομέα 4,2.



Σχήμα 5.48: Χωρική κατανομή της κλιματολογίας (αριστερή στήλη), της μέσης τιμής (μεσαία στήλη) και της ανωμαλίας (δεξιά στήλη) της θερμοκρασίας (K) στα 500, 850 και 1000hPa για θερμούς αντικυκλώνες που γεννιούνται το καλοκαίρι στον τομέα 4,2.



Σχήμα 5.49: Χωρική κατανομή της κλιματολογίας (αριστερή στήλη), της μέσης τιμής (μεσαία στήλη) και της ανωμαλίας (δεξιά στήλη) του σχετικού στροβιλισμού (10^{-1} PVU) στα 500, 850 και 1000hPa για θερμούς αντικυκλώνες που γεννιούνται το καλοκαίρι στον τομέα 4,2.

6 Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η χωρική και χρονική κατανομή των θερμών και ψυχρών κινούμενων αντικυκλώνων συνοπτικής και μέσης κλίμακας που δημιουργήθηκαν στη λεκάνη της Μεσογείου την περίοδο 1979-2012, καθώς και η κατακόρυφη δομή τους τη στιγμή της αντικυκλογένεσης με τη βοήθεια των μέσων και ανώμαλων πεδίων του γεωδυναμικού ύψους, της θερμοκρασίας και του σχετικού στροβιλισμού.

Από τη μελέτη αυτή, εξήχθησαν σημαντικά συμπεράσματα για τη συμπεριφορά των αντικυκλώνων που δημιουργούνται στη Μεσόγειο. Τα κυριότερα από αυτά συνοψίζονται παρακάτω, ξεχωριστά για τα δύο σκέλη της εργασίας.

A. Εντοπισμός και κλιματολογική ανάλυση των ψυχρών και θερμών αντικυκλώνων

- Η πλειοψηφία των δημιουργούμενων κινούμενων αντικυκλώνων στη Μεσόγειο έχει ψυχρό πυρήνα.
- Η ρηχή αντικυκλογένεση ψυχρών αντικυκλώνων επιδεικνύει εναλλαγή του προσήμου της διαφοράς ΔT με το ύψος.
- Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, της άνοιξης και του καλοκαιριού έχουμε κορύφωση της γένεσης ψυχρών αντικυκλώνων, κυρίως πάνω από τις ηπειρωτικές περιοχές της Βορείου Αφρικής. Αυτό πιθανότατα οφείλεται στην ενίσχυση της κυκλογενετικής δραστηριότητας πάνω από τα Όρη του Άτλαντα, κυρίως την άνοιξη, που υποβοηθάει τη δημιουργία ψυχρών αντικυκλώνων μετά από τη διέλευση μετωπικών ορογραφικών χαμηλών ή λόγω της ψύξης δι' ακτινοβολίας πάνω από εκτενείς ερήμους.
- Κατά την ψυχρή περίοδο, παρατηρούνται μέγιστα θερμών αντικυκλώνων πάνω από τη Βόρειο Αφρική. Αυτά μπορούν να αποδοθούν στην αυξημένη συχνότητα των εκτεταμένων σε ανώτερα επίπεδα αντικυκλώνων εμποδισμού στον Ατλαντικό ωκεανό και την Ευρώπη, η οποία επίσης ρυθμίζει τη συχνότητα των επιφανειακά θερμών αντικυκλώνων καθώς και την κυκλογενετική δραστηριότητα.
- Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, η γένεση θερμών αντικυκλώνων εμφανίζει μέγιστο πάνω από τα Βαλκάνια και τη Μαύρη Θάλασσα, ενώ η αυξημένη συχνότητα πάνω από τη Βόρειο Αφρική αντικατοπτρίζει μία επέκταση προς Ανατολάς του αντικυκλώνα των Αζορών συνοδευόμενη από ανώτερα θερμά ridges. Η συμπεριφορά αυτή συνδέεται με κύματα καύσωνα στην περιοχή της Μεσογείου.

