

**ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**  
**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Χωροχρονική κατανομή των πλεγματικών δεδομένων βροχής  
TRMM 3B42, στη Μεσόγειο**

**ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΛΙΑΝΟΣ Α.Μ. : 700066**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:**  
**ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΝΑΣΤΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με θέμα "Χωροχρονική κατανομή των πλεγματικών δεδομένων βροχής TRMM 3B42, στη Μεσόγειο " μου ανατέθηκε από τον Καθηγητή Κλιματολογίας κ. Παναγιώτη Νάστο.

Σύμφωνα με μελέτες στοιχείων του παρελθόντος, προερχόμενες από παλαιοκλιματολογικό αρχείο, το κλίμα της Γης μεταβαλλόταν ακολουθώντας μια επαναλαμβανόμενη - κυκλική εναλλαγή μεταξύ θερμών και ψυχρών περιόδων. Αίτια της κυκλικότητας αυτής αποτελούν εξωτερικοί (αστρονομικοί) παράγοντες, που διατυπώθηκαν από τον Milankovitch (εκκεντρότητα της τροχιάς της Γης, η κλίση του άξονά της, η μετάπτωση των ισημεριών, οι ηλιακές κηλίδες) καθώς και παράγοντες που άπτονται εσωτερικών διεργασιών της Γης, όπως η ηφαιστειακή δραστηριότητα (αύξηση albedo - μείωση εισερχόμενης ακτινοβολίας) , οι διακυμάνσεις του όγκου των παγετώνων, οι μεταβολές της ταχύτητας και του τρόπου κυκλοφορίας των θαλασσιών ρευμάτων, καθώς και η μεταβολή των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου (Zerefos, 2010). Έχει παρατηρηθεί πως η αυξομείωση των συγκεντρώσεων των αερίων αυτών, και συγκεκριμένα του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), παρουσιάζει μια καλή συσχέτιση με την τιμή της θερμοκρασίας του αέρα (η αύξηση της μιας συνεπάγεται την αύξηση της άλλης). Αύξηση της τιμής του, οδηγούσε σε αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα (Μεσοπαγετώδεις περίοδοι) και αντιστοίχως μείωσή του, σε ψύξη (παγετώδεις περίοδοι), ποτέ όμως δεν ξεπέρασε την τιμή των 290 ppm.

Η περίοδος που διανύουμε, σύμφωνα με τους Γεωλόγους, είναι μια Μεσοπαγετώδης περίοδος, πράγμα που δικαιολογεί την αύξηση της θερμοκρασίας σε χρονικό πλαίσιο 10 - 20 χιλιάδων ετών, όχι όμως σε 100 χρόνια όπως συνέβη στη δική μας περίπτωση. Η αύξηση αυτή της τιμής του διοξειδίου του άνθρακα είχε ως επακόλουθο την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα 0,6 - 0,8 °C ,κατά μέσο όρο, σε όλη τη Γη. Αξίζει να σημειώσουμε πως η τιμή του διοξειδίου του άνθρακα σήμερα είναι στα 390 ppm κι υπολογίζεται, σύμφωνα με μελέτες ειδικών επιστημόνων, να φτάσει τον τρέχοντα αιώνα την τιμή των 700 ppm, που συνεπάγεται αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1,8 – 4 °C (Zerefos, 2010). Η θέρμανση αυτή του πλανήτη θα οδηγήσει σε λιώσιμο των πάγων και αύξηση της στάθμης της θάλασσας. Επίσης κρίνεται κι ως καθοριστικής σημασίας, η αλλαγή στο καθεστώς των βροχοπτώσεων, που έχει ήδη αρχίσει να συμβαίνει. Η αλλαγή αυτή αφορά τόσο την χωρική κατανομή , όσο και το ύψος της συνολικής ετήσιας βροχόπτωσης, καθώς οι βροχές θα παρουσιάζουν υψηλή ραγδικότητα ( μεγάλη ποσότητα νερού σε μικρό χρονικό διάστημα).

Από τις αρχές του αιώνα η θερμοκρασία στη Μεσόγειο, όπως και σε παγκόσμιο επίπεδο, αυξάνεται. Τα προηγούμενα 1500 χρόνια η βροχή στην περιοχή της Μεσογείου δεν είχε μεγάλες διακυμάνσεις, όμως τα τελευταία τριάντα χρόνια παρατηρείται σημαντική μείωση. Για την Κεντρική Μεσόγειο, όσον αφορά τα βαρομετρικά χαμηλά, υπάρχει μια πτωτική τάση σε αντίθεση με την Ανατολική όπου παρατηρείται αύξηση (περιοχή Κύπρου). Η περιοχή της Μεσογείου είναι χώρος με μεγάλη βιοποικιλότητα (πανίδα, χλωρίδα) με αποτέλεσμα η τρωτότητά της από την κλιματική αλλαγή να είναι ιδιαίτερα υψηλή.

Η έλλειψη γνώσης σχετικά με τη νέα πρόκληση που αντιμετωπίζουμε, σε συνδυασμό με την κρισιμότητα του φαινομένου αυτού, ώθησε τους επιστήμονες που ασχολούνται με το κλίμα, να αναζητήσουν τρόπους προκειμένου να ερμηνεύσουν και να αποκωδικοποιήσουν τη χαοτική συμπεριφορά της ατμόσφαιρας. Στην προσπάθεια εξεύρεσης κάποιας μορφής πρόβλεψης της εξέλιξης του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής, οι επιστήμονες χρησιμοποιούν εξελιγμένα μοντέλα υπολογιστών αξιοποιώντας όλα τα δεδομένα που διαθέτουν. Η δυσκολία αυτού έγκειται στο γεγονός πως προκειμένου να χρησιμοποιήσουν μοντέλα προσομοίωσης του μελλοντικού κλίματος, πρέπει να είναι βέβαιοι πως μπορούν να περιγράψουν επακριβώς το κλίμα όπως αυτό είναι σήμερα.

Στα πλαίσια αυτής της μελέτης η NASA ξεκίνησε ένα ερευνητικό πρόγραμμα θέτοντας σε τροχιά στο διάστημα, έναν αριθμό δορυφόρων ειδικά σχεδιασμένων, προκειμένου να μας βοηθήσουν να κατανοήσουμε τον κύκλο του νερού στο σημερινό σύστημα κλίματος. Το πρόγραμμα αυτό ονομάστηκε *Αποστολή Μέτρησης Τροπικής Βροχόπτωσης ( Tropical Rainfall Measuring Mission - TRMM )*.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να απευθύνω ιδιαίτερες ευχαριστίες στον επιβλέποντα Καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του Ε.Κ.Π.Α. κ. Παναγιώτη Νάστο, για την ανάθεση αυτού του σύνθετου θέματος, που μου έδωσε τη δυνατότητα να έρθω σε επαφή με σύγχρονες επιστημονικές μεθόδους κλιματολογικής έρευνας, για την άριστη συνεργασία κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας αλλά και για το συνεχές ενδιαφέρον του καθ' όλη τη διάρκεια των προπτυχιακών μου σπουδών.

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον διδάκτορα και επιστημονικό συνεργάτη της Ακαδημίας Αθηνών, τον Κλιματολόγο κ. Ιωάννη Καψωμενάκη για την άριστη συνεργασία, την καθοδήγηση, την υπομονή του, για τις αμέτρητες ώρες που αφιέρωσε προκειμένου να μου διδάξει τη γλώσσα προγραμματισμού R, χωρίς τη βοήθεια του οποίου δε θα ήταν δυνατή η ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	σελ.
Πρόλογος.....	1
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ - ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ</b>	
1. Εισαγωγή .....	5
1.1. Αντικείμενο και στόχοι της εργασίας.....	5
1.2. Βασικές έννοιες.....	5
1.3. TRMM - Επιστημονικά όργανα παρατήρησης .....	8
1.4. Γεωγραφία - Κλιματολογία Μεσογείου - Ευρώπης.....	10
1.4.1. Γεωγραφία Μεσογείου .....	10
1.4.2. Γενικά χαρακτηριστικά Μεσογειακού κλίματος.....	11
1.4.3. Κλιματική ταξινόμηση κατά Köppen - Geigger .....	12
1.5. Ανάλυση χαρακτηριστικών τύπων κλίματος στην περιοχή μελέτης.....	13
1.5.1. Υποτροπικά ξηρού θέρους ή Μεσογειακά .....	13
1.5.2. Θαλάσσια ή ωκεάνια ( ή τύπου δυτικών ακτών των ηπείρων) .....	15
1.5.3. Υγρά υποτροπικά κλίματα .....	16
1.5.4. Ορεινός τύπος κλίματος.....	17
1.6. Ατμοσφαιρική κυκλοφορία στην περιοχή της Μεσογείου .....	18
1.6.1. Κλιματικά φαινόμενα και ατμοσφαιρική κυκλοφορία .....	19
1.6.1.1. Ταλάντωση Βόρειου Ατλαντικού ( NAO ) .....	19
1.6.1.2. Αρκτική Ταλάντωση.....	21
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ - ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ</b>	
2.1. Εισαγωγή .....	23
2.2. Δεδομένα και Ανάλυση .....	24
2.2.1. Επεξεργασία δεδομένων.....	25
2.2.1.1. Εισαγωγικές έννοιες της R - άνοιγμα αρχείων.....	25
2.2.1.2. Ανάλυση δεδομένων .....	28
2.2.1.3. Δημιουργία γραφημάτων.....	30
2.3. Αποτελέσματα και σχολιασμός .....	32
2.3.1. Σχολιασμός αποτελεσμάτων R10 - Ημέρες ισχυρής βροχόπτωσης.....	38
2.3.2. Σχολιασμός αποτελεσμάτων R20 - Ημέρες πολύ ισχυρής βροχόπτωσης .	44
2.4. Συμπεράσματα .....	45
Βιβλιογραφία .....	47
Παράρτημα.....	49

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ**

**ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

# 1. Εισαγωγή

## 1.1. Αντικείμενο και στόχοι της εργασίας

Η βροχόπτωση, και οι παράμετροί της (ύψος βροχής, ραγδαιότητα, αίτιο δημιουργίας της), αποτελούν έναν από τους παράγοντες που καθορίζουν το κλίμα της Γης. Ειδικότερα, τα ακραία περιστατικά βροχόπτωσης, έχουν τεράστιες οικονομικές, οικολογικές και κοινωνικές επιπτώσεις.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι, χρησιμοποιώντας πλεγματικά δεδομένα της NASA από το ερευνητικό πρόγραμμα TRMM, για το χρονικό διάστημα 1998 - 2015, να υπολογιστούν τα απόλυτα κατώφλια βροχόπτωσης, δηλαδή ο αριθμός των ημερών ισχυρής βροχόπτωσης ( $>10$  mm) και πολύ ισχυρής βροχόπτωσης ( $>20$  mm), ανά εποχή και ο μέσος όρος αυτών για το σύνολο των ετών μελέτης.

## 1.2 Βασικές έννοιες

Ο όρος υετός (precipitation) αναφέρεται στο σύνολο των υδατωδών ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που φτάνουν στη γη σε υγρή ή στερεά μορφή και αποφέρουν μετρήσιμη ποσότητα νερού. Όταν τα υδροσταγονίδια από τα οποία αποτελείται το νέφος, ενώνονται μεταξύ τους ή μεγαλώνουν με τη βοήθεια των διαθέσιμων πυρήνων συμπύκνωσης, τότε σχηματίζουν μεγαλύτερες υδροσταγόνες στο εσωτερικό τους. Οι υδροσταγόνες αυτές παρασύρουν κι άλλα μικρά υδροσταγονίδια, γίνονται ακόμη μεγαλύτερες και τελικά εγκαταλείπουν το σύννεφο με τη μορφή κατακρημνισμάτων (βροχή ή χαλαζόπτωση). Όταν φθάνουν στην επιφάνεια της γης (με τη μορφή υδροσταγονιδίων) πριν προφθάσουν να εξατμιστούν, δημιουργείται το φαινόμενο της βροχής (Μακρογιάννης και Σαχσαμάνογλου, 2004; Σαχσαμάνογλου και Μπλούτσος, 1998).

Τη βροχή μπορούμε να την ταξινομήσουμε σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με το αίτιο που τη δημιουργεί, δηλαδή το διαφορετικό είδος νεφών λόγω διαφορετικού μηχανισμού συμπύκνωσης των υδρατμών :

- 1) **Convective (αστάθειας - σωρειτόμορφη βροχή):** η βροχή δημιουργείται κάτω από μεγάλη, ασταθή διαστρωμάτωση της ατμόσφαιρας και προέρχεται από νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης, Σωρείτες (Cumulus) και Σωρειτομελανίες (Cumulonimbus). Οι Σωρειτομελανίες παρουσιάζουν τεράστια κατακόρυφη ανάπτυξη και η κορυφή τους μπορεί να φτάσει μέχρι την τροπόπαυση. Τα φαινόμενα (βροχές, χαλαζοπτώσεις, χιονοπτώσεις) είναι έντονα, μικρής διάρκειας. Σχηματίζονται κατά τη θερμή περίοδο, όταν θερμαίνεται ισχυρά το έδαφος από τις ηλιακές ακτίνες με συνέπεια την αραιώση του παρεδάφιου αέρα και την ανύψωσή του προς μεγαλύτερα ύψη (θερμική αστάθεια), οδηγώντας στην εμφάνιση έντονων, κατακόρυφων κινήσεων στην ατμόσφαιρα. ( Ruiz-Leo et al., 2011 )
- 2) **Stratiform (στρατόμορφη βροχή):** δημιουργείται από νέφη οριζόντιας ανάπτυξης που ονομάζονται Στρώματα (stratus) και Μελανοστρώματα (Nimbostratus). Η βροχή αυτή συνήθως συμβαίνει κάτω από σταθερές θερμοδυναμικές συνθήκες, επηρεάζει μεγάλη (διαρκώς αυξανόμενη περιοχή) και δημιουργείται σαν αποτέλεσμα γένεσης μετώπου μέσου πλάτους, μεγάλης κλίμακας οριζόντια σύγκλιση ή λόγω μηχανικής ανύψωσης αέριας μάζας λόγω ορεογραφίας και τα φαινόμενα είναι πιο ήπια. (Ruiz-Leo et al., 2011)

Οι δύο κατηγορίες της σωρειτόμορφης και στρατόμορφης βροχής είναι το αποτέλεσμα διακριτών διαδικασιών των νεφών που επηρεάζουν τη γενικότερη ατμοσφαιρική κυκλοφορία (Houze, 1997)

Η σύγχρονη αντίληψη της επιστήμης λέει πως τα δύο προαναφερθέντα είδη βροχόπτωσης συνυπάρχουν, καθώς όταν βρέχει έχουμε και τα δύο είδη σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Αυτό που διαφέρει είναι η ποσοστώς τους, με αποτέλεσμα άλλες φορές να υπερισχύει το convective κομμάτι κι άλλες το Stratiform. Ακόμη και σε σωρειτόμορφα νεφικά συστήματα η στρατόμορφη βροχή αποτελεί ένα σημαντικό τμήμα (40-50%) της συνολικής ποσότητας βροχής (Γιαννάκος, 2013)

Στη διεθνή βιβλιογραφία , η κατηγοριοποίηση της βροχής γίνεται και με βάση τον τύπο των νεφών από όπου προέρχεται και κυρίως από τα καταιγιδοφόρα νέφη.

Οι βροχές ανάλογα με τον τρόπο που προκαλείται η συμπύκνωση των υδρατμών λόγω ψύξης, διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

**1. Βροχές κατακόρυφης μεταφοράς ή αστάθειας (convective) - Θερμικές καταιγίδες (thermal):**

Προκαλείται από τη θέρμανση και ανύψωση των αερίων μαζών εξαιτίας της ισχυρής θέρμανσης του εδάφους. Η διαφορική θέρμανση του εδάφους έχει σαν αποτέλεσμα μια αέρια μάζα να καθίσταται θερμότερη από τον αέρα που την περιβάλλει και έτσι να αναπτύσσονται οι κατάλληλες συνθήκες αστάθειας, για την άνοδο της αέριας μάζας. Αν η υγρασία της ατμόσφαιρας είναι υψηλή και η αστάθεια της ατμόσφαιρας μεγάλη, τότε σχηματίζεται ένα νέφος κατακόρυφης ανάπτυξης Cumulonimbus, που εκδηλώνει βροχή μεγάλης έντασης και μικρής διάρκειας που πολλές φορές συνοδεύεται και από χαλαζόπτωση. (Γιαννάκος, 2013; Μακρογιάννης και Σαχσαμάνογλου, 2004)

**2. Ορειογραφικός υετός (orographic):**

Προκαλείται όταν ο αέρας ανυψώνεται και ψύχεται λόγω παρουσίας ορειογραφικών εμποδίων που οδηγεί την κινούμενη στην πλαγιά του όρους αέρια μάζα σε δυναμική αστάθεια. Αυτές οι βροχές πέφτουν στην προσήνεμη πλευρά του όρους (ομβροπλευρά) και η βροχόπτωση αυξάνεται με το ύψος μέχρι τα 2 km περίπου. Για το λόγο αυτό οι υπήνεμες πλευρές των βουνών δέχονται λιγότερα ποσά βροχής από ότι οι προσήνεμες. ( Νικολάκης, 2002; Μακρογιάννης και Σαχσαμάνογλου, 2004 )

**3. Μετωπικές ή υφεσιακές βροχές (Frontal):**

Στις υφέσεις ή μέτωπα υπάρχουν οι προϋποθέσεις σύγκλισης και ανοδικών κινήσεων και επομένως ψύξη με ανάμειξη και εκτόνωση. Δημιουργούνται από τις ανοδικές κινήσεις κατά τη διέλευση θερμών και ψυχρών μετώπων,



όταν η αέρια μάζα αναγκάζεται να ανέβει τη μετωπική επιφάνεια. Οι βροχοπτώσεις αυτού του είδους είναι μεγάλης έκτασης και διάρκειας αλλά συχνά αποκτούν χαρακτηριστικά βροχών κατακόρυφης μεταφοράς. Αυτού του είδους οι βροχοπτώσεις είναι συχνές στα μέσα γεωγραφικά πλάτη καθώς εκεί βρίσκεται το σημείο συνάντησης των ψυχρών πολικών και των θερμών τροπικών αερίων μαζών σχηματίζοντας της μετωπικές επιφάνειες. (Νικολάκης, 2002; ; Καρτάλης και Φειδάς, 2006 )

### **1.3 TRMM - Επιστημονικά όργανα παρατήρησης**

#### **A. Ραντάρ βροχόπτωσης**

Ήταν το πρώτο διαστημικό όργανο που σχεδιάστηκε για να μας παρέχει τρισδιάστατους χάρτες της καταιγιδόφρου δομής. Οι μετρήσεις αυτές μας έδωσαν σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την ένταση και την κατανομή της βροχής, τον τύπο βροχής καθώς και με το ύψος στο οποίο το χιόνι μετατρέπεται σε βροχή.