B. Μελέτη κατακόρυφης δομής των ψυχρών και θερμών αντικυκλώνων

- Η γένεση ψυχρών αντικυκλώνων εμφανίζει βαροκλιτικό χαρακτήρα και το θερμικό σήμα ως επί το πλείστον εξασθενεί με το ύψος, υποδεικνύοντας ότι η ψύξη στα χαμηλότερα επίπεδα αποτελεί κύριο μηχανισμό δημιουργίας τους. Επιπλέον, συνοδεύεται από αύξηση των ανωμαλιών του σχετικού στροβιλισμού με το ύψος.
- Η γένεση θερμών αντικυκλώνων εμφανίζει λιγότερο έκδηλο βαροκλιτικό χαρακτήρα, ενώ συνδέονται αφενός με ένα θερμό ridge, αφετέρου με ενισχυμένες ανωμαλίες αρνητικού στροβιλισμού στη μέση τροπόσφαιρα. Αίτιο αυτών των ανωμαλιών είναι όχι μόνο η ύπαρξη αλλά και η επέκταση προς Βορρά του υποτροπικού αεροχειμάρρου σε συνδυασμό με αντικυκλώνες εμποδισμού σε υψηλότερα επίπεδα. Επιπλέον, στη θερμή αντικυκλογένεση παρατηρείται μία ενίσχυση του θερμικού σήματος με το ύψος τόσο κατά τη ψυχρή όσο και κατά τη θερμή περίοδο.

Βιβλιογραφία

- Bartholy J., R. Pongracz, and M. Pattantyus-Abraham, 2009: Analyzing the genesis, intensity, and tracks of western Mediterranean cyclones, *Theor. Appl. Climatol.*, 96, 133–144.
- Donn W. L., *Meteorology*, 1965: *Meteorology*, 3rd edition, New Jersey.
- Dutton J. A., 1976: *The ceaseless wind. An introduction to the theory of the atmospheric motion*, McGraw Hill, New York.
- Flocas H. A., P. Maheras, T. S. Karacostas, I. Patrikas, and C. Anagnostopoulou, 2001: A 40-year climatological study of relative vorticity distribution over the Mediterranean, *Int. J. Climatol.*, 21, 1759–1778.
- Flocas, H. A., I. Simmonds, J. Kouroutzoglou, K. Keay, M. Hatzaki, D. N. Asimakopoulos, and V. Bricolas, 2010: On cyclonic tracks over the Eastern Mediterranean, *J. Climate*, 23, 5243–5257. 33
- Garde L.A., A.B. Pezza, I. Simmonds, and N.E. Davidson, 2010: A methodology of tracking transitioning cyclones, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 11, 012007.
- Godev N., 1971: Anticyclonic activity over south Europe and its relationship to orography, *J. Appl. Meteor.*, 10, 1097–1102.
- Hatzaki M., Flocas H.A., Simmonds I. Kouroutzoglou J., Keay K. and Rudeva I., 2014: Seasonal aspects of an objective climatology of anticyclones affecting the Mediterranean, *J Climate*, 27, 9272–9289.
- HMSO, 1962: *Weather in the Mediterranean I: General Meteorology*, 2nd ed. London, Her Majesty's Stationery Office, 362 pp.
- Holton J. R., 2004: *An Introduction to Dynamic Meteorology*, 4th ed., Academic Press.
- Ioannidou L. and M. K. Yau, 2008: A climatology of the Northern Hemisphere winter anticyclones, *J. Geophys. Res.*, 113, D08119.
- Jones D. A. and I. Simmonds, 1994: A climatology of Southern Hemisphere anticyclones, *Climate Dyn.*, 10, 333–348.
- Katsoulis B. D., T. D. Makrogiannis, and Y. A. Goutsidou, 1998: Monthly anticyclonicity in Southern Europe and the Mediterranean region, *Theor. Appl. Climatol.*, 59, 51–59.
- Keegan T. J., 1958: Arctic synoptic activity in Winter, *J. Meteorol.*, 15, 513-521.
- Kouroutzoglou J., H. A. Flocas, K. Keay, I. Simmonds, and M. Hatzaki, 2011: Climatological aspects of explosive cyclones in the Mediterranean, *Int. J. Climatol.*, 31, 1785–1802.
- Kouroutzoglou, J., H. A. Flocas, M. Hatzaki, K. Keay, I. Simmonds, and A. Mavroudis, 2015: On the dynamics of a case study of explosive cyclogenesis in the Mediterranean, *Meteorology and Atmospheric Physics*, 127, 49–73 doi:10.1007/s00703-014-0357-x