Το ραντάρ αυτό έχει οριζόντια ανάλυση του εδάφους της τάξης των 5 χιλιομέτρων και εύρος που φτάνει τα 247 χιλιόμετρα.

Ένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά του είναι η ικανότητά του να παρέχει κατακόρυφο προφίλ της βροχής και του χιονιού, από την επιφάνεια μέχρι το ύψος περίπου των 20 χιλιομέτρων. Είναι σε θέση να εντοπίσει αρκετά ισχνά ποσά βροχής, της τάξης των 0,7 mm / ώρα. Σε περιπτώσεις έντονων ρυθμών βροχόπτωσης, όπου οι επιπτώσεις της εξασθένησης μπορεί να είναι ισχυρή, έχουν αναπτυχθεί νέες μέθοδοι επεξεργασίας δεδομένων που βοηθούν στη διόρθωση αυτού του φαινομένου. ( NASA TRMM )

#### **B. Αισθητήρας μικροκυμάτων (TMI)**

Πρόκειται για ένα παθητικό αισθητήρα μικροκυμάτων ο οποίος έχει σχεδιαστεί για να παρέχει ποσοτικές πληροφορίες βροχοπτώσεων για μια ευρεία ζώνη κάτω από τον δορυφόρο TRMM. Με προσεκτική μέτρηση των ποσοτήτων της ενέργειας των μικροκυμάτων που εκπέμπεται από τη γη και την ατμόσφαιρά της, ο αισθητήρας μικροκυμάτων είναι σε θέση να ποσοτικοποιήσει τους υδρατμούς, το νερό του νέφους και την ένταση των βροχοπτώσεων στην ατμόσφαιρα. Το όργανο αυτό καταναλώνει ελάχιστη ενέργεια και σε συνδυασμό με το μεγάλο εύρος της

παρατήρησης που προσφέρει, καθίσταται ένα ιδανικό εργαλείο μέτρησης της βροχής της μεθόδου TRMM. ( *NASA TRMM* )

### **Γ. Σαρωτής ορατών και υπέρυθρων ακτίνων (VIRS)**

Είναι ένα από τα κύρια όργανα του συστήματος TRMM. Έχει την ιδιότητα να ανιχνεύει την ακτινοβολία που φτάνει σε γη σε πέντε φασματικές περιοχές που κυμαίνονται από το ορατό έως το υπέρυθρο (0,63 – 12  $\mu\text{m}$ ). Το όργανο αυτό περιλαμβάνεται στο πρωτεύον πακέτο οργάνων του προγράμματος TRMM. Η ένταση της ακτινοβολίας σε διάφορες φασματικές περιοχές (ή ζώνες), μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της φωτεινότητας (ορατό και κοντά στο υπέρυθρο) ή της θερμοκρασίας (υπέρυθρο) της πηγής.

Εάν ο ουρανός είναι καθαρός, η θερμοκρασία θα αντιστοιχεί με εκείνη της επιφάνειας της Γης, κι αν υπάρχουν σύννεφα η θερμοκρασία θα είναι ίση με αυτή της κορυφής των νεφών. Ψυχρότερες θερμοκρασίες θα παράγουν μεγαλύτερες εντάσεις στις μικρές ζώνες μήκους κύματος, ενώ μεγαλύτερες θερμοκρασίες θα παράγουν μεγαλύτερες εντάσεις στις ζώνες μεγάλου μήκους κύματος. Καθώς τα ψυχρότερα σύννεφα υπάρχουν στα μεγαλύτερα υψόμετρα, οι μετρούμενες θερμοκρασίες είναι χρήσιμες ως δείκτες του ύψους που βρίσκονται τα νέφη, καθώς τα νέφη αυτά μπορεί να συσχετιστούν με την παρουσία βροχής.

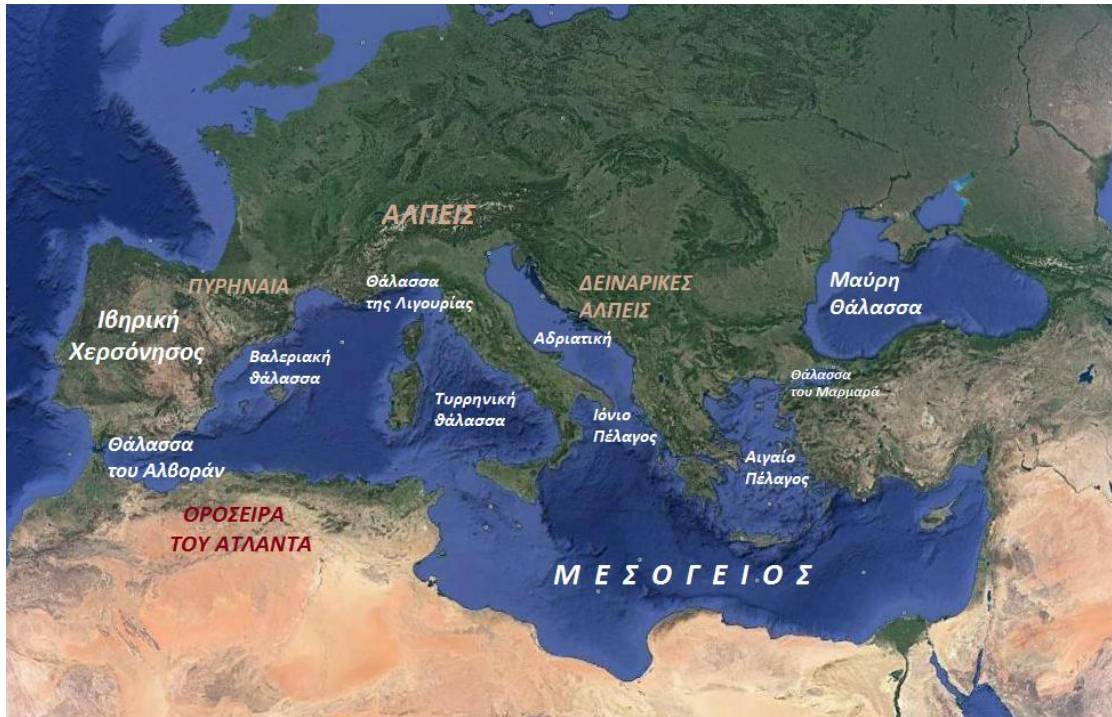
Μια άλλη χρήση του σαρωτή αυτού των υπέρυθρων ακτίνων, είναι η εκτίμηση της βροχόπτωσης. Υπάρχει μια θετική συσχέτιση μεταξύ του μεγάλου ύψους της κορυφής των νεφών με τη βροχή που προέρχεται από τα νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης – θερμικής αστάθειας (καταιγίδες). Παρόλα αυτά οι τεχνικές των υπέρυθρων ακτίνων έχουν σημαντικά λάθη για στιγμιαίες εκτιμήσεις βροχής.

Το σύστημα VIRS χρησιμοποιεί έναν περιστρεφόμενο καθρέφτη και σαρώνει μια περιοχή πλάτους 833 χιλιομέτρων, καθώς μετακινείται κατά μήκος της τροχιάς του. Κοιτώντας απευθείας κάτω, το σύστημα VIRS μπορεί να ξεχωρίσει μεμονωμένα χαρακτηριστικά του νέφους μεγέθους έως και 2,4 χιλιόμετρα. ( *NASA TRMM* )

## 1.4 Γεωγραφία - Κλιματολογία Μεσογείου - Ευρώπης

### 1.4.1. Γεωγραφία της Μεσογείου

Η Μεσόγειος εκτείνεται μεταξύ των παράλληλων του βόρειου γεωγραφικού πλάτους 30° και 46° και των μεσημβρινών γεωγραφικού μήκους 5° 30' δυτικού και 36° ανατολικού. Η έκτασή της κατά τον άξονα Ανατολή - Δύση πλησιάζει περίπου τα 4000 km και κατά τον άξονα Βορρά - Νότου είναι περίπου 890 km. Πρόκειται για μια βαθιά θαλάσσια λεκάνη 2,5 εκατομμυρίων km<sup>2</sup>. Ο όρος *Mediterranean* προέρχεται από τη λατινική ρίζα *Mediterraneus* (*medius + terra*) ή στα ελληνικά Μεσόγειος (μέσω + γη). Η Μεσόγειος περιβάλλεται από ηπείρους και αποτελεί μια μεταβατική ζώνη ανάμεσα στη βόρεια και κεντρική Ευρώπη και στις βόρειες περιοχές της Αφρικής. Συνδέεται με τον Ατλαντικό ωκεανό μέσω του στενού του Γιβραλτάρ από τα δυτικά και μέσω του Βοσπόρου με τη Θάλασσα του Μαρμαρά και τη Μαύρη θάλασσα από τα ανατολικά. Περιβάλλεται από 22 ευρωπαϊκές, αφρικανικές και ασιατικές χώρες κι επίσης χωρίζεται σε επτά μικρότερες υποπεριοχές: 1) Θάλασσα Αλμποράν ανάμεσα στην Ισπανία και το Μαρόκο, 2) Θάλασσα της Λιγουρίας (ανάμεσα στην Κορσική και την Ιταλία), 3) Τυρρηνική θάλασσα (περιβάλλεται από τη Σαρδηνία, την Ιταλική χερσόνησο και τη Σικελία), 4) Αδριατική θάλασσα (ανάμεσα στην Ιταλία και την Ελλάδα), 5) Ιόνιο Πέλαγος (ανάμεσα στην Ιταλία και την Ελλάδα), 6) Αιγαίο Πέλαγος (ανάμεσα στην Ελλάδα και την Τουρκία) και 7) Θάλασσα του Μαρμαρά (ανάμεσα στο Αιγαίο και στη Μαύρη Θάλασσα) (Τολικά, 2005)



Σχήμα 1. Χάρτης Μεσογείου

#### 1.4.2. Γενικά χαρακτηριστικά του Μεσογειακού κλίματος

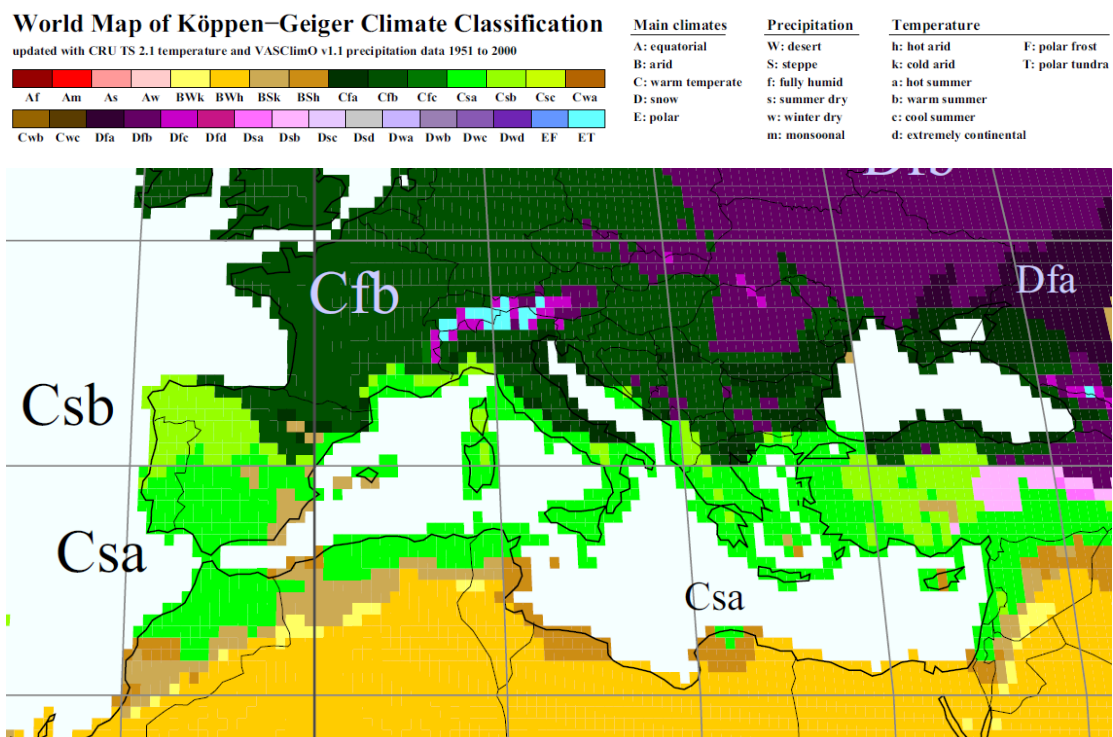
Η Μεσόγειος αποτελεί μια μεταβατική ζώνη ανάμεσα στις περιοχές των υποτροπικών υψηλών και στις περιοχές των μέσων γεωγραφικών πλατών που επικρατούν οι δυτικοί άνεμοι. Τα βασικά χαρακτηριστικά του Μεσογειακού κλίματος είναι οι ήπιοι βροχεροί χειμώνες και τα σχετικά θερμά και ξηρά θέρη (Ντρίβας, 2004). Τα όρια του μεσογειακού κλίματος δεν είναι σαφή και η μεταβατική ζώνη προς το ηπειρωτικό μεσευρωπαϊκό μεταβάλλεται από έτος σε έτος από τον ένα τύπο κλίματος στον άλλο (Ζαμπάκας, 1981).

Το έτος μπορεί να διαιρεθεί σε δύο υποπεριόδους τη θερμή και την ψυχρή. Η θερμή περίοδος είναι από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, ενώ η ψυχρή από τον Οκτώβριο έως τον Μάιο, με τους μήνες Σεπτέμβριο και Μάιο να λογίζονται ως μεταβατικοί.

### 1.4.3. Κλιματική ταξινόμηση κατά Köppen - Geiger

Ο Γερμανός βιολόγος Wladimir Köppen δημοσίευσε (1918) μια κλιματική ταξινόμηση που στηρίζεται στη θερμοκρασία, στις βροχοπτώσεις και στα εποχικά χαρακτηριστικά τους. (World Map of Köppen–Geiger Climate Classification)

Για να προσδιοριστούν κατά Köppen οι κύριοι κλιματικοί τύποι που επικρατούν στη γη, χρησιμοποιήθηκαν τρία κύρια σύνολα συμβόλων - γραμμάτων [ A, B, C, D, E, H ]. Τα γράμματα αυτά προσδιορίζουν θερμοκρασιακές καταστάσεις, εκτός από το B που προσδιορίζει και τη βροχόπτωση σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία. Το δεύτερο σύνολο αποτελείται από τα σύμβολα [ F, f, m, s, T, w ], τα οποία προσδιορίζουν τα χαρακτηριστικά της βροχής εκτός από τα F και T που αναφέρονται στη θερμοκρασία και συνδυάζονται μόνο με το E. Το τρίτο σύνολο αποτελείται από τα γράμματα [ a, b, c, d, h, k ] τα οποία προσδιορίζουν ειδικότερες θερμοκρασιακές καταστάσεις. ( Νικολάκης, 2002 )



Σχήμα 2. Κλιματικός χάρτης Μεσογείου - Ταξινόμηση κατά Köppen - Geiger (Kottek M. 2006)

Στην περιοχή της Μεσογείου, βάσει της κλιματικής ταξινόμησης του Köppen, τα κλίματα που συναντώνται είναι κυρίως Csb, Csa, δηλαδή κλίματα που

χαρακτηρίζονται από υψηλές θερμοκρασίες, ξηρά και πολύ θερμά έως θερμά καλοκαίρια. Βορειότερα της θάλασσας της Μεσογείου, επικρατεί ο τύπος κλίματος Cfb, θαλάσσιος υγρός με θερμό θέρος και μέσες θερμοκρασίες 4 θερμότερων μηνών  $>10^{\circ}\text{C}$  (Ζαμπάκας, 1981). Παραφωνία στην ομαλή μετάβαση από τον ένα κλιματικό τύπο στον άλλο, αποτελεί η περιοχή των Άλπεων, των οποίων το κλίμα χαρακτηρίζεται ως ET, Dfb, Dfc, δηλαδή κατά θέσεις πολικό, αλλού υγρό με χιόνια και δροσερό βραχύ καλοκαίρι, που οφείλεται στο ανάγλυφο της περιοχής (όρη υψομέτρου 4000 μέτρων).

Γενικά το Μεσογειακό κλίμα σύμφωνα με την κατάταξη του Köppen χαρακτηρίζεται από υγρούς και όχι ιδιαίτερα ψυχρούς χειμώνες και από θερμά και ξηρά καλοκαίρια. Αναφορικά με τις βροχοπτώσεις, σημειώνονται κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου και παρατηρείται σχεδόν απουσία βροχοπτώσεων το καλοκαίρι (Τολικά, 2005). Η ξηρή περίοδος έχει μεγαλύτερη διάρκεια με φορά από τα βόρεια προς τα νότια και από τα δυτικά προς τα ανατολικά (Μαχαίρας, 1985)

## **1.5. Ανάλυση χαρακτηριστικών τύπων κλίματος στην περιοχή μελέτης**

Ακολούθως αναφέρονται τα σπουδαιότερα χαρακτηριστικά των κλιματικών τύπων του Köppen για την περιοχή της Μεσογείου, εστιασμένα στην παράμετρο της βροχής.

### **1.5.1. Υποτροπικά ξηρού θέρους ή Μεσογειακά**

Το κύριο χαρακτηριστικό του κλίματος αυτού είναι το ξηρό και θερμό θέρος και ο ήπιος και βροχερός χειμώνας, αν και κατά περιόδους ή καθ' ολοκληρία, ο χειμώνας καθίσταται δριμύς προς τα πολικά όρια αυτών των κλιμάτων όπου σημειώνονται συχνά εισβολές ψυχρών αερίων μαζών.

Το θερινό ξηρό κλίμα δημιουργείται λόγω της μετατόπισης της υποτροπικής ζώνης των υψηλών πιέσεων βορειότερα έτσι ώστε οι υψηλές πιέσεις να καλύπτουν αυτές τις περιοχές. Οι αέριες μάζες που επικρατούν κατά το **θέρος** είναι ευσταθείς θαλάσσιες τροπικές ( mT ) και θαλάσσιες πολικές ( mP ) που

κινούνται από τα ωκεάνια κέντρα υψηλών πιέσεων προς Ανατολικά ή Νοτιανατολικά. Το θερινό μεσογειακό κλίμα μοιάζει προς τον τροπικό ημίξηρο τύπο κλίματος.

Κατά το **χειμώνα** η ζώνη της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας μετατοπίζεται νοτιότερα ( προς τον Ισημερινό ) και οι περιοχές αυτές περιέρχονται στην επίδραση των δυτικών ανέμων με την έντονη υφεισιακή δραστηριότητα και την εισβολή τροποποιημένων πολικών αερίων μαζών.

Η **άνοιξη** είναι κλιματικά ασταθής μεταβατική περίοδος με συχνή εναλλαγή σειρών ημερών άλλοτε με χειμερινά κι άλλοτε με θερινά χαρακτηριστικά λόγω της έντονης μεσημβρινής κυκλοφορίας κατά την εποχή αυτή.

Το **φθινόπωρο** είναι μικρής συνήθως διάρκειας με κάπως απότομη την έλευση του χειμώνα.

Οι θερμοκρασιακές συνθήκες μεταβάλλονται από τα παράλια προς το εσωτερικό των ηπείρων. Οι παράλιες περιοχές έχουν μικρότερες θερινές και μεγαλύτερες χειμερινές θερμοκρασίες, άρα το μικρότερο θερμοκρασιακό εύρος από τις εσωτερικές περιοχές ίδιου γεωγραφικού πλάτους. Τα θερινά μέγιστα μπορούν να φτάσουν στους 42° C ή και 45° C και θυμίζουν ερημικές συνθήκες, ενώ τα χειμερινά ελάχιστα τους -20° C ή και -25° C και θυμίζουν ηπειρωτικές περιοχές μεγάλων γεωγραφικών πλατών.

Αναφορικά με τη βροχόπτωση, η μέση ετήσια κυμαίνεται κατά κανόνα από 350 mm μέχρι 900 mm ανάλογα με την ποικιλία και τις ιδιομορφίες του Μεσογειακού τύπου κλίματος. Υπάρχουν όμως και σταθμοί που δέχονται ετησίως λιγότερο από 200 mm ή περισσότερο από 2000 mm. Η **θερινή βροχόπτωση** είναι μηδαμινή ή ανεπαρκής κυρίως στις νότιες περιοχές με αποτέλεσμα να ξηραίνεται το έδαφος και να παρουσιάζεται έλλειμμα νερού. Οι **χειμερινές βροχοπτώσεις** τροφοδοτούνται από υδρατμούς από αέριες μάζες mT και mP με το μηχανισμό των υφέσεων που διέρχονται συνήθως βορειότερα. Τα μέτωπα των υφέσεων αυτών σαρώνουν με την ουρά τους τα Μεσογειακά κλίματα και δίνουν λιγότερες βροχές, από ότι βορειότερα όπου διέρχονται τα κέντρα των συστημάτων αυτών.

Η βροχόπτωση και το χιόνι αυξάνονται με την αύξηση του υψομέτρου μέχρι τέτοιου βαθμού ώστε ορισμένες περιοχές να μπορούν να ταξινομηθούν στα ορεινά κλίματα ( μετά από κάποιο υψόμετρο ) (Νικολάκης, 2002)

Περιοχές που συναντάμε αυτόν τον τύπο κλίματος είναι η Ελλάδα, η Ισπανία, η Πορτογαλία, βόρειες ακτές δυτικής Αφρικής, κεντρικοδυτική Τουρκία, Κύπρος, δυτικές ακτές Συρίας.

Ο De Morton πρότεινε τις εξής υποδιαιρέσεις Μεσογειακού τύπου Κλίματος:

### *I. Ωκεάνιο ή Πορτογαλλικό Μεσογειακό Κλίμα*

Χαρακτηρίζεται από ήπιους χειμώνες, δροσερά θέρη, μικρό σχετικά θερμοκρασιακό εύρος και θερινή ξηρασία. Επικρατεί στις παράκτιες περιοχές της Πορτογαλίας, Μαρόκου, Αλγερίας, Τύνιδας και στα νησιά του Ατλαντικού ωκεανού. Προς αυτήν την κλιματική υποδιαίρεση τείνουν ορισμένες ακτές της Ισπανίας, τα δυτικά τμήματα της Ιταλικής χερσονήσου και το Ιόνιο.

### *II. Ελληνικό ή ηπειρωτικό Μεσογειακό Κλίμα*

Χαρακτηρίζεται από μεγάλα ημερήσια και ετήσια θερμοκρασιακά εύρη και μεγαλύτερη θερινή ξηρασία σε σχέση με το ωκεάνιο. Επικρατεί στο εσωτερικό της Ελληνικής χερσονήσου, στις ακτές της Ελλάδας και της Μικράς Ασίας και σε μια στενή λωρίδα της Θράκης.

### *III. Συριακό Μεσογειακό Κλίμα*

Είναι μεταβατικό κλίμα μεταξύ Ελληνικού Μεσογειακού και ερημικού. Χαρακτηρίζεται από μικρή σχετικά χειμερινή βροχόπτωση και παρατεταμένη θερινή ξηρασία, με μεγάλα ημερήσια και ετήσια θερμοκρασιακά εύρη. Επικρατεί στη Συρία, στο Λίβανο, στην Αλγερία και στο εσωτερικό της Μικράς Ασίας. (Νικολάκης, 2002)

### **1.5.2. Θαλάσσια ή ωκεάνια ( ή τύπου δυτικών ακτών των ηπείρων )**

Επικρατούν στις δυτικές ακτές των ηπείρων στα μέσα πλάτη και σε ορισμένα νησιά προς τις βόρειες πλευρές των Μεσογειακών. Είναι χαρακτηριστικός τύπος κλίματος στις βορειοδυτικές ακτές της Ευρώπης και τα Βρετανικά νησιά. Σε αυτό συμβάλλουν τα θερμά θαλάσσια ρεύματα που φτάνουν εκεί ( Gulf Stream, North Atlantic Drift ). Τα ρεύματα αυτά θερμαίνουν τα κατώτερα στρώματα των αερίων μαζών οι οποίες στη συνέχεια κινούνται ανατολικά και εισβάλλουν βαθιά στην Ευρώπη λόγω έλλειψης σημαντικών ορογραφικών εμποδίων μεταφέροντας έτσι τη θαλάσσια επίδραση.

Οι αέριες μάζες που εισβάλλουν στα δυτικά των ηπείρων έχουν, σχεδόν πάντα, θαλάσσια προέλευση: Pm (πολική θαλάσσια) ή Tm (τροπική θαλάσσια) γι' αυτό το λόγο είναι πάντα υγρές, αρκετά συχνά ασταθείς, ήπιες το χειμώνα και



δροσερές το καλοκαίρι, γεγονός που εξηγεί το χαμηλό ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος (που είναι ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά των κλιμάτων αυτών).

Κατά το χειμώνα παρατηρείται έντονη υφειακή δράση η οποία εξασθενεί κατά το θέρος γιατί οι ζώνες των υποτροπικών υψηλών πιέσεων έχουν μετακινηθεί κατά τη θερμή εποχή προς τον πόλο και εκτρέπουν τις υφέσεις προς τα μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη. Οι ψυχρές μεσημβρινές εισβολές είναι αρκετά σύντομες και σπασμοδικές, γεγονός που εξηγεί γιατί τα κύματα ψύχους σ' αυτές τις περιοχές έχουν μικρή διάρκεια και ασθενή ένταση. (Μαχαίρας και Μπαλαφούτης, 1984 )

Κατά το θέρος η δραστηριότητα αυτή εξασθενεί λόγω της μετατόπισης της ζώνης των υψηλών πιέσεων των υποτροπικών βορειότερα. Γενικά ο χειμώνας είναι ήπιος και το θέρος δροσερό.

Οι μέσες ετήσιες θερμοκρασίες κυμαίνονται μεταξύ 7° C και 13° C, οι μέσες του θερμότερου μήνα μεταξύ 15° C και 20° C και οι ημερήσιες μέγιστες φθάνουν μέχρι και 24° C, ενώ οι απολύτως μέγιστες είναι δυνατόν να φτάσουν μέχρι και τους 38° C ιδιαίτερα όταν εισβάλλουν θερινές ηπειρωτικές αέριες μάζες.

Η βροχόπτωση στα όρια αυτών των κλιμάτων με τα Μεσογειακά είναι σχετικά μικρή με θερινή ξηρασία, όπως και στα Μεσογειακά. Με την αύξηση του απόλυτου γεωγραφικού πλάτους η βροχόπτωση αυξάνεται, ελαττώνεται με την απόσταση από τα παράλια και εξαφανίζεται σχεδόν το θερινό ελάχιστο. Τα μέσα ετήσια ύψη κυμαίνονται από 500 mm μέχρι 2500 mm σε μέσες ετήσιες τιμές.

Χαρακτηριστικά γνωρίσματα του κλίματος αποτελούν επίσης ο μεγάλος αριθμός ημερών βροχής, οι μακρές σειρές διαδοχικών ημερών βροχής, ο νεφοσκεπής γκρίζος ουρανός, οι πολλές ψυχάλες και οι ασθενείς βροχές. (Νικολάκης, 2002)

### **1.5.3. Υγρά υποτροπικά κλίματα**

Τα κλίματα αυτά μοιάζουν με τα Μεσογειακά διότι απαντώνται στα ίδια γεωγραφικά πλάτη με τη διαφορά όμως ότι εντοπίζονται στις ανατολικές πλευρές των ηπείρων. Οι κυριότερες περιοχές αυτών των κλιμάτων είναι οι νοτιανατολικές Ηνωμένες Πολιτείες, μια ζώνη κατά μήκος της βόρειας Ινδίας, η νότια Ιαπωνία και η Φορμόζα, η νότια και ανατολική Κίνα, οι ανατολικές ακτές της Αυστραλίας, η νοτιανατολική Αργεντινή, μια περιοχή στο ανατολικό άκρο της Μαύρης Θάλασσας και οι ακτές του Νατάλ στην Αφρική.

Τη θερινή περίοδο το κλίμα διαμορφώνεται από Tm (τροπικές θαλάσσιες) αέριες μάζες που διοχετεύονται μέσω της κυκλοφορίας από τα κέντρα υψηλών πιέσεων της υποτροπικής ζώνης. Οι μάζες αυτές καθώς κινούνται από τα χαμηλότερα πλάτη πάνω από θερμές θάλασσες φθάνουν στις περιοχές αυτές

ασταθείς και υγρές. Η αστάθειά τους ενισχύεται διότι κατά μήκος των ανατολικών ακτών επικρατούν θερμά θαλάσσια ρεύματα. κατά το χειμώνα ο καιρός διαμορφώνεται από την υφειακή δραστηριότητα, όπως και στα Μεσογειακά, με τη διαφορά ότι προστίθεται και η επίδραση του χειμερινού μουσώνα (ιδιαίτερα στις ασιατικές περιοχές) με αποτέλεσμα την ελάττωση της χειμερινής βροχόπτωσης. Οι θερμές καταστάσεις μοιάζουν με εκείνες των Μεσογειακών κλιμάτων αλλά λόγω της μεγάλης υγρασίας και της απουσίας ψυχρών ρευμάτων το θέρος έχει χαρακτήρα υγρού τροπικού κλίματος. Η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα είναι περίπου 27° C, ενώ του ψυχρότερου μεταξύ 4° C και 13° C. Η μέγιστη ημερήσια το θέρος ξεπερνάει του 33° C και οι απολύτως μέγιστες τους 38° C. Οι χειμώνες χαρακτηρίζονται ήπιοι, αν και συχνά συμβαίνουν παγετοί.

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής είναι μεγαλύτερο των Μεσογειακών και περισσότερο ομοιόμορφα κατανεμημένο σε όλο το έτος κυμαινόμενο από 750mm, μέχρι 1650 mm και το μέσο μηνιαίο μεταξύ 75 mm και 155 mm. Δευτερεύουσες επιδράσεις δεν μπορούν να αλλάξουν τον κλιματικό τύπο, μπορούν να τροποποιήσουν το καθεστώς βροχής. Έτσι η χειμερινή υφειακή δραστηριότητα ενισχύει τις βροχοπτώσεις σε μια περιοχή, ενώ μουσωνική χειμερινή δραστηριότητα ελαττώνει τις βροχοπτώσεις σε μια άλλη.

Οι θερινές βροχές προέρχονται κυρίως από καταιγίδες αερίων μαζών και κατά το τέλος του θέρους ή και τις αρχές του φθινοπώρου ενισχύονται από τους κυκλώνες των τροπικών που μερικές φορές φθάνουν εκεί. Κατά το χειμώνα οι βροχές είναι μετωπικές ή υφειακές, ασθενέστερες από αυτές των Μεσογειακών κλιμάτων αλλά σε μεγαλύτερη συχνότητα (πολλές βροχερές ημέρες) (Νικολάκης, 2002)

#### **1.5.4. Ορεινός τύπος κλίματος**

Το υψόμετρο είναι ένας ισχυρός παράγοντας διαφοροποίησης του κλίματος σε πολύ μικρή οριζόντια απόσταση. Ένας κατά μέσο όρο υπολογισμός δίνει ότι μια κατακόρυφη μετατόπιση μέσα στον αέρα κατά 1000 m ισοδυναμεί με μεταβολή της θερμοκρασίας ίδιας τάξης μεγέθους με μια μετατόπιση κατά 1000 km, με σταθερό υψόμετρο κατά μήκος ενός μεσημβρινού.

Ο τύπος αυτός κλίματος απαντάται όπου υπάρχουν μεγάλες οροσειρές, υψίπεδα και απομονωμένοι ορεινοί όγκοι στον πλανήτη. Στην Ευρώπη η περιοχή αυτή είναι οι Άλπεις. Διαμορφωτικοί παράγοντες του ορεινού τύπου κλίματος είναι: το υψόμετρο, το τοπικό ανάγλυφο και η επίδραση των ορεινών όγκων.

Το ανάγλυφο της περιοχής είναι υπεύθυνο για τη διαμόρφωση του ορεινού μικροκλίματος, διαφορετική διαμόρφωση του ορεινού μικροκλίματος διαφορετική διαμόρφωση κλιτύων σημαίνει διαφορετικό μικροκλίμα. Τα προσήνεμα και τα υπήνεμα παρουσιάζουν επίσης διαφορετικό μικροκλίμα. Το ανάγλυφο της περιοχής είναι δυνατό να αποτελεί ένα τέλειο φράγμα για τον άνεμο, να τον αναγκάζει σε πλευρικές ή κατακόρυφες υπερκεράσεις, να τον καναλίζει ανάμεσα στις κοιλάδες, και με ορισμένες συνθήκες να δημιουργεί τις αύρες ορέων και κοιλάδων. Με άλλα λόγια, οι τοπικοί άνεμοι στα ορεινά κλίματα παρουσιάζουν εντελώς διαφορετικές διευθύνσεις από εκείνες που δημιουργεί η βαροβαθμίδα ή η γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας.

Οι ορεινοί όγκοι αποτελούν φραγμούς για τις αέριες μάζες, κυρίως τις ψυχρές αλλά και τις θερμές, από το να επιδράσουν στον καιρό και το κλίμα των υπήνεμων περιοχών. Για παράδειγμα οι Άλπεις της Μεσογείου φράσσουν και προστατεύουν τις νότιες παράκτιες περιοχές δημιουργώντας τη γνωστή Ριβιέρα. Επίσης οι οροσειρές δημιουργούν μεγαλύτερες βροχοπτώσεις στις προσήνεμες και μικρότερες στις υπήνεμες κλιτείς όπου επικρατούν οι καθοδικοί άνεμοι τύπου Föhn.

Για τα επίπεδα βροχής και το βροχομετρικό σύστημα δεν υπάρχει πρότυπο ορεινό κλίματος. Εξαρτώνται από το φορτίο των υδρατμών των κινούμενων αερίων μαζών, τον προσανατολισμό της οροσειράς σχετικά με τη διεύθυνση του ανέμου και από το υψόμετρο. Μέχρι ένα ύψος της τάξης 2 - 3 km το ύψος της βροχής αυξάνεται και μετά ελαττώνεται γιατί το υετίσιμο νερό έχει εξαντληθεί. (Νικολάκης, 2002; Μαχαίρας και Μπαλαφούτης, 1984 )

## **1.6. Ατμοσφαιρική κυκλοφορία στην περιοχή της Μεσογείου**

Δεδομένου ότι η Μεσόγειος βρίσκεται σε μια μεταβατική ζώνη μεταξύ των ερήμων της Βόρειας Αφρικής (άγονη ζώνη υποτροπικού αντικυκλώνα) και της κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης (δυτική ροή όλο το έτος), οι παράγοντες που επηρεάζουν το μεσογειακό κλίμα κι ερμηνεύουν το καθεστώς της βροχής είναι πολλοί. Ο γεωγραφικός παράγοντας (γεωγραφικό πλάτος), τοπογραφία (ανάγλυφο, προσανατολισμός των κλιτύων), η θάλασσα της Μεσογείου και κυρίως η ατμοσφαιρική κυκλοφορία προκαλούν έντονες διαφοροποιήσεις του κλίματος από περιοχή σε περιοχή. Η Μεσόγειος επηρεάζεται από επηρεάζεται από καιρικά συστήματα που δημιουργούνται στις υποτροπικές περιοχές (Β. Αφρική), καθώς και από περιοχές των μέσων γεωγραφικών πλατών, όπως στον Ατλαντικό ωκεανό (Flocas, 1984). Στη Μεσόγειο η μεσημβρινή κυκλοφορία είναι αυτή που παίζει τον καθοριστικότερο ρόλο (Maheras, 1983; 1988). Έρευνες που έχουν γίνει από τους

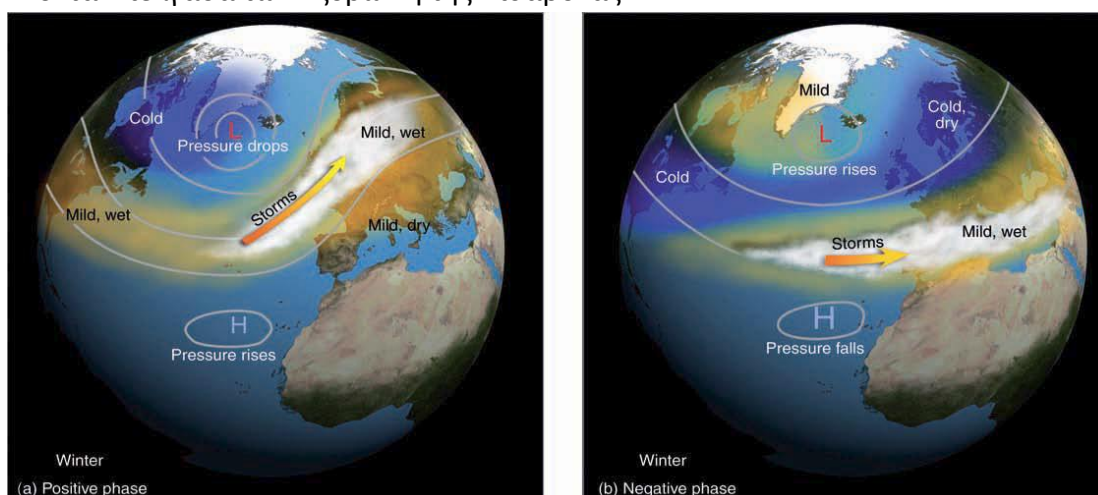
ίδιους ερευνητές έδειξαν πως ο υετός εξαρτάται επίσης από την ένταση, τη συχνότητα και τις τροχιές των υφέσεων ( Τολικά, 2005)

Το έτος μπορεί να διαιρεθεί γενικότερα σε δύο υποπεριόδους, τη θερμή και την ψυχρή. Η θερμή καλύπτει τους μήνες Ιούνιο έως Σεπτέμβριο, ενώ η ψυχρή εκτείνεται από τον Οκτώβριο έως τον Μάιο. Οι μήνες Οκτώβριος και Μάιος θεωρούνται μεταβατικοί (Ντρίβας, 2004). Τα κύρια βαρομετρικά συστήματα που επηρεάζουν την περιοχή της Μεσογείου είναι το χαμηλό της Ισλανδίας και το υψηλό των Αζορών, ο ηπειρωτικός αντικυκλώνας της κεντρικής Ευρώπης και ο Σιβηρικός Αντικυκλώνας, κυρίως κατά την ψυχρή περίοδο, ενώ σημαντικά είναι συστήματα που αναπτύσσονται στις ηπειρωτικές της βόρειας Αφρικής (Maheras et al., 2001)

## 1.6.1 Κλιματικά φαινόμενα και ατμοσφαιρική κυκλοφορία

### 1.6.1.1. Ταλάντωση Βόρειου Ατλαντικού ( NAO )

Η ταλάντωση του Βόρειου Ατλαντικού, διεθνώς NAO ( North Atlantic Oscillation) είναι ένα κλιματικό φαινόμενο του Ατλαντικού το οποίο αναφέρεται στη διακύμανση των διαφορών της ατμοσφαιρικής πίεσης μεταξύ των δύο βασικών κέντρων δράσης της περιοχής που είναι το χαμηλό της Ισλανδίας και ο αντικυκλώνας των Αζορών. Για την παρακολούθηση του φαινομένου χρησιμοποιείται ο Δείκτης Ταλάντωσης του Βόρειου Ατλαντικού, που ορίζεται ως η διαφορά της ατμοσφαιρικής πίεσης μεταξύ του Στικισολμούρ της Ισλανδίας και της Πόντα Ντελγάδα των Αζορών ή της Λισαβόνας.



**Σχήμα 3. Αλλαγές στην επιφανειακή ατμοσφαιρική πίεση και τυπικά μοτίβα καιρού που σχετίζονται με (a) θετική φάση και (b) αρνητική φάση του NAO**

Το φαινόμενο αυτό επηρεάζει τις καιρικές συνθήκες στην Ευρώπη καθώς και στις ανατολικές ακτές της βόρειας Αμερικής.

Την περίοδο του χειμώνα αν υπάρχει μεγάλη διαφορά ατμοσφαιρικής πίεσης μεταξύ χαμηλού της Ισλανδίας και υψηλού στην περιοχή των Βερμούδων - Αζορών, ο δείκτης NAO χαρακτηρίζεται ως θετικός - υψηλός. Οι δυτικοί άνεμοι που πνέουν στον βόρειο Ατλαντικό, μεταξύ των 40ου και 60ου βόρειων παραλλήλων είναι ισχυρότεροι του κανονικού και με έντονη μεταφορά αισθητής θερμότητας και υγρασίας από τον ωκεανό προς την ξηρά, διαμορφώνουν συνθήκες που τελικά οδηγούν σε θερμότερους και υγρότερους χειμώνες στη δυτική και βόρεια Ευρώπη και ξηρότερους, του κανονικού, χειμώνες στη νότια Ευρώπη.

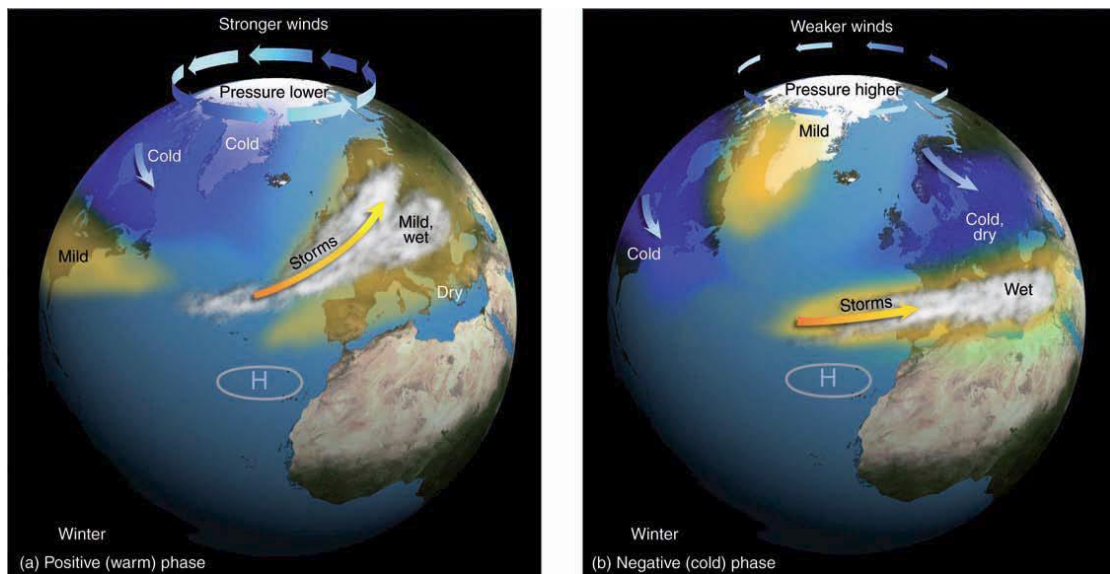
Εάν η διαφορά της ατμοσφαιρικής πίεσης μεταξύ του χαμηλού της Ισλανδίας και του υψηλού των Βερμούδων - Αζορών είναι μικρή, ο δείκτης NAO είναι αρνητικός και οι δυτικοί άνεμοι που πνέουν στο βόρειο ημισφαίριο μεταξύ των 40ου και 60ου βόρειων παραλλήλων είναι ασθενέστεροι και διαμορφώνονται συνθήκες που οδηγούν σε ψυχρότερους και ξηρότερους χειμώνες στη δυτική και βόρεια Ευρώπη και θερμότερους και υγρότερους, του κανονικού χειμώνες, στη νότια Ευρώπη, κατά μήκος της θάλασσας της Μεσογείου.

Παρόλο που το φαινόμενο αυτό διαφοροποιείται από χρόνο σε χρόνο (ενίοτε και από μήνα σε μήνα), ίσως εμφανίζει μια τάση να παραμένει σε μία από τις δύο φάσεις για αρκετά χρόνια. Είναι ενδιαφέρον να σημειώσουμε πως το φαινόμενο της Ταλάντωσης του Βόρειου Ατλαντικού τα τελευταία τριάντα χρόνια περίπου, δείχνει μια τάση περισσότερο προς τη θετική φάση.

Αν και ο μηχανισμός που κρύβεται πίσω από τη μεταβλητότητα της NAO παραμένει έως ένα βαθμό μυστηριώδης, ορισμένοι έχουν την άποψη ότι αυτή συνδέεται με μεταβολές της θερμοκρασίας των νερών του βόρειου Ατλαντικού. Οι μεταβολές που προαναφέρθηκαν εμφανίζονται περίπου κάθε 8 με 10 χρόνια και είναι πολύ μικρότερες από τις μεταβολές της θερμοκρασίας που προκαλεί το φαινόμενο El Niño στον ανατολικό τροπικό Ειρηνικό. Από προγνωστικής πλευράς φαίνεται ότι, αν και μικρές, οι μεταβολές της θερμοκρασίας των νερών του βόρειου Ατλαντικού μακράς διάρκειας διαδραματίζουν σημαντικότερο ρόλο από τις ετήσιες θερμοκρασιακές μεταβολές των νερών που διαμορφώνονται σε τοπικό επίπεδο από μεταβολές θερμότητας μεταξύ ατμόσφαιρας και θάλασσας. (Ζιακόπουλος, 2009; Ahrens, 1994). Το φαινόμενο NAO ασκεί σημαντική επίδραση στη βροχόπτωση και τη θερμοκρασία στην περιοχή της Μεσογείου. Στην περιοχή της Ιβηρικής χερσονήσου, στην οροσειρά του Άτλαντα, στα Βαλκάνια και στην Ελλάδα, προκαλεί κυρίως διαφορές μεταξύ υγρών και ξηρών καταστάσεων. Στις Άλπεις, στην οροσειρά του Ταύρου και στα βουνά του Λιβάνου το NAO προκαλεί σημαντικές διαφορές μεταξύ θερμών και ψυχρών καταστάσεων (Lopez-Moreno et. al., 2010)

### 1.6.1.2. Αρκτική Ταλάντωση

Στενά συνδεδεμένη με την Ταλάντωση του Βόρειου Ατλαντικού είναι Αρκτική Ταλάντωση (ΑΟ). Πρόκειται για ένα κλιματικό φαινόμενο που αναφέρεται στις περιοδικές διαφορές της πίεσης μεταξύ των πολικών περιοχών βόρεια του 20<sup>ου</sup> βόρειου παραλλήλου και των περιοχών μεταξύ 37<sup>ου</sup> και 45<sup>ου</sup> βόρειων παραλλήλων. Στην περίπτωση αυτή η Αρκτική Ταλάντωση βρίσκεται σε θετική φάση όταν η ατμοσφαιρική πίεση είναι χαμηλότερη του κανονικού στην περιοχή του βόρειου πόλου και υψηλότερη του κανονικού στις περιοχές των μέσων πλατών και σε αρνητική φάση όταν η ατμοσφαιρική πίεση είναι υψηλότερη του κανονικού στην περιοχή του βόρειου πόλου και χαμηλότερη του κανονικού στις περιοχές των μέσων πλατών. Κατά τη θετική φάση της ΑΟ, ισχυροί δυτικοί άνεμοι πάνω από τον Ατλαντικό ωκεανό, μεταφέρουν υγρασία στη βόρεια Ευρώπη με αποτέλεσμα οι βροχές να είναι περισσότερες του κανονικού, ενώ αντίθετα στην περιοχή της Μεσογείου να επικρατεί ανομβρία και χαμηλότερες από τις κανονικές θερμοκρασίες. (Ζιακόπουλος, 2009)



**Σχήμα 4. Οι αλλαγές στην επιφανειακή ατμοσφαιρική πίεση στην περιοχή του βόρειου πόλου και τυπικές χειμερινές καιρικές συνθήκες που σχετίζονται με (a) θετική (θερμή) φάση και (b) αρνητική (ψυχρή) φάση της Αρκτικής ταλάντωσης**

Στην αρνητική φάση της ΑΟ, οι μικρές διαφορές της πίεσης μεταξύ της Αρκτικής και των νοτιότερων περιοχών, δημιουργούν εξασθενημένους δυτικούς ανέμους με αποτέλεσμα να επικρατεί ανομβρία στην περιοχή της βόρειας Ευρώπης και χαμηλότερες θερμοκρασίες ενώ στην περιοχή της Μεσογείου, ηλιότερες θερμοκρασίες και βροχοπτώσεις. (Ahrens, 1994)

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ**

**ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

## 2.1 Εισαγωγή

Η εργασία αυτή εστιάζει στις εποχικές και ετήσιες αναλύσεις των ακραίων τιμών βροχόπτωσης, βασισμένη στο διαστημικό πρόγραμμα TRMM (3B42) για την περίοδο 1998 - 2015 στην περιοχή της Μεσογείου. Η λεκάνη της Μεσογείου είναι μια περιοχή με συχνή κυκλωνική δραστηριότητα, σχετιζόμενη σε πολλές περιπτώσεις με ακραίες τιμές βροχόπτωσης, οδηγούμενη από τοπικούς παράγοντες όπως η ορεογραφία και η απελευθέρωση της λανθάνουσας θερμότητας στην επιφάνεια της θάλασσας, καθώς κι από τις καθιερωμένες συνοπτικές συνθήκες. Ωστόσο, η κυκλωνική δραστηριότητα παρουσιάζει μεγάλη εποχική και χωρική μεταβλητότητα με μεγάλες διαφορές μεταξύ δυτικής και ανατολικής Μεσογείου, όπως και ψυχρής και θερμής εποχής (Lionello et al., 2006). Η ανάλυση των δεικτών ακραίας βροχόπτωσης για τα ανατολικά, κεντρικά τμήματα της λεκάνης της Μεσογείου και την Ελλάδα πραγματοποιήθηκε τα τελευταία χρόνια βασιζόμενη σε σύνολα δεδομένων βροχόπτωσης από επίγειους μετεωρολογικούς σταθμούς, με τη βοήθεια πλεγματικών δεδομένων, προκειμένου να εξομαλυνθούν τυχόν χωρικές ασυνέχειες. Τα μετεωρολογικά στοιχεία που προέρχονται από επίγειες μετρήσεις μετεωρολογικών σταθμών, παρόλο που παρέχουν ένα αρχείο δεδομένων μεγαλύτερου χρονικού διαστήματος, εντούτοις αποτρέπουν την επαρκή δειγματοληψία της βροχόπτωσης για παγκόσμιες/περιφερειακές εφαρμογές. Δεν παρέχουν μια αξιόπιστη χωρική αναπαράσταση της βροχής, ειδικά πάνω από τους ωκεανούς, τις ερήμους και τις ορεινές περιοχές. Αντίθετα, παρατηρήσεις που γίνονται μέσω διαστήματος, παρέχουν πιο ομοιογενή ποιότητα δεδομένων συγκριτικά με τα δεδομένα των επίγειων παρατηρήσεων, ειδικά πάνω από ορεινές και ωκεάνιες περιοχές.

Μια σημαντική συνεισφορά στην παρακολούθηση της βροχόπτωσης από το διάστημα είναι και η αποστολή μέτρησης τροπικής βροχόπτωσης (Tropical Rainfall Measuring Mission - TRMM- ). Ο δορυφόρος TRMM περνάει πάνω από την περιοχή της Μεσογείου έξι φορές τη μέρα με ένα σχετικά μικρό οπτικό πεδίο παρατήρησης της τάξης των μερικών εκατοντάδων χιλιομέτρων (χωρική ανάλυση <10km). (Nastos and Kapsomenakis, 2012)



## 2.2 Δεδομένα και Ανάλυση

Η ανάλυση των ακραίων τιμών βροχόπτωσης βασίστηκε σε TRMM δεδομένα. Τα TRMM 3B42 δορυφορικά δεδομένα περιλαμβάνουν τρίωρα πλεγματικά δεδομένα βροχόπτωσης, με ανάλυση  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ . Το σύνολο των δεδομένων καλύπτει τη ζώνη γεωγραφικού μήκους  $-20^\circ$  έως  $40^\circ$  και γεωγραφικού πλάτους  $30^\circ$  έως  $50^\circ$  για μια χρονική περίοδο από το 1998 μέχρι και το 2015. Χρησιμοποιήθηκαν 6.531 αρχεία πλεγματικών δεδομένων βροχόπτωσης TRMM. Τα δορυφορικά δεδομένα είναι κυρίως παθητικά μικροκύματα (MW), από χαμηλής τροχιάς δορυφόρους, που είναι κατάλληλοι για τον εντοπισμό της βροχής που σχετίζεται με υδρομετέωρα αλλά έχουν ανεπαρκή χωρική και χρονική κάλυψη, καθώς και δεδομένα υπέρυθρων προερχόμενα από γεωσύγχρονους δορυφόρους που έχουν εξαιρετική κάλυψη αλλά παρέχουν πληροφορίες κυρίως από τις κορυφές των νεφών, πράγμα που δεν συσχετίζεται αρκετά καλά με τις βροχοπτώσεις σε υψηλή χωρική και χρονική ανάλυση. Ο στόχος του αλγόριθμου 3B-42 είναι να παράξει TRMM βροχόπτωσης υψηλής ανάλυσης (HQ) / υπέρυθρων (IR) και της μέσης τετραγωνικής ρίζας (RMS) της εκτίμησης σφάλματος της βροχόπτωσης ( Nastos and Kapsomenakis, 2012)

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν δύο δείκτες βροχόπτωσης (R10, R20 [πίνακας 1] που ανήκουν στην κατηγορία των *απόλυτων κατωφλιών* (*absolute threshold*) όπως έχουν οριστεί από την Ομάδα Εμπειρογνομώνων για την ανίχνευση της Αλλαγής του Κλίματος και τους δείκτες (ETCCDI), υπό την αιγίδα της Ομάδας για την Κλιματολογία (CCI) του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (WMO), προγράμματος Παγκόσμιων Κλιματικών Δεδομένων και Παρακολούθησης (WCDMP), του προγράμματος Κλιματικής Μεταβλητότητας και Προβλεψιμότητας (CLIVAR) της Ενωμένης WMO-IOC Τεχνικής Επιτροπής για την Ωκεανογραφία και Θαλάσσια Μετεωρολογία (JCOMM). (Nastos and Kapsomenakis, 2012) Ο υπολογισμός των δεικτών βροχόπτωσης έγινε με επεξεργασία των πλεγματικών δεδομένων TRMM με την στατιστική εφαρμογή R.

## Πίνακας 1

*Δείκτες βροχόπτωσης που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση*

<b>Απόλυτα Κατώφλια ΔΕΙΚΤΕΣ</b>	<b>R10 (mm)</b>	<b>Ημέρες ισχυρής βροχόπτωσης</b>  (Αριθμός ημερών με ημερήσιο ύψος βροχής μεγαλύτερο από 10 mm)
	<b>R20 (mm)</b>	<b>Ημέρες πολύ ισχυρής βροχόπτωσης</b>  (Αριθμός ημερών με ημερήσιο ύψος βροχής μεγαλύτερο από 20mm)

### **2.2.1 Επεξεργασία δεδομένων**

Για την ανάλυση των βροχομετρικών δεδομένων (TRMM 3B42) χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού R, το περιβάλλον της οποίας δίνει τη δυνατότητα της στατιστικής επεξεργασίας και της ταυτόχρονης εξαγωγής γραφημάτων. Η έκδοση που χρησιμοποιήθηκε ήταν η 2.13.2 (2011-09-30). Το σύνολο των αρχείων αυτών είναι 6.531 .

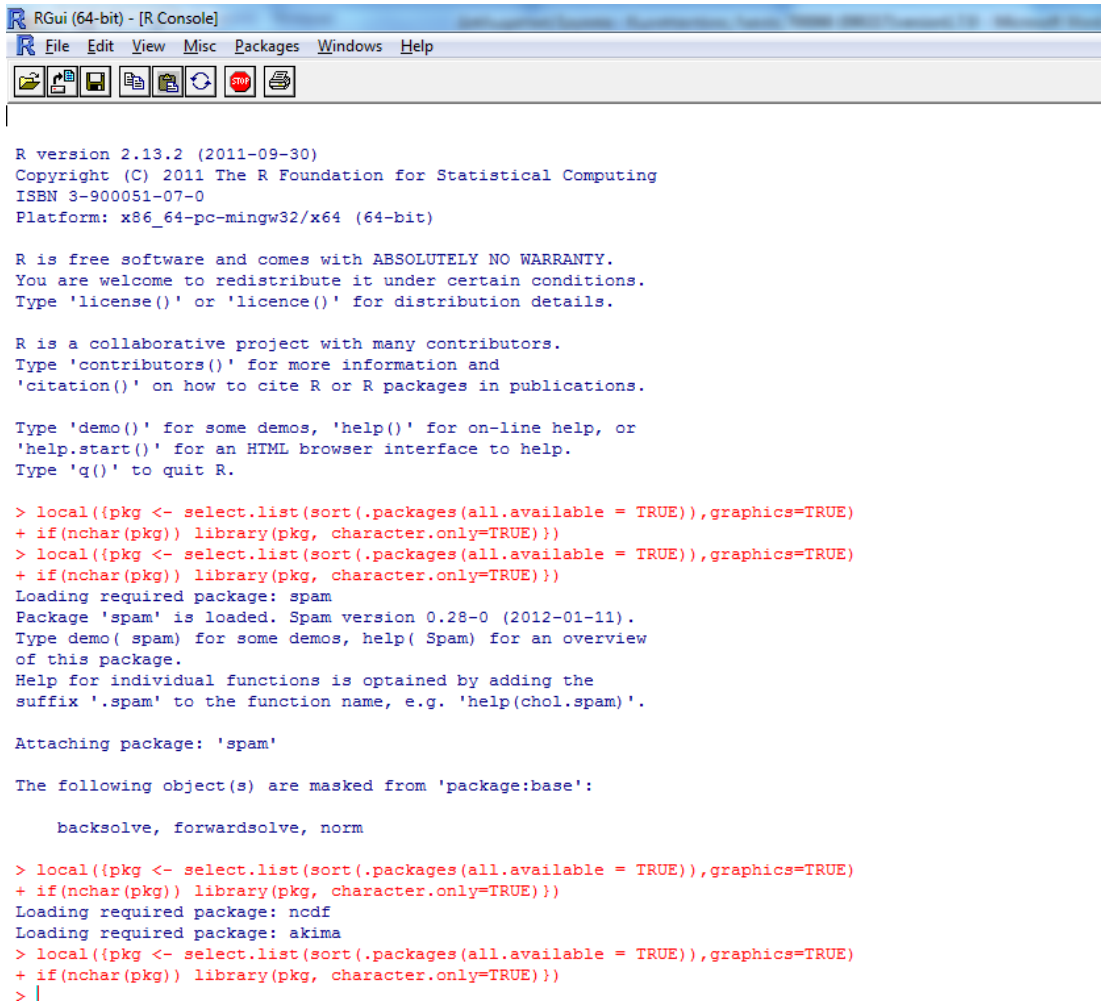
#### **2.2.1.1 Εισαγωγικές έννοιες της R - Άνοιγμα αρχείων**

Προκειμένου να είναι διαθέσιμες οι εντολές επεξεργασίας των αρχείων TRMM, χρησιμοποιήσαμε τις βιβλιοθήκες "RNetCDF", "fields" και "clim.pact" επιλέγοντας από το μενού `packages > Load package` είτε πληκτρολογώντας στο πεδίο εντολών:

```
library(RNetCDF)
```

```
library(fields)
```

## library(clim.pact)



```
RGui (64-bit) - [R Console]
File Edit View Misc Packages Windows Help

R version 2.13.2 (2011-09-30)
Copyright (C) 2011 The R Foundation for Statistical Computing
ISBN 3-900051-07-0
Platform: x86_64-pc-mingw32/x64 (64-bit)

R is free software and comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY.
You are welcome to redistribute it under certain conditions.
Type 'license()' or 'licence()' for distribution details.

R is a collaborative project with many contributors.
Type 'contributors()' for more information and
'citation()' on how to cite R or R packages in publications.

Type 'demo()' for some demos, 'help()' for on-line help, or
'help.start()' for an HTML browser interface to help.
Type 'q()' to quit R.

> local({pkg <- select.list(sort(.packages(all.available = TRUE)),graphics=TRUE)
+ if(nchar(pkg)) library(pkg, character.only=TRUE)})
> local({pkg <- select.list(sort(.packages(all.available = TRUE)),graphics=TRUE)
+ if(nchar(pkg)) library(pkg, character.only=TRUE)})
Loading required package: spam
Package 'spam' is loaded. Spam version 0.28-0 (2012-01-11).
Type demo( spam) for some demos, help( Spam) for an overview
of this package.
Help for individual functions is obtained by adding the
suffix '.spam' to the function name, e.g. 'help(chol.spam)'.

Attaching package: 'spam'

The following object(s) are masked from 'package:base':

    backsolve, forwardsolve, norm

> local({pkg <- select.list(sort(.packages(all.available = TRUE)),graphics=TRUE)
+ if(nchar(pkg)) library(pkg, character.only=TRUE)})
Loading required package: ncdf
Loading required package: akima
> local({pkg <- select.list(sort(.packages(all.available = TRUE)),graphics=TRUE)
+ if(nchar(pkg)) library(pkg, character.only=TRUE)})
> |
```

## Σχήμα 5. Φόρτωση βιβλιοθηκών

Για το άνοιγμα των αρχείων βροχομετρικών δεδομένων TRMM χρησιμοποιήσαμε την εντολή "open.nc" η οποία ακολουθείται από τη διαδρομή του δίσκου στον οποίο έχουμε αποθηκευμένα τα αρχεία. Η διαδρομή του δίσκου καθώς και το όνομα πρέπει να είναι απόλυτα ακριβή. Εάν θέλουμε να δώσουμε ονομασία σε κάποιο από τα αρχεία που ανοίγουμε, η ονομασία προηγείται της εντολής και μεταξύ των, τοποθετείται το σύμβολο του ίσου "=". Η μορφή των αρχείων που επεξεργαζόμαστε αποτυπώνεται στην οθόνη του υπολογιστή πληκτρολογώντας την εντολή print.nc ακολουθούμενη από το όνομα του αρχείου, ή τη διαδρομή του αρχείου στο δίσκο. Τμήμα της κωδικοποιημένης μορφής του αρχείου φαίνεται στο σχήμα 6.

```

RGui (64-bit) - [R Console]
File Edit View Misc Packages Windows Help

> print.nc(trmm)
dimensions:
  time = UNLIMITED ; // (1 currently)
  longitude = 1440 ;
  latitude = 400 ;
variables:
  double time(time) ;
    time:units = "hours since 1998-01-01 00:00:00Z" ;
  double longitude(longitude) ;
    longitude:units = "degrees_east" ;
    longitude:long_name = "Longitude" ;
  double latitude(latitude) ;
    latitude:units = "degrees_north" ;
    latitude:long_name = "Latitude" ;
  float r(longitude, latitude, time) ;
    r:long_name = "daily (0Z-21Z) rainfall total" ;
    r:units = "mm" ;
    r:grid_name = "grid-1" ;
    r:grid_type = "linear" ;
    r:level_description = "Earth surface" ;
    r:_FillValue = -9999.9 ;
    r:coordinates = "time latitude longitude" ;

// global attributes:
  :Conventions = "CF-1.4" ;
  :calendar = "standard" ;
  :comments = "file created by grads using lats4d" ;
  :center = "gsfc" ;
  :CoreMetadata.0 = "
OrbitNumber.Value: -9999
OrbitNumber.Data_Location: "PGE"
OrbitNumber.Mandatory: "FALSE"
RangeBeginningDate.Value: "1998/01/01"
RangeBeginningDate.Data_Location: "PGE"
RangeBeginningDate.Mandatory: "FALSE"
RangeBeginningTime.Value: "00:00:00"
RangeBeginningTime.Data_Location: "PGE"
RangeBeginningTime.Mandatory: "FALSE"
RangeEndingDate.Value: "1998/01/01"
RangeEndingDate.Data_Location: "PGE"
RangeEndingDate.Mandatory: "FALSE"
RangeEndingTime.Value: "21:00:00"
RangeEndingTime.Data_Location: "PGE"
RangeEndingTime.Mandatory: "FALSE"
GranulePointer.Value: "/ftp/data/s4pa/TRMM_L3/TRMM_3B42_daily/1997/365/3B42_daily.1998.01.01.7.bin"
WestBoundingCoordinate.Value: -180
WestBoundingCoordinate.Data_Location: "PGE"
WestBoundingCoordinate.Mandatory: "FALSE"
EastBoundingCoordinate.Value: 180
EastBoundingCoordinate.Data_Location: "PGE"
EastBoundingCoordinate.Mandatory: "FALSE"
NorthBoundingCoordinate.Value: 50
NorthBoundingCoordinate.Data_Location: "PGE"
NorthBoundingCoordinate.Mandatory: "FALSE"

```

## Σχήμα 6. Μορφή κωδικοποιημένου αρχείου TRMM

Το αρχείο αυτό όπως αποτυπώνεται από την εντολή "print.nc" είναι ένας πίνακας, ο οποίος έχει κάποιες διαστάσεις, longitude (γεωγραφικό πλάτος) - 1400 στοιχεία, latitude (γεωγραφικό μήκος) - 400 στοιχεία και τη μεταβλητή της βροχόπτωσης που είναι κωδικοποιημένη με την ονομασία "r". Προκειμένου να μεταχειριστώ κάποια διάσταση του πίνακα, χρησιμοποιώ την εντολή "var.get.nc", τοποθετώντας εισαγωγικά στη μεταβλητή που θέλω να επιλέξω μέσα από το αρχείο.

### 2.2.1.2 Ανάλυση δεδομένων

Δημιουργήσαμε έναν κώδικα που ενώνει το σύνολο των TRMM αρχείων, τα ανοίγει ταυτόχρονα και μας δίνει τη δυνατότητα να υπολογίσουμε τους δείκτες βροχόπτωσης που μας ενδιαφέρουν (Πίνακας 1).

Χρησιμοποιώντας τη βάση δεδομένων μας, κόψαμε για το χρονικό διάστημα που είχαμε στη διάθεσή μας ( 1998 - 2015 ) την περιοχή της Μεσογείου:

Longitude - γεωγραφικό μήκος - ( -20° έως 40° )

Latitude - γεωγραφικό πλάτος - ( 30° έως 50° )

Τα αρχεία TRMM έχουν την εξής μορφή: 3B42\_daily.2015.12.07.7.nc  
Το ένα τους κομμάτι είναι σταθερό ( "3B42\_daily." και ".7.nc" ) ενώ το υπόλοιπο που αφορά τη χρονολογία, το μήνα και την ημέρα είναι μεταβλητό.

Ξεκινώντας την επεξεργασία των δεδομένων αρχικά ορίσαμε το χρόνο, το μήνα και την ημέρα με τις εντολές:

```
>year=c(1998,1999,2000,2001,2002,2003,2004,2005,2006,2007,2008,2009,2010,2011,2012,2013,2014,2015)
>month=c("01","02","03","04","05","06","07","08","09","10","11","12")
>day=c("01","02","03","04","05","06","07","08","09","10","11","12","13","14","15","16","17","18","19","20","21","22","23","24","25","26","27","28","29","30","31")
```

Πριν την εντολή τοποθετήσαμε το γράμμα "c" ώστε να ορίσουμε ένα διάνυσμα.

Ακολουθώς φτιάξαμε έναν πίνακα μέσα στον οποίο υπάρχει η μεταβλητή της βροχόπτωσης. Η εντολή έχει την εξής μορφή:

```
rf=array(NA,c(x,y,z,n,v))
```

όπου NA: missing values, x: το γεωγραφικό μήκος, y: γεωγραφικό πλάτος, z: ημέρα, n: μήνας, v: χρονιά. Ο αριθμός των στοιχείων που αντιστοιχούν στο γεωγραφικό μήκος της Μεσογείου είναι 240, γεωγραφικού πλάτους 75, ο αριθμός των ημερών 31, των μηνών 12 και των ετών 18. Η εντολή είναι:

```
rf=array(NA,c(240,75,31,12,18))
```

Στη συνέχεια φτιάξαμε πίνακες για τα κατώφλια των 10, 20 mm για την περιοχή της Μεσογείου, για 18 έτη, για τις 4 εποχές του χρόνου και ετησίως. Οι εντολές είναι οι εξής:

```
hrd10=array(0,c(240,75,18,5))
```

```
>hrd20=array(0,c(240,75,18,5))
```

Προκειμένου να ανοίξουμε τα 6.531 αρχεία μας έπρεπε να φτιάξουμε μια εντολή (loop) η οποία θα αφορούσε το σύνολο των αρχείων. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήσαμε τις εντολές "paste" και "for". Ορίσαμε τις μεταβλητές του χρόνου, μήνα, ημέρας ως "i", "j", "k" αντίστοιχα. Προκειμένου να αποφύγουμε τα σφάλματα που θα προέκυπταν, καθώς δεν έχουν όλοι οι μήνες τις ίδιες ημέρες, χρησιμοποιήσαμε την εντολή "if(file.exists)". Ο κώδικας είναι ο εξής:

```
for(i in c(1:18)) {for (j in c(1:12)) {for (k in 1:31) {  
  
if(file.exists(paste("C:/TRMM2016/3b42_daily.",year[i],".",month[j],".",day[k],".7.nc",sep=""))==T){  
  
aek=open.nc(paste("C:/TRMM2016/3b42_daily.",year[i],".",month[j],".",day[k],".7.nc",sep=""))
```

Ο υπολογισμός των ημερών έγινε με τη βοήθεια της εντολής "na.omit" η οποία αγνοεί τις τιμές του πίνακα που δεν μας ενδιαφέρουν ( ημέρες των οποίων οι τιμές ήταν μικρότερες από 10 ή 20 mm βροχής, ανάλογα με τον υπολογιζόμενο δείκτη ), θεωρώντας τις NA (missing values) και της εντολής "length" ,που υπολογίζει τον αριθμό των ημερών που είχαν το ύψος βροχής που μας ενδιέφερε. Το σύνολο των εντολών φαίνεται στο σχήμα 7.



```

RGui (64-bit) - [R Console]
File Edit View Misc Packages Windows Help
+ aek=open.nc("C:/TRMM2016/3B42_daily.1998.01.01.7.nc")
+ lon=var.get.nc(aek,"longitude")[c(1401:1440,1:200)];lon[1:40]=lon[1:40]-360
+ lat=var.get.nc(aek,"latitude")[319:393]
+
+
+ season=c("Winter","Spring","Summer","Autumn")
+
+
+ for(i in 1:4){
+ png(paste("C:/TRMM_PNG/3/hrd10_",season[i],".png",sep=""),1400,700)
+
+ filled.contour(lon,lat,z=apply(TRMM_hrd10[,,1:18,i],c(1,2),mean),col=tim.colors(25),levels=seq(0,25,.26),xlim=c(-10,40),ylab="",xlab="",axes=F,plot.axes=F
+ axis(3,at=seq(-20,50,by=70));axis(2,at=seq(30,50,by=5),cex.axis=1.8);axis(4,at=seq(-20,50,by=70));addland(col="black");grid(),key.axes = axis(4, seq(0,25
+ mtext(paste("Number of ",season[i], " Heavy Precipitation Days",sep=""),line=2.5,at=-10,adj=0,cex=2)
+ mtext("TRMM 3B42",line=0.5,at=-10,adj=0,cex=2)
+ dev.off()
+
+ }
+
+ png("C:/TRMM_PNG/3/hrd10_Annual.png",1400,700)
+
+ filled.contour(lon,lat,z=apply(TRMM_hrd10[,,1:18,5],c(1,2),mean),col=tim.colors(60),levels=seq(0,59,.60),xlim=c(-10,40),ylab="",xlab="",axes=F,plot.axes=F
+ axis(3,at=seq(-20,50,by=70));axis(2,at=seq(30,50,by=5),cex.axis=1.8);axis(4,at=seq(-20,50,by=70));addland(col="black");grid(),key.axes = axis(4, seq(0,60
+ mtext(paste("Number of Annual Heavy Precipitation Days",line=2.5,at=-10,adj=0,cex=2)
+ mtext("TRMM 3B42",line=0.5,at=-10,adj=0,cex=2)
+ dev.off()
+
+ for(i in 1:4){
+
+ png(paste("C:/TRMM_PNG/3/hrd20_",season[i],".png",sep=""),1400,700)
+
+ filled.contour(lon,lat,z=apply(TRMM_hrd20[,,1:18,i],c(1,2),mean),col=tim.colors(14),levels=seq(0,13,.14),xlim=c(-10,40),ylab="",xlab="",axes=F,plot.axes=F
+ axis(3,at=seq(-20,50,by=70));axis(2,at=seq(30,50,by=5),cex.axis=1.8);axis(4,at=seq(-20,50,by=70));addland(col="black");grid(),key.axes = axis(4, seq(0,13
+ mtext(paste("Number of ",season[i], " Very Heavy Precipitation Days",sep=""),line=2.5,at=-10,adj=0,cex=2)
+ mtext("TRMM 3B42",line=0.5,at=-10,adj=0,cex=2)
+ dev.off()
+
+ }
+
+
+
+ png("C:/TRMM_PNG/3/hrd20_Annual.png",1400,700)
+
+ filled.contour(lon,lat,z=apply(TRMM_hrd20[,,1:18,5],c(1,2),mean),col=tim.colors(30),levels=seq(0,30,.31),xlim=c(-10,40),ylab="",xlab="",axes=F,plot.axes=F
+ axis(3,at=seq(-20,50,by=70));axis(2,at=seq(30,50,by=5),cex.axis=1.8);axis(4,at=seq(-20,50,by=70));addland(col="black");grid(),key.axes = axis(4, seq(0,30
+ mtext(paste("Number of Annual Very Heavy Precipitation Days",line=2.5,at=-10,adj=0,cex=2)
+ mtext("TRMM 3B42",line=0.5,at=-10,adj=0,cex=2)
+ dev.off()

```

## Σχήμα 8. Κώδικας δημιουργίας γραφημάτων

Φτιάξαμε ένα διάνυσμα στο οποίο αλλάζει μόνο το όνομα της εποχής για τιμές *for(i in 1:5)*. Χρησιμοποιώντας αυτή την αυτόματα επαναλαμβανόμενη εντολή (loop), το πρόγραμμα έτρεξε το ίδιο πράγμα για κάθε εποχή, για το σύνολο των 18 ετών, καθώς και σε ετήσια βάση. Προκειμένου να είναι συγκρίσιμα τα διαγράμματα επιλέξαμε την ίδια κλίμακα. Με την εντολή "tim.colors" χωρίσαμε την χρωματική μας κλίμακα σε 25 χρώματα για το γράφημα που απεικονίζει το κατώφλι R10 για κάθε εποχή, και 60 χρώματα για το διάγραμμα απεικόνισης του αντίστοιχου μέσου ετήσιου αριθμού ημερών. Για το κατώφλι R20 χρησιμοποιήσαμε 14 χρώματα για κάθε εποχή και 30 χρώματα για το μέσο ετήσιο αριθμό ημερών.

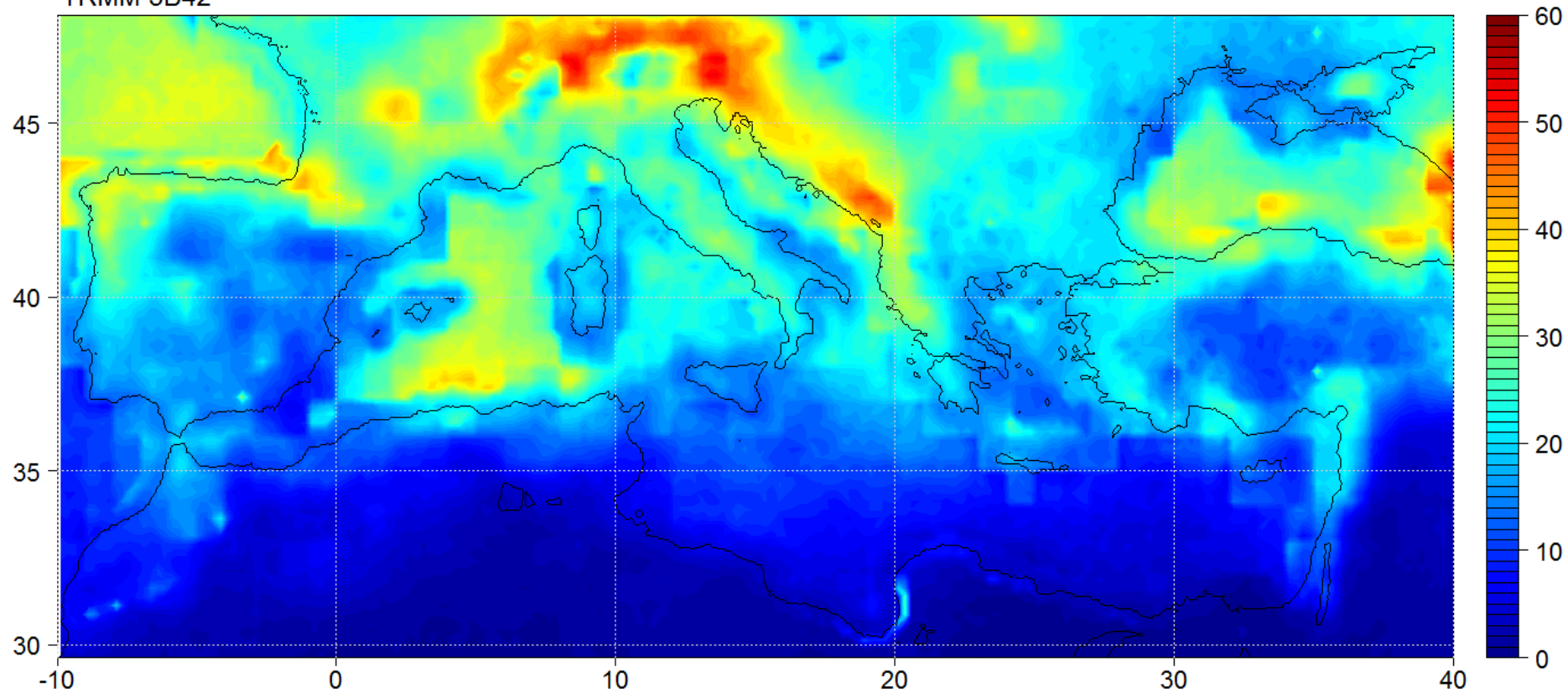
Με την εντολή "levels=seq(x,y,,z)" καθορίζω τον αριθμό των κομματιών στα οποία θα διαιρεθεί η κλίμακά μου. Οδηγό για τον αριθμό των χρωματικών κλιμάκων αποτέλεσε η εντολή "max" που ήταν ενδεικτική του μέγιστου αριθμού ημερών στο εκάστοτε κατώφλι ανά εποχή. Διαιρέσαμε την κλίμακά μας σε 20 κομμάτια για τον δείκτη R10 ανά εποχή και σε 60 κομμάτια για το μέσο ετήσιο αριθμό ημερών και για τον δείκτη R20 διαιρέσαμε την κλίμακά μας σε 12 κομμάτια για κάθε εποχή και σε 30 κομμάτια για το μέσο ετήσιο αριθμό ημερών.



## 2.3 Αποτελέσματα και σχολιασμός

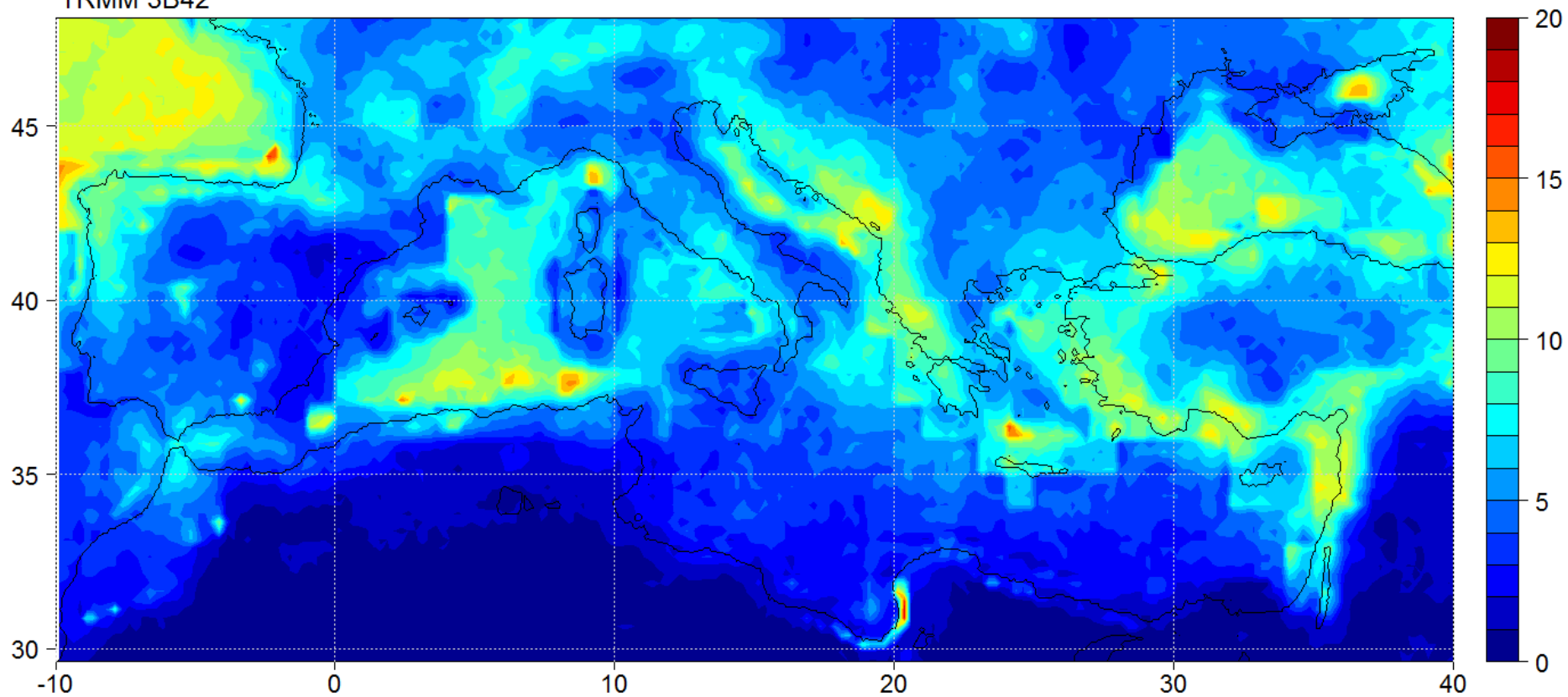
Από την ανάλυση των πλεγματικών δεδομένων βροχής TRMM 3B42, υπολογίστηκαν τα απόλυτα κατώφλια R10 (mm) και R20 (mm) για κάθε εποχή (Χειμώνα, Άνοιξη, Καλοκαίρι, Φθινόπωρο) και ετησίως. Υπολογίστηκε ο μέσος αριθμός ημερών ανά εποχή και ετησίως για χρονικό διάστημα 18 ετών (1998 - 2015). Τα αποτελέσματα αποτυπώθηκαν σε εικόνες της Μεσογείου, με χρωματική διαβάθμιση, ανάλογα με τον αριθμό των ημερών που υπολογίστηκε και παρουσιάζονται ακολούθως.

Number of Annual Heavy Precipitation Days  
TRMM 3B42



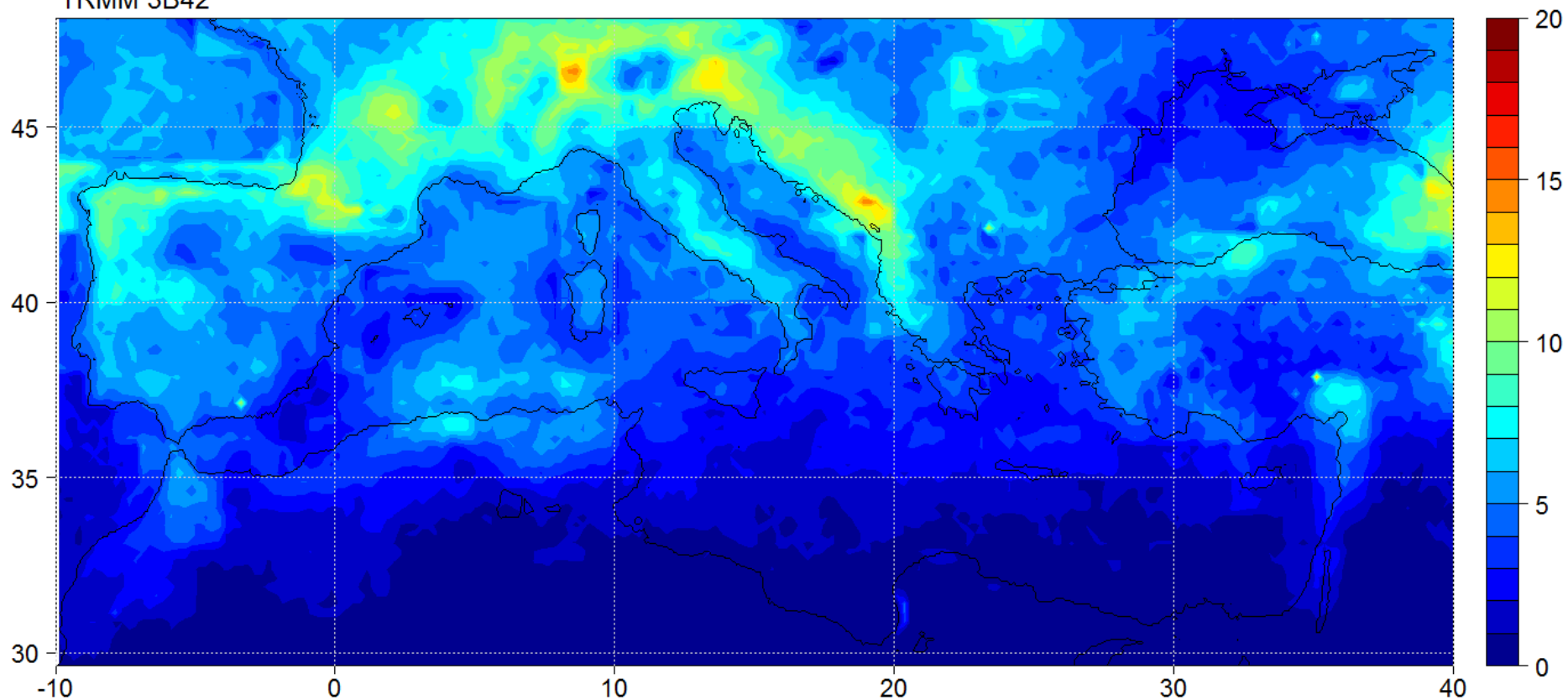
Σχήμα 7. Μέσος ετήσιος αριθμός ισχυρής βροχής

Number of Winter Heavy Precipitation Days  
TRMM 3B42



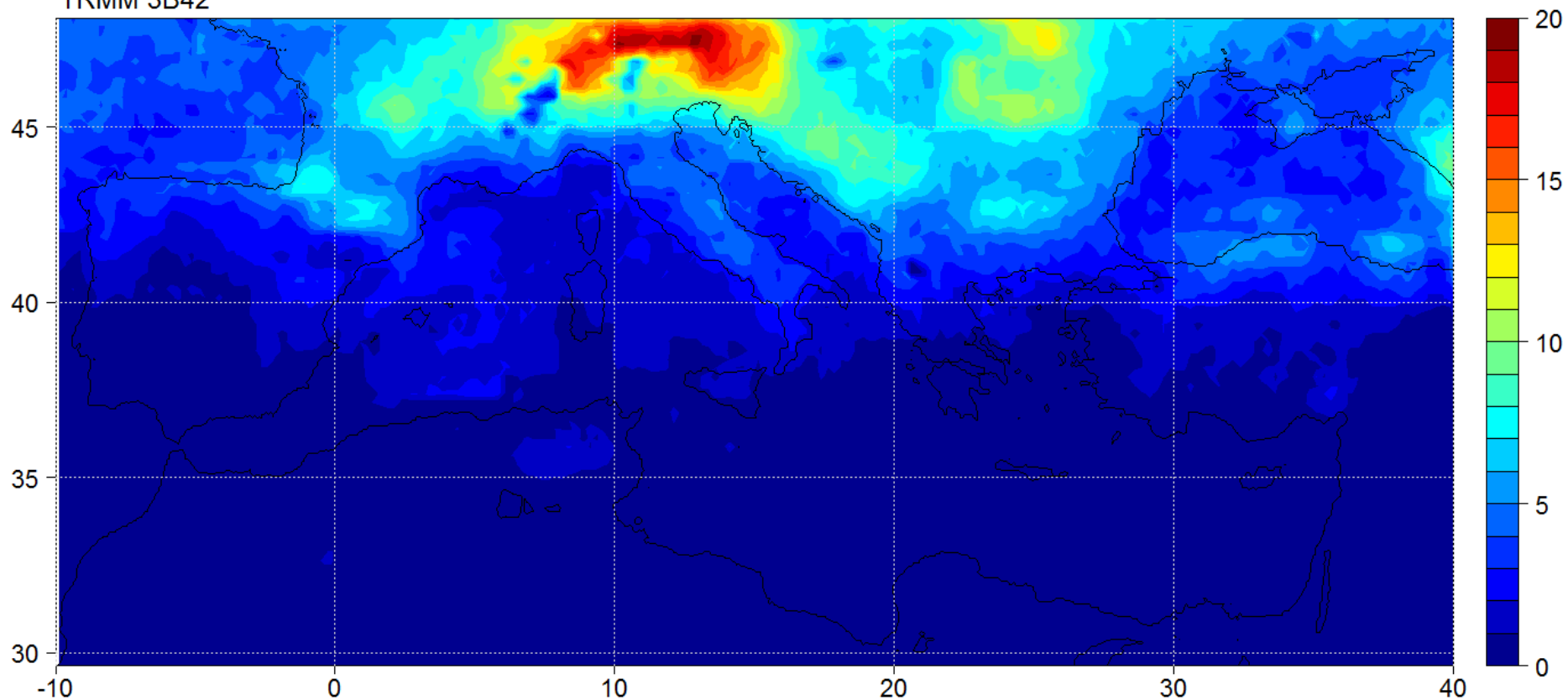
Σχήμα 8. Αριθμός ημερών ισχυρής βροχής κατά την εποχή του Χειμώνα

Number of Spring Heavy Precipitation Days  
TRMM 3B42



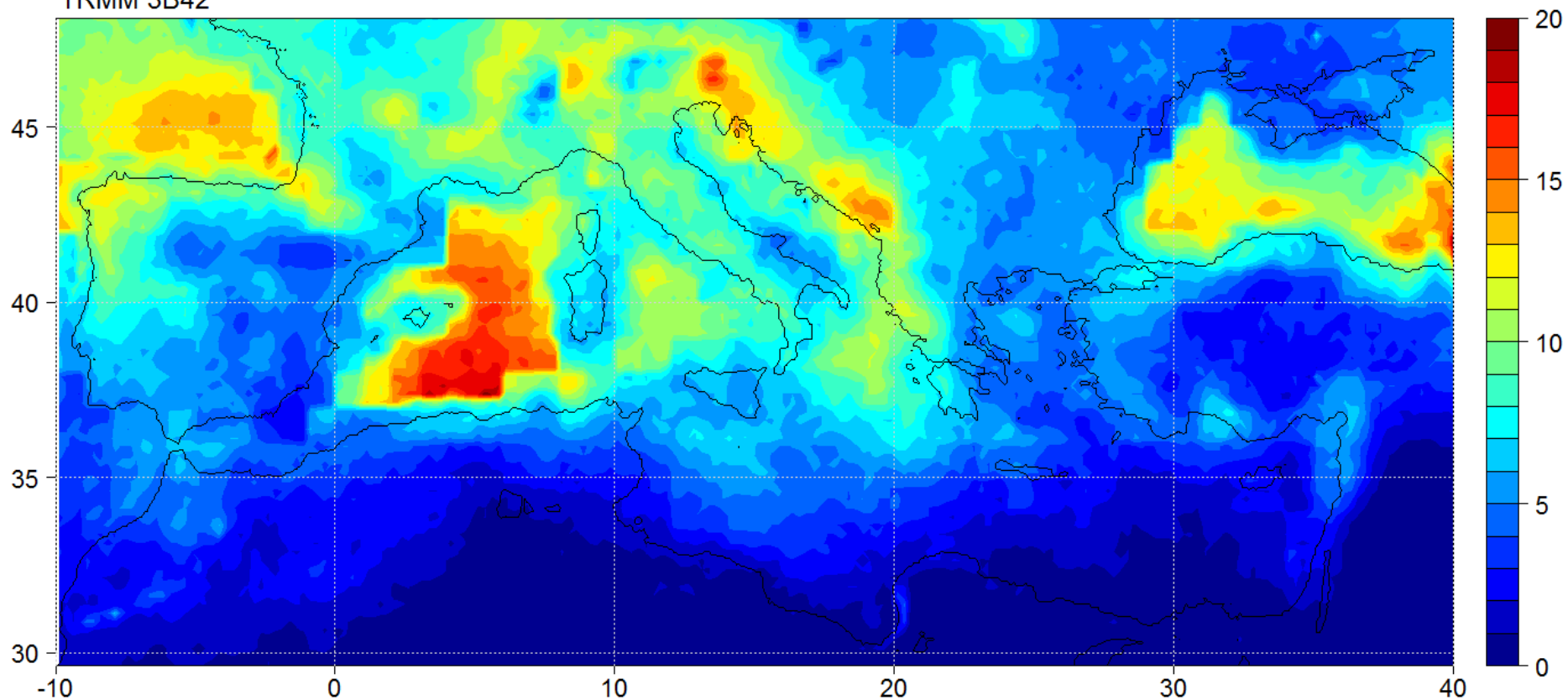
Σχήμα 9. Αριθμός ημερών ισχυρής βροχής κατά την εποχή της Άνοιξης

Number of Summer Heavy Precipitation Days  
TRMM 3B42



Σχήμα 10. Αριθμός ημερών ισχυρής βροχής κατά την εποχή του Καλοκαιριού

Number of Autumn Heavy Precipitation Days  
TRMM 3B42



Σχήμα 11. Αριθμός ημερών ισχυρής βροχής κατά την εποχή του Φθινοπώρου

### 2.3.1. Σχολιασμός αποτελεσμάτων R10 - Ημέρες ισχυρής βροχόπτωσης

Ο μέσος ετήσιος αριθμός ημερών ισχυρής βροχής (R10) , δηλαδή βροχόπτωσης που ξεπερνά το κατώφλι των 10 mm (σχήμα 7), παρατηρείται στην περιοχή της οροσειράς των Άλπεων και κατά μήκος των Δειναρικών Άλπεων, όπου και παρατηρείται ο μέγιστος αριθμός ημερών ( >50 ημέρες), στα Πυρηναία όρη, στα βορειοδυτικά τμήματα της Ιβηρικής χερσονήσου, καθώς και ανατολικότερα της θάλασσας του Αλμποράν, βορείως των βορειοδυτικών ακτών της Αφρικής. Μικρότερος αριθμός ημερών ισχυρής βροχής (R10) παρατηρείται στην περιοχή της Πίνδου, βορειοανατολικού Ιονίου Πελάγους, στην περιοχή της Ιταλίας ( $\approx$ 20 ημέρες), καθώς και κατά μήκος της οροσειράς των Καρπαθίων ορέων. Στις υπόλοιπες περιοχές έχουμε εμφανώς μικρότερο μέσο ετήσιο αριθμό ημερών ισχυρής βροχής ( $\leq$  15 ημέρες).

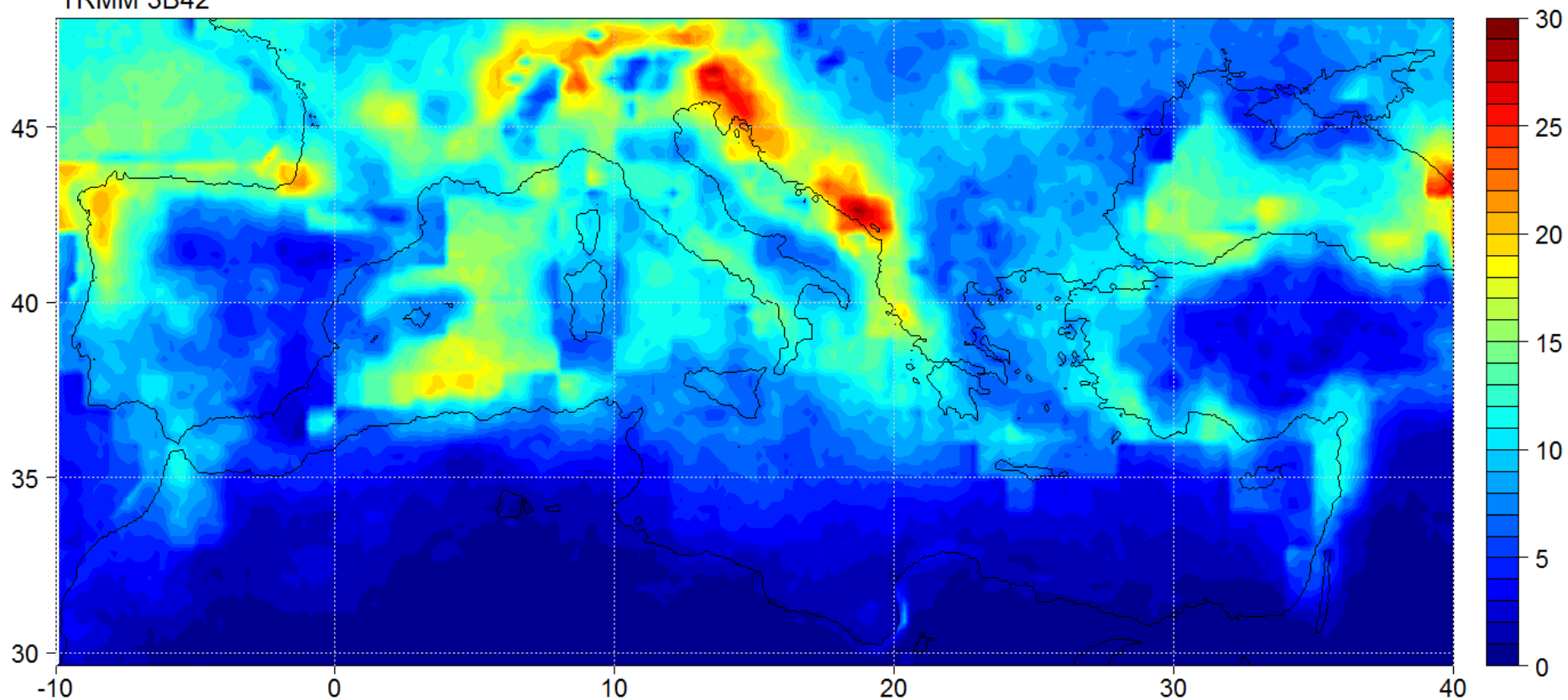
Ο μέσος αριθμός ημερών ισχυρής βροχής (R10) για την εποχή του Χειμώνα (σχήμα 8) παρατηρείται στο θαλάσσιο χώρο βόρεια της Ιβηρικής χερσονήσου ( $\approx$ 15 ημέρες), στην περιοχή του νοτίου Αιγαίου, στη Βαλεριακή θάλασσα, στο θαλάσσιο χώρο βορείως των βορειοδυτικών ακτών της Αφρικής, στον άξονα των Δειναρικών Άλπεων - Πίνδου ( 10 - 12 ημέρες), στα νότια παραθαλάσσια τμήματα της Τουρκίας καθώς και στην περιοχή της Μαύρης Θάλασσας (10 - 13 ημέρες). Οι υπόλοιπες περιοχές παρουσιάζουν μικρότερες τιμές ημερών ισχυρής βροχής.

Για την εποχή της Άνοιξης (σχήμα 9), ο μέσος αριθμός ημερών ισχυρής βροχής (R10) παρουσιάζει μέγιστο στην περιοχή των Άλπεων ( 15 ημέρες), στην περιοχή των Δειναρικών Άλπεων ( 8 - 15 ημέρες), καθώς και στην περιοχή της οροσειράς των Πυρηναίων.

Τους καλοκαιρινούς μήνες (σχήμα 10), μέσος αριθμός ημερών ισχυρής βροχής (R10) παρουσιάζει μέγιστο στην περιοχή των Άλπεων ( 20 ημέρες ). Μικρότερες τιμές ( $\approx$ 10 ημέρες) παρατηρούνται στην κεντρική - ανατολική Γαλλία, στις Δειναρικές Άλπεις και στην περιοχή της Ρουμανίας στο ανατολικό τμήμα των Καρπαθίων ορέων. Οι υπόλοιπες περιοχές έχουν τιμές μικρότερες των 5 ημερών.

Το φθινόπωρο (σχήμα 11) οι περισσότερες ημέρες ισχυρής βροχής τα 18 χρόνια της υπό μελέτη περιόδου, ήταν στο θαλάσσιο χώρο μεταξύ Βαλεριακής θάλασσας και Κορσικής (20 μέρες), στην βόρεια Ιβηρική χερσόνησο (15 ημέρες) και τα Πυρηναία όρη. Ακολουθεί η περιοχή των Άλπεων και των Δειναρικών Άλπεων (17 ημέρες), η περιοχή της Πίνδου (12 ημέρες) και η περιοχή της Ιταλίας κατά μήκος των Πυρηναίων ορέων. Οι υπόλοιπες περιοχές παρουσιάζουν χαμηλό αριθμό ημερών ισχυρής βροχής ( < 5 ημέρες ).

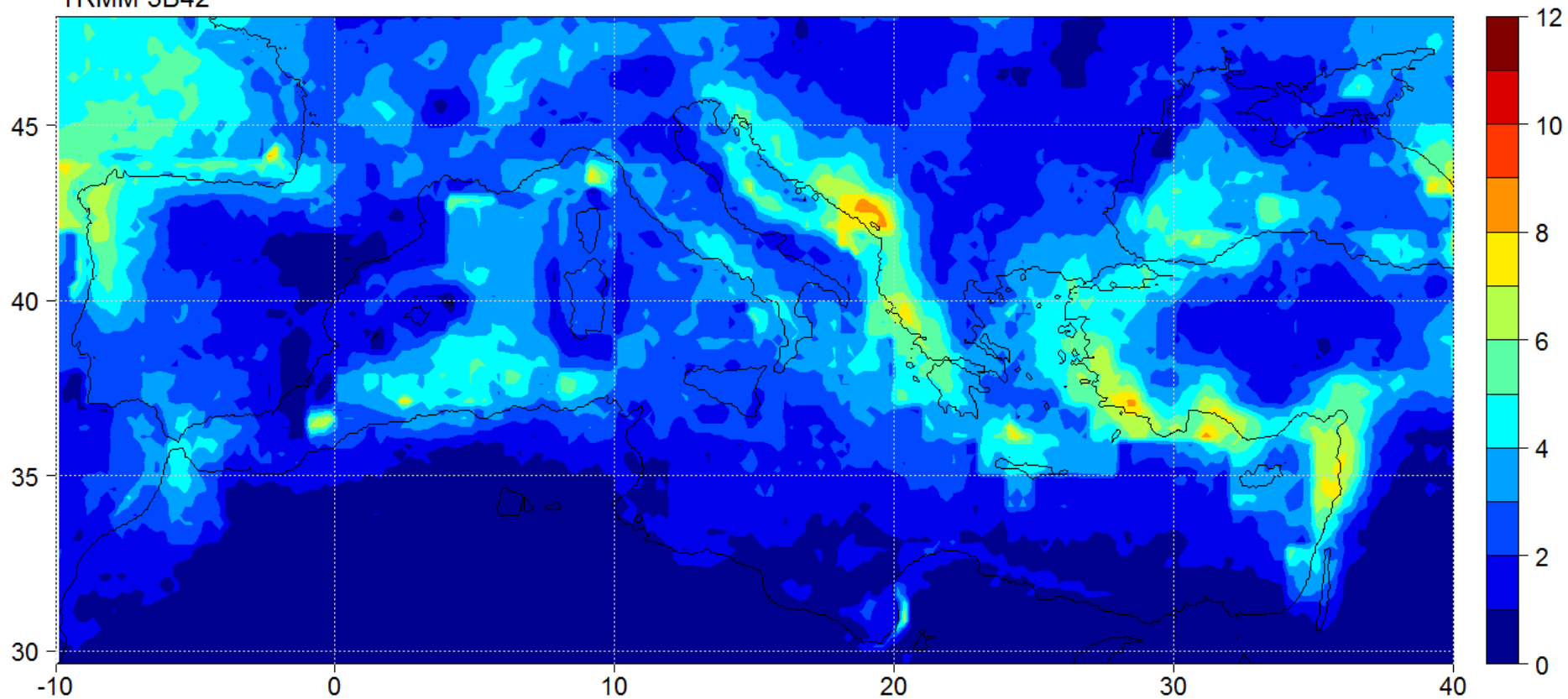
Number of Annual Very Heavy Precipitation Days  
TRMM 3B42



Σχήμα 12. Μέσος ετήσιος αριθμός ημερών πολύ ισχυρής βροχής

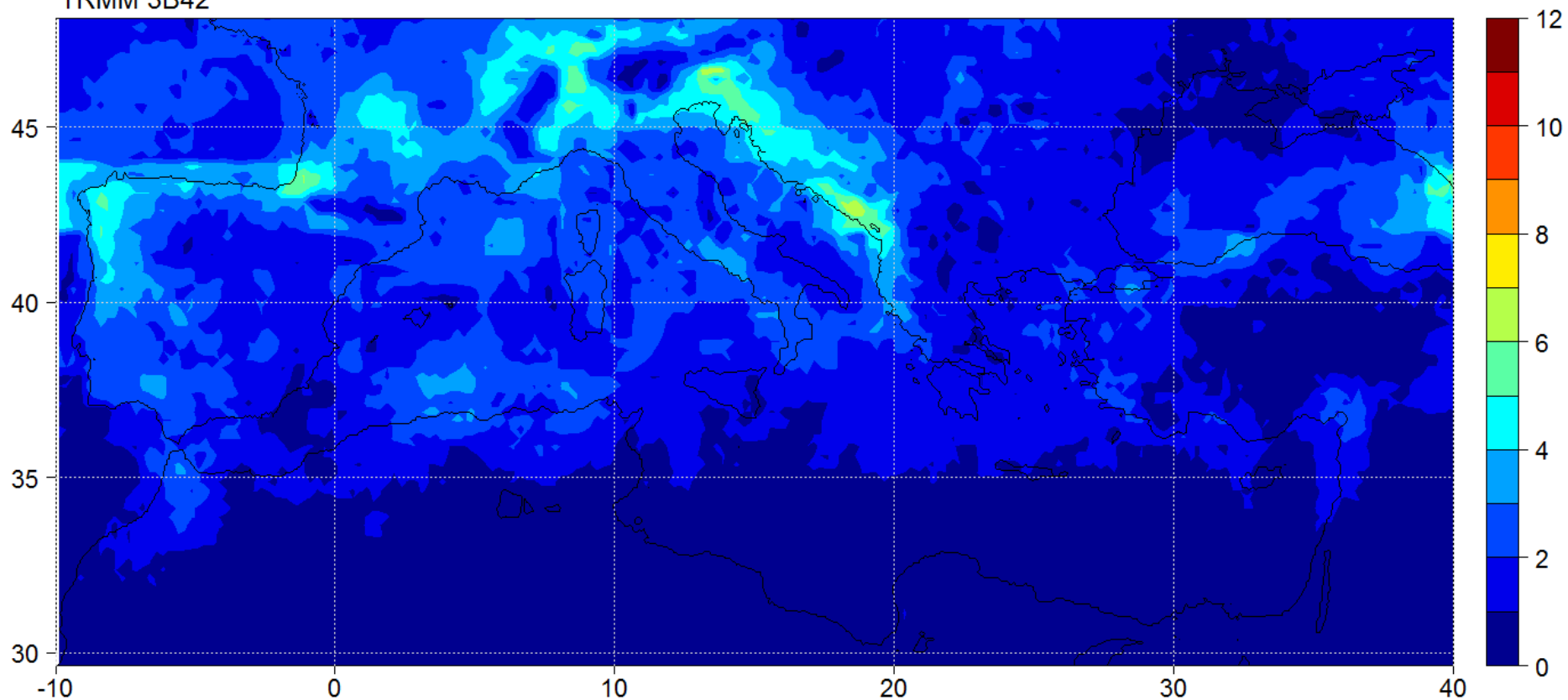


Number of Winter Very Heavy Precipitation Days  
TRMM 3B42



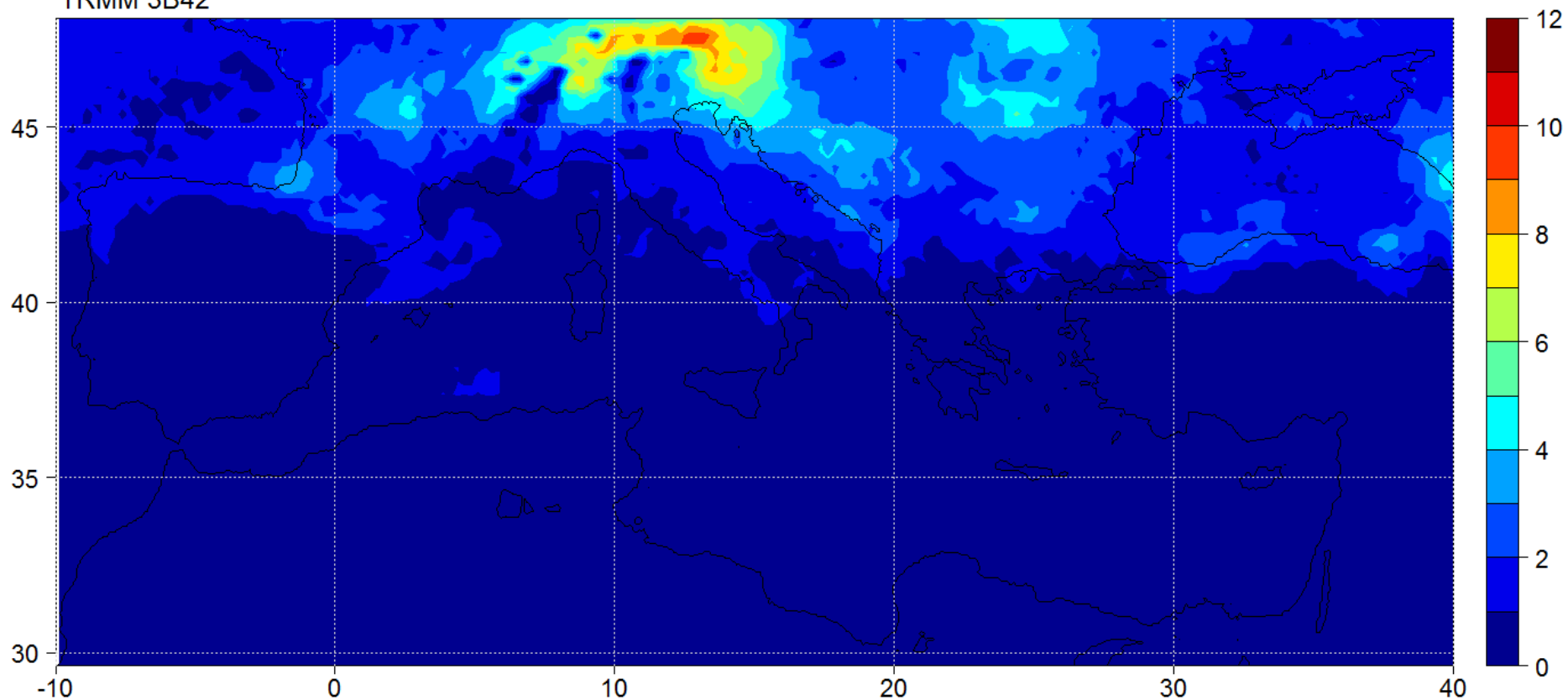
**Σχήμα 13. Αριθμός ημερών πολύ ισχυρής βροχής κατά την εποχή του Χειμώνα**

Number of Spring Very Heavy Precipitation Days  
TRMM 3B42



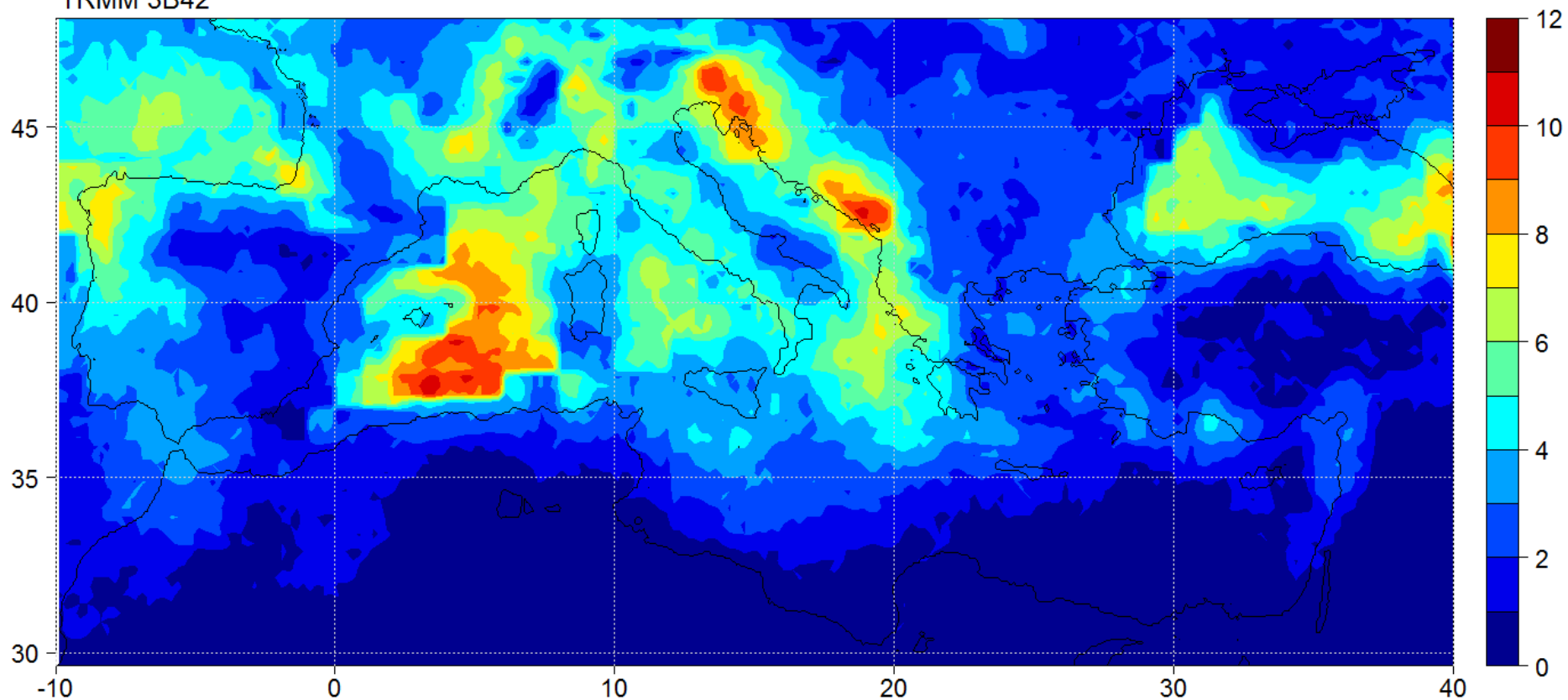
Σχήμα 14. Αριθμός ημερών πολύ ισχυρής βροχής κατά την εποχή της Άνοιξης

Number of Summer Very Heavy Precipitation Days  
TRMM 3B42



Σχήμα 15. Αριθμός ημερών πολύ ισχυρής βροχής κατά την εποχή του Καλοκαιριού

Number of Autumn Very Heavy Precipitation Days  
TRMM 3B42



Σχήμα 16. Αριθμός ημερών πολύ ισχυρής βροχής κατά την εποχή του Φθινοπώρου

### 2.3.2. Σχολιασμός αποτελεσμάτων R20 - Ημέρες πολύ ισχυρής βροχόπτωσης

Ο μέσος ετήσιος αριθμός ημερών πολύ ισχυρής βροχής (R20) παρουσιάζεται στις ίδιες περιοχές τον αντίστοιχο ισχυρής βροχής (R10), με τη μόνη διαφορά πως έχουμε μικρότερο αριθμό ημερών βροχόπτωσης. Συγκεκριμένα οι μέγιστες τιμές παρατηρούνται στην περιοχή των Δειναρικών Άλπεων (έως και 30 ημέρες), στις Άλπεις (25 ημέρες), στην περιοχή των Πυρηναίων ορέων και ειδικά στα δυτικά τμήματά τους (22 ημέρες), στη βορειοδυτική Ιβηρική χερσόνησο, ανατολικά της θάλασσας του Αλμποράν στο θαλάσσιο χώρο βορείως των βορειοδυτικών ακτών της Αφρικής (20 ημέρες), ανατολικά του Κόλπου των Λεόντων, στη δυτική Πίνδο και σε τμήμα του βορείου Ιονίου Πελάγους και στη Μαύρη θάλασσα (ειδικά στην Ανατολική). Στις υπόλοιπες περιοχές έχουμε αριθμό ημερών μικρότερο των 10 ημερών. (σχήμα 12)

Σχετικά με τη χωρική κατανομή του μέσου αριθμού ημερών πολύ ισχυρής βροχής (R20) για το χειμώνα (σχήμα 13), η μέγιστη τιμή εντοπίζεται στην περιοχή των Δειναρικών Άλπεων (8 ημέρες), κατά μήκος του νότιου άξονα της Τουρκίας από την Αττάλεια μέχρι την Αντιόχεια, στον ορεινό κορμό του Ελληνικού χώρου, στην Πίνδο και ειδικότερα στα δυτικά τμήματα, στην περιοχή του βόρειου και ανατολικού Ιονίου Πελάγους, στο Νότιο Αιγαίο (5 ημέρες), στη βορειοδυτική Ιβηρική χερσόνησο και τέλος ανατολικά της θάλασσας του Αλμποράν, βόρεια των βορειοδυτικών ακτών της Αφρικής στο χώρο της δυτικής Μεσογείου.

Την άνοιξη (σχήμα 14) ο μέσος αριθμός ημερών πολύ ισχυρής βροχόπτωσης έχει τη μέγιστη τιμή του κατά μήκος των Δειναρικών Άλπεων (8 ημέρες), στις Άλπεις και στις περιοχές που γειτνιάζουν με αυτές (7 ημέρες), στα δυτικά των Πυρηναίων ορέων καθώς και στη βορειοδυτική Ιβηρική χερσόνησο.

Τους καλοκαιρινούς μήνες (σχήμα 15) οι πολύ ισχυρές βροχοπτώσεις (R20) εντοπίζονται στην περιοχή των Άλπεων (11 ημέρες). Στις υπόλοιπες περιοχές ο μέσος αριθμός ημερών πολύ ισχυρής βροχόπτωσης είναι μικρότερος των τεσσάρων ημερών.

Στη μεταβατική εποχή του φθινοπώρου (σχήμα 16) ο μέσος αριθμός ημερών πολύ ισχυρής βροχόπτωσης είναι μέγιστος ανατολικά της Βαλεριακής θάλασσας και της θάλασσας του Αλμποράν, μεταξύ Βαλεαρίδων και Κορσικής κι ειδικότερα στο θαλάσσιο χώρο βορείως της Αλγερίας (12 ημέρες), κατά μήκος των Δειναρικών Άλπεων κυρίως στο κομμάτι της Σλοβενίας (10 ημέρες), σε ένα τμήμα των κεντρικών Άλπεων, στη βορειοδυτική Ιβηρική χερσόνησο και στα δυτικά της οροσειράς των

Πυρηναίων, στον Βισκαϊκό κόλπο (8 ημέρες), στη βορειοδυτική Πίνδο και σε μεγάλο τμήμα του Ιονίου πελάγους και Τυρρηνικής θάλασσας καθώς και στην περιοχή της Μαύρης Θάλασσας.

## 2.4 Συμπεράσματα

Το Καλοκαίρι λόγω επέκτασης του αντικυκλώνα των Αζορών ανατολικότερα - βορειοανατολικά ο καιρός στη Μεσόγειο είναι βελτιωμένος. Οι βροχοπτώσεις εντοπίζονται σε ηπειρωτικές περιοχές και όχι σε θαλάσσιες. Γενικά την περίοδο αυτή οι περισσότερες περιοχές μπορούν να χαρακτηριστούν ως ξηρές λόγω επικράτησης του αντικυκλώνα πάνω από τη Μεσόγειο καθώς και λόγω της μικρότερης θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας από τη θερμοκρασία του αέρα, δημιουργώντας έτσι συνθήκες στατικής ευστάθειας (Barzokas et al., 2003). Οι ισχυρές και πολύ ισχυρές βροχές που εντοπίζονται στην περιοχή των Άλπεων κυρίως, είναι αποτέλεσμα μηχανικής ανύψωσης των αερίων μαζών λόγω έντονου αναγλύφου και δημιουργία δυναμικής αστάθειας. Ένα άλλο αίτιο δημιουργίας αυτών των έντονων βροχοπτώσεων είναι οι υφέσεις που δημιουργούνται κατά τη θερμή περίοδο στη δυτική Μεσόγειο και συγκεκριμένα στον Κόλπο της Γένοβας, που αποτελεί ένα από τα κύρια κέντρα κυκλωνικής δράσης την περίοδο αυτή (Maheras et al., 2001; Spanos et al., 2003)

Η Άνοιξη χαρακτηρίζεται ως κλιματικά ασταθής μεταβατική περίοδος. Την εποχή αυτή η Μεσόγειος επηρεάζεται από βαρομετρικά χαμηλά που συνδέονται με εισβολές ψυχρών αερίων μαζών από τα υψηλά γεωγραφικά πλάτη (Ζαμπάκας, 1981). Επειδή την εποχή αυτή η ξηρά πάνω από την οποία μετακινούνται οι αέριες μάζες έχει αρχίσει να θερμαίνεται, ενώ η επιφάνεια της θάλασσας είναι σχετικά ψυχρή, επικρατεί σχετική ευστάθεια και οι υφέσεις δεν προκαλούν βροχοπτώσεις (Ντρίβα, 2004). Έτσι δικαιολογείται ο μικρότερος αριθμός ημερών έντονης και πολύ έντονης βροχόπτωσης.

Το Φθινόπωρο είναι επίσης μια μεταβατική εποχή μεταξύ της θερμής καλοκαιρινής περιόδου και της ψυχρής χειμερινής. Οι έντονες και πολύ έντονες βροχές εντοπίζονται κυρίως στις θαλάσσιες περιοχές, λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας που έχουν οι υδάτινες μάζες που θερμάνθηκαν κατά την καλοκαιρινή περίοδο (υψηλή θερμοχωρητικότητα θάλασσας). Αποτέλεσμα αυτού είναι η δημιουργία κυκλογένεσης κατά την κίνηση ψυχρών αερίων μαζών πάνω από την θερμή θάλασσα. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται υφέσεις στον Κόλπο του Λέοντα (ITrigo et al., 2002), στις Βαλεαρίδες νήσους με αποτέλεσμα τον μεγάλο αριθμό ημερών έντονης και πολύ έντονης βροχόπτωσης. Τα συστήματα αυτά κινούνται προς την Κεντρική Μεσόγειο και φτάνουν στην ζώνη Δειναρικών Άλπεων -

Πίνδου όπου λόγω έντονου ανάγλυφου, που λειτουργεί σαν φράχτης, δίνουν έντονες βροχές όπως φαίνεται και στα σχήματα 11 και 16.

Τη Χειμερινή περίοδο ο μόνιμος υποτροπικός αντικυκλώνας φτάνει στο νοτιότερο άκρο της ετήσιας τροχιάς του, ο Σιβηρικός Αντικυκλώνας φτάνει προς νότο μέχρι την περιοχή των Βαλκανίων με αποτέλεσμα οι ψυχρές βόρειες βορειοανατολικές πολικές (cP) ή αρκτικές αέριες μάζες να κινούνται προς τη δυτική Μεσόγειο με μεγάλη πιθανότητα σχηματισμού υφέσεων. Επίσης ο συνδυασμός εξ ανατολών ροής ηπειρωτικού αέρα πολικού αέρα πάνω από τη Γαλλία και μιας δυτικής ροής θαλασσίων πολικών μαζών (mP) στη Μεσόγειο οδηγεί στο σχηματισμό ύφεσης στην περιοχή των Βαλεαρίδων νήσων, πράγμα που εξηγεί τον αυξημένο αριθμό ημερών με ισχυρές και πολύ ισχυρές βροχοπτώσεις. Τα συστήματα αυτά κινούνται ανατολικότερα, λόγω κυκλοφορίας, και δίνουν βροχοπτώσεις στις περιοχές που φαίνονται στα σχήματα 8 και 13 (Ντρίβα, 2004). Οι βροχές που παρατηρούνται την περίοδο αυτή είναι επίσης αποτέλεσμα της επίδρασης της Βορειοατλαντικής Κύμανσης (North Atlantic Oscillation, NAO).

## Βιβλιογραφία

- Ahrens D., (1994): *Meteorology Today - An introduction to weather, climate and environment*, Publisher: Brooks/Cole
- Bartzokas A., Lolis C. J., and Metaxas, D. A.: A study on the intra-annual variation and the spatial distribution of precipitation amount and duration over Greece on a 10-day basis, *Int. J. Climatol.*, 23, 207–222, 2003.
- Flocas A. A., (1983): The Annual and seasonal distribution of fronts over central-southern Europe and Mediterranean, *Journal of Climatology*, vol. 4, 255-267
- Houze, R. A., Jr., (1997): *Stratiform Precipitation in Regions of Convection: A Meteorological Paradox?* University of Washington, Seattle, Washington
- Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., Boscolo, R., et al. : The Mediterranean Climate: An overview of the main characteristics and issues, *Mediterranean Climate Variability*, Elsevier B. V., 1–26, 2006a
- Lopez-Moreno J.I. , S.M. Vicente-Serrano, E. Moran-Tejeda, J. Lorenzo-Lacruz, A. Kenawy and M. Beniston (2010): Effects of the North Atlantic Oscillation (NAO) on combined temperature and precipitation winter modes in Mediterranean mountains: Observed relationships and projections for the 21st century
- Maheras P, Flocas HA, Karakostas TS, Patrikas I., Anagnostopoulou C (2001): A 40-years climatological study of relative vorticity distribution over the Mediterranean. *International J of Climatology* 21: 1759 - 1778
- Mehta A. V. and Yang S. , (2008): Precipitation climatology over Mediterranean Basin from ten years of TRMM measurements, *Advanced in Geosciences*
- Nastos P.T., Kapsomenakis J. , Douvis K.C. (2012): Analysis of precipitation extremes based on satellite and high-resolution gridded data set over Mediterranean basin, *Atmospheric research*
- Ruiz-Leo A.M. , Hernández E. , Queralt S., Maqueda G. (2011): Convective and stratiform precipitation trends in the Spanish Mediterranean coast, *Atmospheric research*
- Spanos, S., Maheras, P., Karacostas, T., and Pennas, P.: Objective climatology of 500hPa cyclones in central and east Mediterranean region during warm-dry period of the year, *Theor. Appl. Climatol.*, 75, 167–178, 2003
- Trigo, I.F, G.R. Bigg and T.D. Davies 2002: Climatology of cyclogenesis mechanisms in the Mediterranean, *Mon. Wea. Rev.*, 130, 549-649
- Γιαννακός Στ. Απόστολος, (2013): Διδακτορική διατριβή, Συμβολή στην ανάπτυξη τεχνικής για την εκτίμηση της βροχόπτωσης από πολυφασματικά



δορυφορικά δεδομένα, *Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας*

- Ζαμπάκας Ι., 1981: Γενική Κλιματολογία. Εκδόσεις Αθηνά
- Ζερεφός Χρήστος (2010): Το κλίμα της Ανατολικής Μεσογείου και της Ελλάδος: το παρελθόν, παρόν και μέλλον - [www.bankofgreece.gr](http://www.bankofgreece.gr)
- Ζιακόπουλος Δημήτρης (2008): Ο γιος της γης και του ήλιου τόμος I "η γνώση", Artio Stamp
- Ζιακόπουλος Δημήτρης (2009): Ο γιος της γης και του ήλιου τόμος II "Η πρόγνωση", Artio Stamp
- Καρτάλης Κ., Φειδάς, Χ., (2006), Αρχές και εφαρμογές της δορυφορικής τηλεπισκόπησης. Αθήνα: Εκδόσεις ΓΚΙΟΥΡΔΑΣ
- Μπαλαφούτης Χ. και Μαχαίρας Π. (1985). Μαθήματα γενικής κλιματολογίας: με στοιχεία βιοκλιματολογίας. ΠΙΑΧΟΥΔΗ Ο.Ε.. Θεσσαλονίκη.
- Νικολάκης Ι. Δημήτριος, (2002): Κλιματολογία - Μια σύγχρονη επιστήμη του περιβάλλοντος
- Ντρίβας Χ. Νικόλαος, (2004): Διδακτορική διατριβή, Μεταβολές στα καθεστώτα βροχής σε συνδυασμό με τα αντίστοιχα της θερμοκρασίας αέρα στην περιοχή της Μεσογείου, *Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθήνας, Τμήμα Γεωλογικό*
- Σαχσαμάνογλου Χ.Σ. και Μακρογιάννης Τ.Ι., 2004: *Γενική Μετεωρολογία*. Εκδόσεις Χάρης
- Σαχσαμάνογλου Χ.Σ., Μπλούτσος Α. Α. (1998): Φυσική κλιματολογία, εκδόσεις ΖΗΤΗ
- Τολίκα Κωνσταντίνα, (2005): Διδακτορική διατριβή, Εκτιμούμενες αλλαγές στον Ελληνικό χώρο κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα με τη χρήση κλιματικών μοντέλων, *Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας*
- Φλόκας Απ. Αθ. : Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη, 1997

## Σύνδεσμοι

- <https://trmm.gsfc.nasa.gov/>
- <http://gpcc.dwd.de>
- <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at>
- [http://www.wmo.int/pages/index\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/index_en.html)
- <https://www.ncdc.noaa.gov/>