- Leonard S. R., J. Turner, and A. van Der Wal, 1999: An assessment of three automatic depression tracking schemes, *Meteor. Appl.*, 6, 173–183.
- Lim E.-P. and I. Simmonds, 2007: Southern Hemisphere winter extratropical cyclone characteristics and vertical organization observed with the ERA-40 reanalysis data in 1979-2001, *J. Climate*, 20, 2675–2690.
- Maheras P., H. A. Flocas, I. Patrikas, and C. Anagnostopoulou, 2001: A 40 year objective climatology of surface cyclones in the Mediterranean region: spatial and temporal distribution, *Int. J. Climatol.*, 21, 109–130. 34
- Makrogiannis T. J. and B. D. Giles, 1980: Frequencies, individual, and mean tracks of moving anticyclones over south-east Europe, *J. Meteor.*, 5(52), 240–248.
- Mesquita, M. D. S., D. E. Atkinson, I. Simmonds, K. Keay, and J. Gottschalck, 2009: New perspectives on the synoptic development of the severe October 1992 Nome storm, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L13808.
- Murray R. J. and I. Simmonds, 1991: A numerical scheme for tracking cyclone centres from digital data. Part I: Development and operation of the scheme, *Aus. Meteor. Mag.*, 39, 155–166.
- Musk L. F. 1988: *Weather Systems*, Cambridge University Press.
- Navarra A. and C. Tubiana, Eds., 2013: *Regional Assessment of Climate Change in the Mediterranean, Volume 1, Air, Sea and Precipitation and Water*. Springer.
- Pinto J. G., T. Spanghel, U. Ulbrich, and P. Speth, 2005: Sensitivities of a cyclone detection and tracking algorithm: individual tracks and climatology, *Meteor. Z.*, 14, 823–838.
- Prezerakos N. G., 1984: Does the extension of the Azores' anticyclone towards the Balkans really exist?, *Archives of Meteorology*.
- Quadrelli R., V. Pavan, and F. Molteni, 2001: Wintertime variability of Mediterranean precipitation and its links with large-scale circulation anomalies, *Climate Dyn.*, 17, 457–466.
- Ruiz N. E. and Vargas, W. M., 1998: 500 hPa vorticity analyses over Argentina. Their climatology and capacity to distinguish synoptic-scale precipitation, *Theoretical and Applied Climatology* 60, 77-92.
- Simmonds I., and K. Keay, 2009: Extraordinary September Arctic sea ice reductions and their relationships with storm behavior over 1979-2008, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L19715.
- Simmonds I., R. J. Murray, and R. M. Leighton, 1999: A refinement of cyclone tracking methods with data from FROST, *Aus. Meteor. Mag. Spec. Ed.*, 35–49.
- Solomon S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, and H. L. Miller, Eds, 2007: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, Cambridge University Press.
- Trigo I., T. D. Davies, and G. R. Bigg, 1999: Objective climatology of cyclones in the Mediterranean region, *J. Climate*, 12, 1685–1696.
- Trigo R. M., I. F. Trigo, C. C. DaCamara, and T. J. Osbornet, 2004: Climate impact of the European winter blocking episodes from the NCEP/NCAR reanalyses, *Climate Dyn.*, 23, 17–28.

- Μακρογιάννης Τ. Ι., 1976: Τροχιαί των αντικυκλωνικών συστημάτων εις τον ελλαδικόν χώρον, Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ελλάδα.
- Μακρογιάννης Τ. Ι., Σαχσαμάνογλου, Χ. Σ., 2004: Μαθήματα γενικής μετεωρολογίας, εκδόσεις Χάρις, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα.
- Σαχσαμάνογλου Χ. Σ., Μακρογιάννης Τ. Ι., 1998: Γενική μετεωρολογία, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα.
- Φλόκας Α. Α., 1997: Μαθήματα μετεωρολογίας και κλιματολογίας, Β΄ έκδοση, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα.