



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ – ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ και ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΤΩΝ ΕΠΟΧΩΝ ΣΤΟΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΧΩΡΟ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ ΣΥΚΙΩΤΗ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ ΙΟΥΝΙΟΣ 2019



ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ ΣΥΚΙΩΤΗ
Πτυχιούχος Περιβαλλοντολόγος

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΤΩΝ ΕΠΟΧΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΧΩΡΟ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος
Σπουδών 'Μετεωρολογία Κλιματολογία και Ατμοσφαιρικό περιβάλλον'
Τομέας Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας
Ημερομηνία Προφορικής Εξέτασης: 14 Ιουνίου 2019

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή
Καθηγητής, Κωνσταντία Τολίκα
Καθηγητής, Χριστίνα Αναγνωστοπούλου
Ερευνητής Α', Μαρία Χατζάκη



Αριθμός Παραρτήματος Επιστημονικής επετηρίδας Τμήματος Γεωλογίας Ν°

© Αναστασία Συκιώτη, 2019

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All right reserved.

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΤΩΝ ΕΠΟΧΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΧΩΡΟ

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.



Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτριά μου, Κα Κωνσταντία Τολίκα, για την άψογη συνεργασία, την αμέριστη κατανόηση και εμπιστοσύνη που μου έδειξε, την κατατοπιστική της καθοδήγηση καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές της σε επιστημονικό αλλά και σε προσωπικό επίπεδο. Η στάση της ως επιστήμονας αλλά και ως άνθρωπος αποτέλεσε έμπνευση στην πορεία διεξαγωγής της εργασίας που κρατάτε στα χέρια σας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Κο Θεόδωρο Καρακώστα για τις πολύτιμες γνώσεις που μου μετέδωσε και για την εκτίμηση και την συμπαράστασή του κατά την διάρκεια του μεταπτυχιακού. Αποτέλεσε μια χαμογελαστή, πατρική φιγούρα παρέχοντας την σοφία του και την ασφάλεια που χρειαζόμουν στις ευχάριστες και τις δύσκολες στιγμές. Ακόμη θα ήθελα ευχαριστήσω την Κα Χριστίνα Αναγνωστοπούλου και την Κα Μαρία Χατζάκη που δέχτηκαν να είναι μέλη της τριμελούς επιτροπής και συντέλεσαν εποικοδομητικά με τις πολύτιμες υποδείξεις τους στην ολοκλήρωση της εργασίας,

Επειτα, θέλω να ευχαριστήσω του συμφοιτητές και φίλους μου, «Τα Κουμουλάκια», τον Αλέξανδρο, την Ζωή και τον Χρήστο για την υπέροχη διετία. Όλοι οι προβληματισμοί που μοιραστήκαμε, οι ατέρμονες επιστημονικές και διαπροσωπικές συζητήσεις, η αλληλεγγύη και η στήριξη που προσφέρθηκε απλόχερα και φυσικά η συνεργασία μας σε όλα τα επίπεδα αποτέλεσαν αφορμή για την ανέλιξή μου ως επιστήμονας αλλά και ως άνθρωπος. Χάρη σε αυτούς διευρύνθηκαν οι ορίζοντές μου.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω απέραντα την οικογένειά μου, τους γονείς μου, Χρήστο και Λενιώ, την αδερφή και την πιο σημαντική φίλη μου, την Αθηνούλα, τις αδερφές της μητέρας μου και φίλες μου, την Μαρία και την Αννούλα, τον παππού μου π. Κωνσταντίνο και την αδερφή του Θεία Μάρω. Η συνεχής και ολοκληρωτική στήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια, η αγάπη, η κατανόηση, ο σεβασμός και οι ατελείωτες συζητήσεις μού έχουν προσφέρει τα πιο πολύτιμα μαθήματα και εφόδια για την πορεία που ακολουθώ.

Ενδεχομένως να μην βρισκόμουν σε αυτή τη θέση αν δεν είχα την άλλη μου οικογένεια. Ο σύντροφός μου Στέλιος, αποτέλεσε έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που με οδήγησαν στην επιλογή μου να κυνηγήσω τις μεταπτυχιακές αυτές σπουδές. Η παρότρυνσή του, η απέραντη στήριξή και υπομονή του, η αγάπη και η εμπιστοσύνη που μου έδειξε μου υπενθύμιζαν καθ' όλη την διάρκεια να συνεχίζω να αγωνίζομαι χαμογελώντας όσο μεγάλη τάση και αν είχε η ανηφόρα. Θέλω να τον ευχαριστήσω που με τόση επιμονή μου έμαθε να πιστεύω στον εαυτό μου και να τον στηρίζω. Θέλω να ευχαριστήσω επίσης θερμά, τους γονείς του, Χαράλαμπο και Ντίνα, για την τρυφερή φροντίδα και την ζεστή στήριξη που μας παρείχαν καθημερινά. Οι στιγμές γέλιου που μου έχει προσφέρει ο νέος μου αδερφός Μάριος με γέμιζαν φως και αισιοδοξία. Οφείλω, επίσης, να ευχαριστήσω τον Ζέρο που κάθε λίγο μου υπενθύμιζε την μεγάλη σημασία των διαλειμμάτων υπό συνθήκες υψηλής πίεσης, με τον δικό του μοναδικό και αξεπέραστο τρόπο..

Τέλος, θα ευχαριστήσω τους φίλους -Αρίστη, Αγγελικούλα, Αθηνά, Ματίνα, Ρίτα, Λέντρο, Δήμητρα, Σοφία, Ζήση, Αντώνη, Αλεξάνδρα, Κωνσταντίνα- για τις ανακουφιστικές φωτεινές στιγμές χαλάρωσης και εκτόνωσης που μου προσέφεραν και χρωμάτιζαν τις μέρες μου κατά την διάρκεια των σπουδών.



Δεν θα μπορούσε να λείπει από την σελίδα αυτή μια αναφορά σε αυτούς που φύγαν και αυτούς που έρχονται. Αφιερώνω αυτή την εργασία στην γιαγιά μου, Αθηνά, και σε αυτόν που σε ένα μήνα θα αρχίζω να γνωρίζω.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε η μελέτη της επέκτασης ή της συρρίκνωσης (αποσταθεροποίηση) της διάρκειας των εποχών στην ευρύτερη περιοχή της Ευρώπης ώστε να δοθεί απάντηση σε σχέση με τη διάρθρωση των εποχών αναφορικά με τις ενδεχόμενες σταδιακές αλλαγές στη διάρκεια και τα κλιματικά χαρακτηριστικά τους. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στις ενδιάμεσες εποχές (άνοιξη και φθινόπωρο) καθώς και στην πιθανή επέκταση της θερινής περιόδου. Επιχειρήθηκε τόσο ο εντοπισμός όσο και η στατιστική ανάλυση των ενδεχόμενων νέων αυτών εποχιακών συνθηκών ώστε να προκύψουν αξιόπιστες εκτιμήσεις των επιπτώσεων των αλλαγών αυτών σε ποικίλους τομείς των ανθρώπινων δραστηριοτήτων (οικονομία, τουρισμός, γεωργία κ.α.).

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν ημερήσια δεδομένα μέσων, μεγίστων και ελαχίστων θερμοκρασιών για 367 σταθμούς από 29 χώρες τις Ευρώπης για τη χρονική περίοδο 1961-2017. Για κάθε μία από τις χρονοσειρές αυτές υπολογίστηκαν τα αντίστοιχα 5ήμερα για όλη τη διάρκεια του έτους (73 5ήμερα) ενώ δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στα 5ήμερα που αντιστοιχούν στις εποχές της άνοιξης και του φθινοπώρου. Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι ανωμαλίες των 5ημέρων αυτών σε σχέση με μία περίοδο αναφοράς που καλύπτει τα έτη 1971-2000. Ακολούθως υπολογίστηκε η τάση του εκάστοτε 5ημέρου για όλη την περίοδο μελέτης, καθώς και η στατιστική σημαντικότητα αυτής, ώστε να βρεθεί αν το κάθε 5ήμερο (των μέσων, μεγίστων και ελαχίστων θερμοκρασιών) έχει διαφοροποιηθεί (θερμότερο ή ψυχρότερο) με την πάροδο των ετών.

Βασικό εύρημα της παρούσας μελέτης αποτέλεσε το γεγονός ότι για τους περισσότερους σταθμούς μελέτης τα πενταήμερα τείνουν να είναι θερμότερα στις δύο εποχές, και ειδικότερα στην περίπτωση της άνοιξης. Η θέρμανση αυτή στην πλειονότητα των πενταημέρων χαρακτηρίζεται από στατιστική σημαντικότητα κάτι που ενισχύει το συμπέρασμα ότι η θερινή περίοδος τείνει να επεκτείνεται εις βάρος, κατά κύριο λόγο, της άνοιξης αλλά και του φθινοπώρου.



ABSTRACT

This study main objective is to meet the arising questions concerning the potential changes in the duration of seasonal structure and the respective climatic features by investigating the seasonal time length expansion or shrinkage in the area of Europe. Particular emphasis was placed on the shrinkage of intermediate seasons (spring and autumn) and the relevant expansion of the summer duration. The overall impact of seasonal changes was analyzed in terms of a variety of human activities (economy, tourism, agriculture etc.) under the scope of the possible new seasonal behavior via a thorough statistical analysis of climatic data.

For this purpose, daily average, maximum and minimum temperature data were used that were derived from 367 stations in 29 European countries, for the period 1961-2017. For each of these time series, the corresponding 5-day average was calculated for each year (73 5-day intervals), with a special emphasis on the 5-day intervals that belong to the spring and autumn. The anomalies of these 5-day intervals were then calculated against a reference period, which covers the years 1971-2000. Subsequently, the trend of each of the 5-day interval was calculated, along with its statistical significance, in order to investigate whether each 5-day intervals of the mean, maximum and minimum temperature have changed over the years.

A key finding of this study is the fact that for the most stations studied the 5-day intervals tend to be warmer in both seasons, especially in the case of spring. This warming in the majority of the 5-day intervals is characterized by statistical significance, a fact that reinforces the conclusion that the summer season tends to expand, in such a way that spring and autumn time length tend to shrink.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΕΠΟΧΩΝ.....	10
1.2. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΕΠΟΧΩΝ.....	11
1.3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	14
1.4. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΤΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΤΩΝ ΕΠΟΧΩΝ.....	23
2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ & ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	37
2.1. ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	37
2.2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	40
2.2.1. Επιλογή Σταθμών.....	40
2.2.2. Στατιστική Ανάλυση.....	44
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	50
3.1. ΜΙΑ ΠΡΩΤΗ ΕΙΚΟΝΑ.....	51
3.2. ΜΕΣΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ.....	65
3.2.1. Άνοιξη.....	65
3.2.2. Φθινόπωρο.....	71
3.3. ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ.....	77
3.3.1. Άνοιξη.....	77
3.3.2. Φθινόπωρο.....	82
3.4. ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ.....	88
3.4.1. Άνοιξη.....	88
3.4.2. Φθινόπωρο.....	94
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	99
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	103

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κλιματική μεταβολή αποτελεί πλέον ένα από τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά ζητήματα σε παγκόσμιο επίπεδο και δημιουργεί ερωτήματα που αποτελούν πρόκληση για την επιστημονική κοινότητα. Το φάσμα επιρροής της κλιματικής μεταβολής είναι ευρύ καθώς έχει ισχυρές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα, τη δημόσια υγεία και σε κοινωνικοοικονομικές πτυχές της σύγχρονης κοινωνίας. Μια από τις σοβαρές συνέπειες της μεταβολής του κλίματος, που με τη σειρά της παίζει σημαντικό ρόλο στο ντόμινο των επιπτώσεων στα διάφορα πεδία της κοινωνίας, είναι η μεταβολή της διάρκειας των εποχών.

Το ζήτημα αυτό έχει μελετηθεί σε περιορισμένο βαθμό από τη διεθνή βιβλιογραφία, ενώ αποτελεί μια από τις πιο άμεσες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και επιφέρει συνέπειες μεγάλης κλίμακας, όπως θα αναλυθεί παρακάτω, σε μια πληθώρα πτυχών της βιόσφαιρας και των κοινωνικών συστημάτων. Για τον λόγο αυτό, η διερεύνηση της μεταβολής της διάρκειας των εποχών από τη διεθνή βιβλιογραφία έγινε μέσω της μελέτης των φαινολογικών χαρακτηριστικών που προδίδουν τις μεταβολές αυτές, μέσω της μελέτης της ίδιας της θερμοκρασίας, καθώς και μέσω της μελέτης της μεταβολής των εναλλακτικών εποχών, όπως είναι η καλλιεργητική περίοδος, προκειμένου να αντληθούν πληροφορίες για τις παραδοσιακά ορισμένες εποχές. Σε αυτές τις εναλλακτικές πηγές υπάρχει πληθώρα πληροφοριών καθώς έχουν μελετηθεί εκτενέστερα.

Αρχικά λοιπόν, περιγράφονται οι ορισμοί των εποχών, εναλλακτικά και παραδοσιακά, όπως έχουν αναλυθεί από τη διεθνή βιβλιογραφία. Ακολουθεί η βιβλιογραφική μελέτη που πραγματοποιήθηκε σχετικά με την αύξηση της θερμοκρασίας, τη φαινολογία και τη μεταβολή της διάρκειας των εποχών. Στη συνέχεια, παρατίθεται η ανάλυση που σχετίζεται με τις επιπτώσεις των μεταβολών της θερμοκρασίας και κατ' επέκταση της διάρκειας των εποχών, στα πεδία των οικοσυστημάτων, της γεωργίας, της αύξησης κινδύνου των πυρκαγιών, της οικονομίας, του τουρισμού, της κατανάλωσης και ζήτησης της ενέργειας καθώς και της δημόσιας υγείας. Ακολουθούν τα κεφάλαια της μεθοδολογίας, όπου περιγράφονται αναλυτικά οι διαδικασίες που έλαβαν χώρα προκειμένου να διεξαχθούν τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα, όπου γίνεται η σύνδεση των αποτελεσμάτων με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση που προηγήθηκε.

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο τη διεξαγωγή αναλυτικής μελέτης της διάρκειας των εποχών, μέσα από τη στατιστική ανάλυση της εαρινής και φθινοπωρινής περιόδου για την περιοχή της Ευρώπης κατά την περίοδο 1961-2017. Ταυτοχρόνως, πραγματοποιήθηκαν περαιτέρω παράλληλες στατιστικές αναλύσεις για την ευκρινέστερη ανάγνωση των αποτελεσμάτων αυτών, όπως περιγράφεται παρακάτω.

1.1 Εναλλακτικοί ορισμοί των εποχών

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία οι εποχές ορίζονται με ποικίλους τρόπους. Εκτός από τους παραδοσιακούς ορισμούς υπάρχουν εναλλακτικοί ορισμοί εποχών που σχετίζονται με συγκεκριμένα φαινόμενα, όπως είναι η εποχή τυφώνων, ή με συγκεκριμένες δραστηριότητες, όπως είναι η καλλιεργητική περίοδος (growing season), στην οποία θα γίνει εκτενής αναφορά παρακάτω. Οι διαιρέσεις αυτές του έτους ορίζονται με αυθαίρετη διάρκεια και, ενώ αναφέρονται ως εποχές, δεν σχετίζονται με την κλασσική έννοια των τεσσάρων εποχών ίσης διάρκειας (Trenberth, 1983).

Η περίοδος από την άνθηση των βλαστών μέχρι το πέσιμο των φύλλων θεωρείται η καλλιεργητική περίοδος. Η κλιματολογική καλλιεργητική περίοδος μπορεί, επίσης, να οριστεί σαν ολόκληρη η περίοδος όπου η ανάπτυξη, θεωρητικά, μπορεί να λάβει χώρα και πρέπει να διακρίνεται από την καλλιεργητική περίοδο που εκπροσωπεί την περίοδο της πραγματικής ανάπτυξης των φυτών (Carter, 1998). Υπάρχουν διάφοροι τρόποι να οριστεί η διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Ένας από αυτούς είναι το χρονικό διάστημα μεταξύ της ημερομηνίας του τελευταίου μαύρου εαρινού και του πρώτου φθινοπωρινού παγετού (Robeson, 2002, Brown, 1976, Menzel et al., 2003), όπου σαν παγετός ορίζονται διάφορα κατώφλια της ελάχιστης ημερήσιας θερμοκρασίας. Η θερμοκρασία μάρανσης του φυτού εξαιτίας του μαύρου παγετού ποικίλλει ανάλογα με το είδος, το στάδιο της ανάπτυξης, και τη διάρκεια και τον ρυθμό παγώματος του φυτού. Άλλες έρευνες έχουν χρησιμοποιήσει τις ορισμένες οριακές θερμοκρασίες μόνο σε έναν προκαθορισμένο αριθμό ημερών στην αρχή και το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Η φυσιολογική σημασία της περιόδου αυτής διαφέρει φυσικά στα διάφορα φυτικά είδη. Στη βιβλιογραφία υπάρχει μεγάλη ποικιλία ορισμών της καλλιεργητικής περιόδου αλλά έχουν γίνει πολύ λίγες συγκρίσεις αυτών στα ίδια δεδομένα. Κάποιες από τις λίγες αυτές συγκρίσεις που εκπονήθηκαν (Brinkmann, 1979, Walther & Linderholm, 2006), διαπιστώθηκε ότι ανάλογα με τον ορισμό που χρησιμοποιείται τα αποτελέσματα διέφεραν ως προς την τάση, κάτι που σημαίνει ότι η τάση είναι

ευαίσθητη ως προς τον ορισμό που έχει την εκάστοτε φορά χρησιμοποιηθεί (Linderholm, 2006).

Ένας ακόμη ορισμός της καλλιεργητικής περιόδου αναφέρεται στην περίοδο του έτους που η συνολικές ροές παραγωγής του οικοσυστήματος είναι τουλάχιστον 15% της μέγιστης ετήσιας ροής παραγωγής (Coursolle et al., 2012, Danielewska et al., 2015). Ωστόσο, οι περισσότεροι ορισμοί της καλλιεργητικής περιόδου χρησιμοποιούν τις ημερομηνίες που η θερμοκρασία του αέρα ξεπερνά ένα κατώφλι την άνοιξη και πέφτει κάτω από μια οριακή θερμοκρασία το φθινόπωρο (Menzel et al., 2003).

Οι Alpert et. al. το 2004 εισήγαγαν έναν διαφορετικό ορισμό των εποχών βασισμένο στα εκάστοτε συνοπτικά συστήματα που εμφανίζονται πάνω από μια περιοχή και κατά τη διάρκεια μιας εποχής. Τα κλιματικά στοιχεία δείχνουν ότι υπάρχουν κυρίαρχα συνοπτικά συστήματα πάνω από συγκεκριμένες περιοχές κάθε εποχή. Ο Lamb το 1950 εισήγαγε τον όρο «φυσικές εποχές» σύμφωνα με την αρχή, το τέλος και τη διάρκεια (persistence) των ακολουθιών των συνοπτικών συστημάτων που επικρατούν σε μια συγκεκριμένη εποχή και όρισε πέντε φυσικές εποχές για τα Βρετανικά Νησιά. Το παράδειγμα του Lamb ακολούθησαν και οι Alpert et. al. (2004) εφαρμόζοντας την ιδέα του στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου, με τη μόνη διαφορά ότι οι τελευταίοι δημιούργησαν αυτόματη κατηγοριοποίηση των συνοπτικών συστημάτων, η οποία πλαισίωσε τον ορισμό των εποχών βάσει των συνοπτικών συστημάτων για την περιοχή αυτή. Ο Lamb το 1972 διαπίστωσε ότι στα μικρά γεωγραφικά πλάτη παρατηρείται μεγαλύτερη κανονικότητα εμφάνισης των τυπικών συνοπτικών συστημάτων σε σύγκριση με τα μέσα και μεγάλα γεωγραφικά πλάτη. Η υπόθεση πάνω στην οποία βασίζεται ο ορισμός των συνοπτικών εποχών είναι ότι η έναρξη και το τέλος της κάθε εποχής χαρακτηρίζονται από αξιοσημείωτες μεταβολές στη συχνότητα των σημαντικών συνοπτικών συστημάτων. Έτσι, βάσει του ορισμού των συνοπτικών εποχών για την Ανατολική Μεσόγειο των Alpert et. al. ο χειμώνας και το καλοκαίρι διαρκούν περίπου 4 μήνες ενώ το φθινόπωρο και η άνοιξη περίπου 2 μήνες.

1.2 Επιστημονικοί ορισμοί των εποχών

Πέρα από τους εναλλακτικούς ορισμούς των εποχών, οι δύο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενοι είναι οι επιστημονικά ορισμένες εποχές, ο αστρονομικός και ο μετεωρολογικός ορισμός. Βάσει του αστρονομικού ορισμού οι εποχές καθορίζονται από τη θέση της γης ως προς την τροχιά της γύρω από τον Ήλιο. Έτσι, ο χειμώνας, στο

βόρειο ημισφαίριο, ορίζεται ως η περίοδος από το χειμερινό ηλιοστάσιο στις 22 Δεκεμβρίου μέχρι περίπου την εαρινή ισημερία που είναι στις 21 Μαρτίου. Η άνοιξη τελειώνει κατά το θερινό ηλιοστάσιο, στις 22 Ιουνίου, που ξεκινά το καλοκαίρι. Ακολουθεί το φθινόπωρο, το οποίο ξεκινά κατά τη φθινοπωρινή ισημερία, στις 23 Σεπτεμβρίου, και κλείνει τον ετήσιο κύκλο στο χειμερινό ηλιοστάσιο. Οι αστρονομικές εποχές ποικίλουν σε διάρκεια από 89 μέχρι 93 ημέρες. Αν και η γεωμετρία που χαρακτηρίζει το σύστημα γης-ήλιου είναι η αιτία εμφάνισης των εποχών στη γη, οι αστρονομικές εποχές δεν σχετίζονται άμεσα με τη θερμοκρασία και τον καιρό (Trenberth, 1983, Hochman et al., 2018, Alpert et al., 2004).

Στη μετεωρολογία η πιο συνήθης χρησιμοποιούμενη ανάλυση των εποχών είναι η απλή διαίρεση του έτους σε τέσσερις περιόδους που διαρκούν από τρεις μήνες η κάθε μια. Έχει αποδειχθεί ως ο πιο εύχρηστος ορισμός των εποχών για τις στατιστικές αναλύσεις. Δεδομένου ότι οι μήνες έχουν διαφορετική διάρκεια, οι μετεωρολογικές εποχές διαφέρουν και αυτές ως προς τη διάρκεια η οποία ποικίλει από 90 μέχρι 92 μέρες (Trenberth, 1983). Το Glossary of Meteorology, της Αμερικάνικης Μετεωρολογικής Κοινότητας (American Meteorology Society) ορίζει τις εποχές ως εξής (Huschke, 1959):

Άνοιξη: Η εποχή του έτους που αποτελεί τη μεταβατική περίοδο από τον χειμώνα στο καλοκαίρι. Εμπεριέχει τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο στο βόρειο ημισφαίριο, και τον Σεπτέμβριο, τον Οκτώβριο και τον Νοέμβριο στο νότιο ημισφαίριο. Η εαρινή εποχή είναι αυτή κατά την οποία οι θερμοκρασίες αυξάνονται και μειώνεται η κυκλωνική δραστηριότητα πάνω από τις ηπείρους, παγκοσμίως εκτός από τις τροπικές περιοχές. Στις περισσότερες τροπικές περιοχές η άνοιξη δεν αναγνωρίζεται και στις πολικές περιοχές είναι πολύ μικρής διάρκειας.

Καλοκαίρι: Η θερμότερη εποχή του έτους παγκοσμίως εκτός από τις τροπικές περιοχές. Θεωρείται ότι περιέχει τον Ιούνιο, τον Ιούλιο και τον Αύγουστο στο βόρειο ημισφαίριο, και τον Δεκέμβριο, τον Ιανουάριο και τον Φεβρουάριο στο νότιο Ημισφαίριο.

Φθινόπωρο: Η εποχή του έτους που αποτελεί τη μεταβατική περίοδο από το καλοκαίρι στον χειμώνα. Εμπεριέχει τον Σεπτέμβριο, τον Οκτώβριο και τον Νοέμβριο στο βόρειο ημισφαίριο, και τον Μάρτιο, τον Απρίλιο και τον Μάιο στο νότιο

ημισφαίριο. Στις περισσότερες τροπικές περιοχές το φθινόπωρο δεν αναγνωρίζεται και στις πολικές περιοχές είναι πολύ μικρής διάρκειας.

Χειμώνας: Η ψυχρότερη εποχή του έτους παγκοσμίως. Θεωρείται ότι περιέχει τον Δεκέμβριο, τον Ιανουάριο και τον Φεβρουάριο στο βόρειο ημισφαίριο, και τον Ιούνιο, τον Ιούλιο και τον Αύγουστο στο νότιο ημισφαίριο.

Πίνακας 1: Ημερομηνίες έναρξης και λήξης των διαφόρων ορισμών των εποχών για τα δύο ημισφαίρια και η διάρκεια τους σε μέρες

Βόρειο Ημισφαίριο Νότιο Ημισφαίριο	Χειμώνας Καλοκαίρι	Άνοιξη Φθινόπωρο	Καλοκαίρι Χειμώνας	Φθινόπωρο Άνοιξη
Αστρονομικός ορισμός	22/12 - 21/3 (89 ημέρες)	21/3 - 22/6 (93 ημέρες)	22/6 - 23/9 (93 ημέρες)	23/9 - 22/12 (90 ημέρες)
Μετεωρολογικός ορισμός	1/12 - 28/2 (90 ημέρες)	1/3 - 31/5 (92 ημέρες)	1/6 - 31/8 (92 ημέρες)	1/9 - 30/11 (91 ημέρες)
Μέσες θερμοκρασίες (BH)	8/12 - 9/3 (91.25 ημέρες)	9/3 - 8/6 (91.25 ημέρες)	8/6 - 8/9 (91.25 ημέρες)	8/9 - 8/12 (91.25 ημέρες)
Μέσες θερμοκρασίες (NH)	19/12 - 21/3 (91.25 ημέρες)	21/3 - 20/6 (91.25 ημέρες)	20/6 - 19/9 (91.25 ημέρες)	19/9 - 19/12 (91.25 ημέρες)

Ο Trenberth διαχώρισε τις εποχές βάσει των μέσων θερμοκρασιών. Η μέθοδος αυτή διαχωρισμού βασίζεται στον παρατηρούμενο ετήσιο κύκλο των επιφανειακών θερμοκρασιών και έχει σαν πλεονέκτημα την ίδια διάρκεια των εποχών καθώς και ότι οι εποχές σχετίζονται περισσότερο με τις καιρικές συνθήκες της κάθε εποχής από ότι οι αστρονομικές και οι μετεωρολογικές εποχές. Ωστόσο, η χρήση τους είναι σχετικά πολύπλοκη εξαιτίας της μεγάλης χωρικής μεταβλητότητας της θερμοκρασίας με αποτέλεσμα σε διαφορετικές περιοχές οι εποχές να ξεκινούν και να λήγουν διαφορετικές ημερομηνίες και να έχουν διαφορετικές διάρκειες. Οι ημερομηνίες έναρξης και λήξης των εποχών που ορίζονται βάσει των μέσων θερμοκρασιών πέφτουν σε ενδιάμεσες ημερομηνίες του αστρονομικού και μετεωρολογικού ορισμού, ημερομηνίες όπως φαίνεται στον Πίνακα 1. Οι διαφορές που παρατηρούνται στις

ημερομηνίες οφείλονται σε καθυστερήσεις ημερών στην απόκριση των θερμοκρασιών στην αλλαγή των εποχών ανάλογα με το ημισφαίριο. Στα μέσα γεωγραφικά πλάτη του νότιου ημισφαιρίου, το οποίο κυριαρχείται από την έκταση του ωκεανού, οι αστρονομικές εποχές διαφέρουν από αυτές των μέσων θερμοκρασιών μόνο κατά μια ημέρα και φαίνεται να ταιριάζουν καλύτερα από τις μετεωρολογικές. Στα μέσα γεωγραφικά πλάτη του βόρειου ημισφαιρίου οι μέσες θερμοκρασίες διαφέρουν 3 με 4 ημέρες κατά μέσο όρο από τις μετεωρολογικές εποχές και έτσι αυτές θα ήταν καταλληλότερες να οριστούν εκεί (Trenberth, 1983).

1.3 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Η αύξηση της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας σε παγκόσμιο επίπεδο τις τελευταίες δεκαετίες, που είναι της τάξης του 0.6-8°C (IPCC, 2014), έλαβε χώρα κατά βάση κατά την περίοδο 1976-2000 και αναμένεται να αυξηθεί περαιτέρω μέχρι το 2100. Η αύξηση της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα σχετίζεται περισσότερο με τις ελάχιστες ημερήσιες θερμοκρασίες παρά με τις μέγιστες ημερήσιες θερμοκρασίες και η ασυμμετρία αυτή είναι εμφανής σε όλες τις εποχές. Μεταξύ του 1951 και του 1990 η αύξηση των μέσων ελαχίστων ημερήσιων θερμοκρασιών ήταν τρεις φορές μεγαλύτερη από αυτή των μεγίστων για το βόρειο ημισφαίριο (Karl et al. 1993, Menzel et al., 2003). Στην πέμπτη έκθεση του IPCC (IPCC, 2014) δήλωσε ότι η θέρμανση αυτή φαίνεται να οφείλεται κυρίως στην αύξηση των θερμοκηπικών αερίων, με το διοξείδιο του άνθρακα να ασκεί τον μεγαλύτερο κλιματικό εξαναγκασμό. Η μεγαλύτερη αύξηση της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας στην Ευρώπη σημειώθηκε κατά τη διάρκεια του χειμώνα και της άνοιξης, με αύξηση περίπου 0.5° -1.0°C ανά δεκαετία κατά την περίοδο 1977-2001 (Jones & Moberg, 2003, Pokorná et al., 2018).

Σε γενικές γραμμές οι μελέτες που έχουν διεξαχθεί σχετικά με τις τάσεις των θερμοκρασιών στην Ευρώπη τείνουν να συγκεντρώνονται σε μεμονωμένες χώρες και σε μικρές χωρικές κλίμακες, χρησιμοποιώντας διαφορετικές μεθοδολογίες και αναλύοντας περιόδους διαφορετικής διάρκειας. Παρά τον μεγάλο αριθμό των μελετών είναι σχετικά δύσκολη η δημιουργία μιας αντιπροσωπευτικής εικόνας της πορείας της θερμοκρασίας και της χωρικής της κατανομής στην περιοχή της Ευρώπης. Οι περισσότερες από τις μελέτες μιλούν για θερμοκρασίες σε εποχιακό επίπεδο, ενώ πολύ λιγότερες πραγματεύονται τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες (Brázdil et al., 2009, Del

Río et al., 2007, Domonkos & Tar, 2003, Keevallik & Russak, 2001, Mamara et al., 2015, Pokorná et al., 2018) διότι αποτελεί έναν εύκολο τρόπο διαχείρισης της μεγάλης πληροφορίας των μεγάλων δεδομένων. Στην παρούσα εργασία οι θερμοκρασίες έχουν αναλυθεί σε χρονική κλίμακα πενταήμερου, κάτι που δίνει το πλεονέκτημα της μεγάλης διακριτικής ικανότητας στο χρόνο.

Ωστόσο, η εποχικότητα της μεταβολής της θερμοκρασίας μακροπρόθεσμα, ποικίλλει στα διάφορα σημεία της Ευρώπης. Έτσι, η θέρμανση από τη δεκαετία του 1960 ήταν ταχύτερη στην άνοιξη από ότι στον χειμώνα σε αξιοσημείωτα μεγάλες περιοχές της κεντρικής, νοτιοανατολικής και νοτιοδυτικής Ευρώπης (de Luis et al., 2014, Dumitrescu et al., 2014, El Kenawy et al., 2012, Serquet et al., 2011) ενώ η αύξηση των θερμοκρασιών της θερινής περιόδου κυριάρχησε στη νοτιοανατολική Ευρώπη, στην οποία ταυτόχρονα παρατηρήθηκε σχεδόν μηδενική τάση στις μέσες θερμοκρασίες του φθινοπώρου και του χειμώνα (Brázdil et al., 1996, Feidas et al., 2004, Mamara et al., 2015). Αντίστοιχα σε πολλές μεμονωμένες ευρωπαϊκές περιοχές δεν σημειώθηκε αύξηση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου και του φθινοπώρου (Bajat et al., 2016, Brázdil et al., 2009, de Luis et al., 2014, del Río et al., 2007, Domonkos & Tar, 2003, El Kenawy et al., 2012, Franke et al., 2004, Huth & Pokorná, 2005, Jones & Moberg, 2003, Xoplaki et al., 2005). Όπως είναι αναμενόμενο η κατάσταση αυτή επιδρά σε ένα μεγάλο εύρος κλιματικών, καιρικών και βιολογικών φαινομένων όπως είναι η διάρκεια των εποχών, η οποία με τη σειρά της παίζει καθοριστικό ρόλο στη λειτουργία του οικοσυστήματος. Συγκεκριμένα, οι μεταβολές της διάρκειας των εποχών είναι ένας πολύ ισχυρός κλιματικός δείκτης και έχει ποικίλες σημαντικές κλιματικές εφαρμογές (Linderholm, 2006).

Ένας έμμεσος τρόπος προσδιορισμού των μεταβολών της διάρκειας των εποχών, είναι η παρακολούθηση της απόκρισης του περιβάλλοντος στα φυσικά φαινόμενα. Έτσι, διάφορα είδη φυτών και ζώων για παράδειγμα, προδίδουν τις μεταβατικές περιόδους των εποχών, αναδεικνύοντας ταυτοχρόνως και τις μεταβολές της διάρκειάς τους. Αν η απόκριση των ζωικών και φυτικών ειδών εξεταστεί ως προς το κλίμα μπορούν να διεξαχθούν πολύτιμα συμπεράσματα για την εκάστοτε θεματική (Sparks & Menzel, 2002). Η φαινολογία ορίζεται ως «η μελέτη της χρονικής στιγμής των επαναλαμβανόμενων βιολογικών φάσεων, οι αιτίες που οδήγησαν στη συγκεκριμένη χρονική στιγμή σχετικές με τις βιοτικές και αβιοτικές πιέσεις και η αλληλοσυσχέτιση των φάσεων του ίδιου ή διαφορετικών ειδών» βάσει του προγράμματος Παγκόσμιας

Φαινολογικής Παρακολούθησης (Global Phenological Monitoring, GPM, gpm.huberlin.de) (Linderholm, 2006). Στις εύκρατες περιοχές ο αναπαραγωγικός κύκλος των φυτών ορίζεται κατά βάση από τη θερμοκρασία και τη διάρκεια της ημέρας (Menzel, 2002) ενώ στα χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη από τη βροχόπτωση και την εξατμισοδιαπνοή (Spano et al. 1999, Linderholm, 2006). Η χρονική στιγμή των φαινομένων της άνοιξης όπως είναι η βλάστηση, η διαδικασία του φυλλώματος και η ανθοφορία (budding, leafing, flowering) καθορίζονται κυρίως από τη θερμοκρασία, καθώς υπάρχουν μελέτες που εντόπισαν ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των εαρινών φαινολογικών φάσεων και της θερμοκρασίας του αέρα (Chmielewski & Rötzer, 2002, Sparks & Menzel, 2002).

Μεγάλο μέρος της διεθνούς βιβλιογραφίας της παρούσας εργασίας μελέτησε τις μεταβολές των εποχών μέσω της φαινολογίας σε είδη φυτών και ζώων (Sparks & Menzel, 2002, Menzel et al., 2003, Linderholm, 2006, Gallinat et al., 2015, Hochman et al., 2018, Barford et al., 2001, Carter, 1998, Hancock et al., 2011, Kramer et al., 2000, Leolini et al., 2018, McCarty, 2001, Menzel, 2000, Schwartz et al., 2006, Sparks & Menzel, 2002). Η φαινολογία στην Ευρώπη ξεκίνησε στις αρχές του 18^ο αιώνα και τα γραπτά που σχετίζονται με αυτή αποτελούν τα παλαιότερα βιολογικά δεδομένα που υπάρχουν (Sparks & Carey, 1995). Κατά την εκατονταετία 1850-1950 η φαινολογία έγινε πολύ δημοφιλής παγκοσμίως καθώς οι περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες αξιοποιούσαν το γνωστικό πεδίο της, ιδιαιτέρως της φυτικής φαινολογίας, με την καθοδήγηση των εθνικών μετεωρολογικών υπηρεσιών (Sparks & Menzel, 2002). Τα 40 έτη που ακολούθησαν σημειώθηκε συρρίκνωση της φυτικής φαινολογικής δραστηριότητας στην κεντρική Ευρώπη ενώ την τελευταία δεκαετία η αξία των φαινολογικών δεδομένων αναγνωρίστηκε και πάλι, καθώς ο πολύ μεγάλος όγκος δεδομένων που υπήρχε φάνηκε εξαιρετικά χρήσιμος για τη μελέτη της κλιματικής μεταβολής (Menzel, 2002). Γνωρίζοντας την απόκριση των ειδών στις παρελθοντικές κλιματικές μεταβολές δίδεται η δυνατότητα για την εκ των προτέρων γνώση της απόκρισής τους σε μελλοντικές κλιματικές μεταβολές. Η μελέτη της φαινολογίας των ειδών αποτελεί έναν λιτό, ευνόητο, χαμηλού κόστους και αξιόπιστο τρόπο προσέγγισης των διαφόρων κλιματικών μεταβολών υπό εξέταση (Sparks & Menzel et al., 2003).

Μεγάλο εύρος των φυτικών και ζωικών ειδών σε πολλές γεωγραφικές τοποθεσίες παρουσιάζουν τα φαινόμενα που πραγματοποιούνται κατά την διάρκεια της άνοιξης να εμφανίζονται νωρίτερα τις τελευταίες δεκαετίες στο Βόρειο Ημισφαίριο (Hochman et

al., 2018, Gallinat et al., 2015, Schwartz et al., 2006). Μέσω της μελέτης των ημερομηνιών των φυτικών φαινολογικών φάσεων σε απόκριση των μεταβολών των μέσων και ελαχίστων ημερήσιων θερμοκρασιών σε χώρες της κεντρικής Ευρώπης αναλύθηκαν διεξοδικά, από πολλούς επιστήμονες, οι μεταβολές της κλιματολογικής της καλλιεργητικής περιόδου (Brinkmann, 1979, Carter, 1998, Danielewska et al., 2015, Jones & Briffa, 1995, Jones et al., 2002, Menzel et al., 2003, Mueller et al., 2015, Robeson, 2002, Walther & Linderholm, 2006, White et al., 1999). Η παγκόσμια αύξηση της επιφανειακής θερμοκρασίας που παρατηρήθηκε είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της διάρκειας της καλλιεργητικής περιόδου στα μέσα και υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη του Βόρειου Ημισφαιρίου. Οι μεταβολές αυτές παρατηρήθηκαν μέσα από δορυφορικές εικόνες, μετρήσεις διοξειδίου του άνθρακα, φαινολογικά δεδομένα που αφορούν φαινόμενα του εδάφους, δεδομένα φαινολογικών φάσεων αλλά και από θερμοκρασιακά δεδομένα που εμφανώς παρουσιάζουν την επιμήκυνση της καλλιεργητικής περιόδου τις τελευταίες δεκαετίες (Menzel et al., 2003, Sparks & Menzel, 2002, Linderholm, 2006, Hochman et al., 2018, Schwartz et al., 2006). Τέτοιες μεταβολές είναι περισσότερο εμφανείς στις φαινολογικές φάσεις που εμφανίζονται νωρίτερα τους πρώτους μήνες κάθε έτους, κάτι που ενισχύει την άποψη ότι οι αλλαγές που υφίσταται η θερμοκρασία αφορούν περισσότερο στη χειμερινή και στην εαρινή περίοδο που ξεκινούν νωρίτερα από ότι παλιότερα και όχι τόσο στην καθυστέρηση του φθινοπώρου. Ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα αποτελεί η κεντρική Αγγλία της οποίας η τυπική απόκλιση της μεταβλητότητας των μηνιαίων θερμοκρασιών για την περίοδο 1951-2000 και για τους μήνες Ιανουάριο – Μάρτιο είναι κατά μέσο όρο 1.8°C, ενώ για την περίοδο Απριλίου – Σεπτεμβρίου είναι 1.1°C. Πολυάριθμα παραδείγματα παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική τάση των φαινομένων να εμφανίζονται νωρίτερα από ότι παλαιότερα κατά τις τελευταίες δεκαετίες (Sparks & Menzel, 2002).

Αυτό έγινε εμφανές μέσα από τη μελέτη ειδών πουλιών, φυτών και εντόμων. Για παράδειγμα, οι ημερομηνίες φυλλώματος ενός είδους καστανιάς της Ελβετίας και ενός είδους άγριας κερασιάς στη Γερμανία, εμφανίστηκαν 40 ημέρες νωρίτερα από το αναμενόμενο, βάσει των τελευταίων 2 αιώνων. Αντιστοίχως, στο Ηνωμένο Βασίλειο οι ημερομηνίες φυλλώματος ενός είδους δρυός εμφανίστηκαν 3 με 4 βδομάδες νωρίτερα. Υπάρχει ισχυρή συσχέτιση των μεταβολών αυτών με τη μεταβολή που παρατηρείται στη θερμοκρασία, υποδεικνύοντας έτσι την επιμήκυνση της καλλιεργητικής περιόδου, και συνεπώς της εαρινής περιόδου σε περιοχές μεγάλων

γεωγραφικών πλατών και της θερινής περιόδου, κυρίως στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη. Νωρίτερα παρουσιάζονται και οι φαινολογικές φάσεις ειδών πτηνών σε απόκριση της αύξησης της θερμοκρασίας τον Μάρτιο 20 ημέρες νωρίτερα σε σύγκριση με 50 έτη πριν, αν και η μεταβλητότητα αυτών για τα πτηνά είναι μεγαλύτερη από ότι για τα φυτά (Sparks & Menzel, 2002). Το μεγαλύτερο μέρος των σταθμών της Γερμανίας δείχνει να έχει αυξηθεί η διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου σχεδόν κατά μια ημέρα τον χρόνο με ταυτόχρονη καθυστέρηση των ημερομηνιών της φθινοπωρινής περιόδου. Παράλληλα, ο υπολογισμός των τάσεων της καλλιεργητικής περιόδου σε άλλες Ευρωπαϊκές χώρες (Αυστρία, Ελβετία και Εσθονία) συνάδει με την ισχυρότερη επιμήκυνση της περιόδου χωρίς παγετό, βάσει των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών (Linderholm, 2006, Menzel et al., 2003). Παρατηρήθηκε επίσης ότι η άνοιξη ξεκινούσε δύο φορές συντομότερα στις παράκτιες περιοχές παρά στις ηπειρωτικές (Linderholm, 2006).

Ο Vedin το 1990 συνέκρινε τα μήκη των καλλιεργητικών περιόδων στις βορειότερες περιοχές της Σουηδίας για δύο δεκαετίες, μία ασυνήθιστα θερμή (1931-1940) και μία ψυχρότερη (1979-1988), και με έκπληξη διαπίστωσε ότι η ψυχρότερη περίοδος ήταν μεγαλύτερης διάρκειας από τη θερμότερη. Απέδωσε την παρατήρηση αυτή στη θερμότερη άνοιξη και το θερμότερο φθινόπωρο της δεκαετίας 1979-1988 τονίζοντας όμως ότι μια σχετικά θερμή περίοδος δεν αποτελεί απαραίτητα ευνοϊκή συνθήκη για την επιμήκυνση της καλλιεργητικής περιόδου. Αντίστοιχα αποτελέσματα είχε και οι Hochman et al. το 2018 οι οποίοι μελέτησαν τη μεταβολή της διάρκειας των εποχών στο μέλλον βάσει των συνοπτικών συστημάτων στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου. Η διάρκεια της άνοιξης προβλέπεται να αυξηθεί κατά 23% τον επόμενο αιώνα στην ανατολική Μεσόγειο, δεδομένης της ήδη αποδεδειγμένης επιμήκυνσής της στην περιοχή της Ευρώπης. Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις οι τάσεις θέρμανσης αυξάνονται μέχρι το υψόμετρο των 950 μ., πάνω από το οποίο οι τάσεις μειώνονται (Menzel et al., 2003).

Στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη έχει παρατηρηθεί μια μείωση των ημερών παγετού από τη δεκαετία του 1930 που σχετίζεται με ισχυρή αύξηση των χειμερινών ελαχίστων ημερήσιων θερμοκρασιών (Heino et al., 1999). Γενικά, έχει παρατηρηθεί ότι η καλλιεργητική περίοδος έχει επιμηκυνθεί κατά μια εβδομάδα κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα ενώ οι Easterling et al. (2000) κατέληξαν ότι σε ένα μεγάλο αριθμό χωρών, ευρωπαϊκών και μη, οι ημέρες παγετού γίνονται όλο και λιγότερες. Βέβαια, οι

Jones & Briffa (1995) συμπέραναν ότι η επιμήκυνση της καλλιεργητικής περιόδου δεν σημαίνει αυτομάτως ότι υπάρχει αύξηση στον αριθμό των θερμών ημερών. Οι Jones et al. (2002) επιβεβαίωσαν το συμπέρασμα αυτό, μέσα από μια έρευνα που διεξήγαγαν για τη βόρεια Ευρώπη (κεντρικό Ηνωμένο Βασίλειο, Στοκχόλμη, Ουψάλα και Αγία Πετρούπολη), καθώς διαπίστωσαν ότι η διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου είχε πολύ μικρή συσχέτιση με τις εποχιακές θερμοκρασίες και, συνεπώς, ότι μια θερμότερη καλλιεργητική περίοδος δεν σήμαινε απαραίτητα ότι θα ήταν και μεγαλύτερης διάρκειας. Σε γενικές γραμμές, οι φαινολογικές μελέτες δείχνουν την έναρξη της εαρινής περιόδου πολύ νωρίτερα σαν αποτέλεσμα των θερμότερων χειμώνων και εαρινών περιόδων.

Οι μεταβολές της άνοιξης και της καλλιεργητικής περιόδου είναι το πιο συχνό αντικείμενο έρευνας, με έμφαση στην έναρξη της εποχής νωρίτερα από ότι παλιότερα και τη σύνδεση του φαινομένου αυτού με την άνοδο της θερμοκρασίας. Η αντίστοιχη μελέτη της μεταβολής της διάρκειας του φθινοπώρου μέσω της απόκρισης του περιβάλλοντος στη μεταβολή των θερμοκρασιών είναι υποβαθμισμένη σε σχέση με αυτή της άνοιξης εξαιτίας της έλλειψης των διαθέσιμων δεδομένων, των φαινομένων του φθινοπώρου που χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη πολυπλοκότητα και συνεπώς είναι δυσκολότερο να οριστούν, όπως είναι ο χρωματισμός των φυλλωμάτων και των διαφόρων περιβαλλοντικών παραγόντων που ενεργοποιούν τις φθινοπωρινές φαινολογικές φάσεις (Sparks & Menzel, 2002). Συγκεκριμένα, στη βάση δεδομένων των ερευνητικών δημοσιεύσεων του Scopus παρατηρεί κανείς ότι η συμμετοχή των δημοσιεύσεων με θεματική το φθινόπωρο αγγίζει στην καλύτερη περίπτωση ένα ποσοστό 30% (Gallinat et al., 2015).

Τα φυτικά φθινοπωρινά φαινόμενα τείνουν, όπως προαναφέρθηκε, να είναι δυσκολότερα να οριστούν διότι υπόκεινται σε μεμονωμένα καιρικά φαινόμενα παγετού ή ισχυρών ανέμων (Sparks & Menzel, 2002) καθώς επίσης και γιατί οι χρονικές μεταβολές του φθινοπώρου είναι λιγότερο ορατές και παρουσιάζουν περισσότερο ετερογενή μοτίβα (Menzel et al., 2003, Menzel, 2002). Μια πρόκληση που συναντάται στον προσδιορισμό του φθινοπώρου είναι ότι, ενώ τα φαινόμενα της εαρινής περιόδου εμφανίζονται απότομα και είναι ευδιάκριτα, τα αντίστοιχα φαινόμενα του φθινοπώρου είναι παρατεταμένης διάρκειας και δυσδιάκριτα. Συνεπώς, είναι πολλά τα φαινολογικά φαινόμενα της φθινοπωρινής εποχής που δεν μπορούν να οριστούν μεμονωμένες ημερομηνίες για την έναρξή τους. Ακόμα δυσκολότερος είναι ο προσδιορισμός της

τελευταίας ημερομηνίας των φαινομένων κατά το φθινόπωρο καθώς η απουσία είναι δυσκολότερο να παρατηρηθεί από την παρουσία και ιδιαιτέρως στα πουλιά που τα φαινολογικά τους χαρακτηριστικά το φθινόπωρο είναι λιγότερο εμφανή. Παρά τη μικρότερη βιβλιογραφία της φθινοπωρινής περιόδου από τη βιβλιογραφία τα φαινόμενα της εποχής αυτής είναι εξαιρετικής σημασίας από οικολογικής αλλά και εξελικτικής άποψης. Τα φαινόμενα αυτά σηματοδοτούν το τέλος της καλλιεργητικής και της αναπαραγωγικής περιόδου για τα περισσότερα φυτά και ζώα των εύκρατων και αρκτικών γεωγραφικών πλατών και αποτελούν μια πτυχή των οικολογικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής που δεν έχει μελετηθεί επαρκώς (Gallinat et al., 2015).

Παρά την περιορισμένη μελέτη της εποχής αυτής, έχει παρατηρηθεί μεγάλη εξέλιξη στην κατανόηση των παραγόντων που καθορίζουν τη φθινοπωρινή φαινολογία και τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα φαινολογικά φαινόμενα του φθινοπώρου. Τα δεδομένα που είναι διαθέσιμα δείχνουν μια καθυστέρηση των φαινομένων του φθινοπώρου τα τελευταία χρόνια, καθώς οι περιβαλλοντικές αποκρίσεις των διεθνών φαινολογικών κήπων (International Phenological Gardens) παρουσιάζουν μια τάση προς την καθυστέρηση ειδικά για την κεντρική και νότια Ευρώπη (Menzel, 2000, Sparks & Menzel, 2002, Menzel et al., 2003). Ακόμη, μεγάλες χρονοσειρές παρουσιάζουν τη γήρανση των φυλλωμάτων να καθυστερεί, κατά μέσο όρο, λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας. Επιπρόσθετα, κάποια είδη πουλιών μετατοπίζουν τη φθινοπωρινή φαινολογία τους, με καθυστέρηση της μετανάστευσής τους, αν πρόκειται για μικρής απόστασης μετανάστευση, και με επίσπευση αυτής, εάν πρόκειται για μεγάλη απόσταση (Gallina et al., 2015). Σε αντίθεση με τα περισσότερα φαινολογικά φαινόμενα του φθινοπώρου, η ωρίμανση των φρούτων είναι το μόνο φαινόμενο που φαίνεται να εμφανίζεται νωρίτερα, κατά μέσο όρο, σαν απόκριση στην κλιματική μεταβολή (Gallina et al., 2015). Δεδομένης της πρόωξης έναρξης της άνοιξης και της καθυστερημένης λήξης της, καθώς και της αργοπορημένης εμφάνισης των φαινολογικών φαινομένων του φθινοπώρου, φαίνεται πως η χειμερινή περίοδος συμπιέζεται στην αρχή και το τέλος της, με αποτέλεσμα τη σμίκρυνσή της (Sparks & Menzel, 2002).

Οι μεταβολές της διάρκειας των εποχών έχουν μελετηθεί, πέρα από τις φαινολογικές φάσεις των φυτών και των ζώων, μέσα από το πρίσμα άλλων παραγόντων. Τα συμπεράσματα που βγαίνουν από τις μέσες θερμοκρασίες και τα αποτελέσματα

κλιματικών μοντέλων φαίνεται να συμφωνούν με αυτά των φαινολογικών μελετών. Η άνοδος της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας έχει επηρεάσει, όπως προαναφέρθηκε, τη διάρκεια των εποχών στην Ευρώπη και αυτό αποδεικνύεται, αυτή τη φορά, μέσω των άμεσων μέσων θερμοκρασιών κατά τόπους. Στην ανατολική Ευρώπη είναι εμφανής η επιρροή της αύξησης της θερμοκρασίας στο μήκος των εποχών καθώς στην Ουκρανία και τη Ρουμανία οι θερμές εποχές έχουν αυξηθεί κατά 5 ημέρες και 8 ημέρες, αντίστοιχα, ενώ οι μεταβατικές ημερομηνίες των εποχών, ως προς τη θερμοκρασία, και των δύο χωρών έχουν μετατοπιστεί ως επί το πλείστον νωρίτερα στο έτος. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι σε κάποιες περιοχές οι περίοδοι παγετού έχουν αφανιστεί εντελώς (Chyhareva, 2017).

Σε μια περίπτωση της βόρειας Ευρώπης και συγκεκριμένα στη Φινλανδία, έχει παρατηρηθεί αύξηση στην ελάχιστη θερμοκρασία των χειμερινών μηνών κατά 4.4°C κατά την περίοδο 1990-2013 σε σχέση με την περίοδο 1961-1989, ενώ η αντίστοιχη αύξηση της τελευταίας περιόδου για τους θερινούς μήνες είναι 1.4°C (Fält-Nardmann et al., 2018). Παρά τη μεγάλη ενδοετήσια μεταβλητότητα της θερμοκρασίας, σε γενικές γραμμές, το κλίμα της Φινλανδίας έχει θερμανθεί κατά 2.3°C και διακρίνεται μια καθαρά αυξητική τάση αυτής από το 1990 (Finnish Meteorological Institute, 2016, Mikkonen et al., 2015). Ο χειμώνας και οι πρώτες μέρες της εαρινής περιόδου παρουσιάζουν σημαντικά υψηλές τιμές θερμοκρασίας όπως και το τέλος του καλοκαιριού, ενώ ο πρώτος μήνας του καλοκαιριού δεν φαίνεται να έχει επηρεαστεί σημαντικά (Fält-Nardmann et al., 2018).

Στη περιοχή της νότιας Ευρώπης έχει παρατηρηθεί αντίστοιχη θέρμανση. Πάνω από τις ηπειρωτικές περιοχές η θέρμανση είναι μεγαλύτερη από την παγκόσμια μέση αύξηση της θερμοκρασίας. Περίπου 2°C δείχνει να αυξάνεται η θερμοκρασία την άνοιξη και τον χειμώνα, ενώ φτάνει τους 4°C το καλοκαίρι. Πιο συγκεκριμένα, λόγω της θερμοχωρητικότητας των υδάτων στη Μεσόγειο η μέση ημερήσια αύξηση στις παράκτιες περιοχές είναι μεταξύ 1-2°C, ενώ στις ηπειρωτικές είναι 2-3°C. Στα Βαλκάνια είναι λίγο μεγαλύτερη η αύξηση (+3°C) ενώ στη νότια Γαλλία και την Ιβηρική χερσόνησο η αύξηση είναι λίγο μικρότερη τη νύχτα. Σε εποχιακό επίπεδο, η αύξηση είναι φανερή κατά βάση τους θερινούς μήνες (4°C) αλλά κάποιες περιοχές παρουσιάζουν ακόμη μεγαλύτερη αύξηση όπως είναι τα Βαλκάνια, η Τουρκία, η βόρεια Ιταλία και η Ισπανία. Το φθινόπωρο σημειώνεται η δεύτερη μεγαλύτερη μεταβολή της θερμοκρασίας με μέση αύξηση πάνω από 2°C ενώ οι χειμερινοί μήνες

φαίνονται να αυξάνουν κατά 1-2°C. Η εαρινή περίοδος έχει παρόμοια αύξηση με τη χειμερινή με λίγο μεγαλύτερες τιμές μεταβολής στην ανατολική πλευρά. Αξιοσημείωτα μεγάλες αυξήσεις αναμένεται να σημειωθούν στο σύνολο των ημερών με μέγιστη θερμοκρασία τους 25°C καθώς και στις νύχτες με ελάχιστη θερμοκρασία τους 20°C στις παράκτιες περιοχές και ειδικά στην ανατολική πλευρά της Μεσογείου. Ο αριθμός των ημερών με μέγιστη θερμοκρασία τους 25°C δείχνουν ότι θα αυξηθούν στο μέλλον στις βορειότερες ακτές της λεκάνης και λιγότερο στις ανατολικές ηπειρωτικές περιοχές. Γενικά, αναμένεται οι μέρες με αυτές τις θερμοκρασίες να αυξηθούν κατά έναν μήνα στη νότια Ευρώπη (Giannakopoulos et al., 2009).

Παρά τη γενική υπερθέρμανση του πλανήτη έχουν παρατηρηθεί επεισόδια αρνητικής τάσης της θερμοκρασίας του αέρα καθώς οι μεταβολές αυτής δεν είναι ομογενείς χωρικά και χρονικά, με αποτέλεσμα σε κάποιες περιοχές και για κάποια χρονικά διαστήματα, όχι απλά δεν σημειώθηκε αύξηση της θερμοκρασίας, αλλά σημειώθηκε μέχρι και ψύξη στο δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα (Easterling, 1997, Jones & Moberg, 2003, Pokorná et al., 2018). Τα επεισόδια αυτά ονομάστηκαν «τρύπες θερμότητας» (warming holes), όρο που έδωσαν οι Pan et al. το 2004 και τα πρώτα τα οποία συζητήθηκαν αφορούσαν τη νοτιοανατολική Αμερική για το φθινόπωρο και το καλοκαίρι, ενώ ακολούθησαν πολλές μελέτες περί αυτού για τον Καναδά (Zhang et al., 2000), το Μεξικό (Cavanaugh & Shen, 2014), την Κίνα (Hu et al., 2003), τη νοτιοανατολική Ασία (Jones, 1995), τη νότιο Αφρική (Kruger & Shongwe, 2004) τη Χιλή (Falvey & Garreaud, 2009) και τέλος την Ευρώπη. Πολλά από αυτά τα επεισόδια αρνητικής τάσης σημειώνονται σε διάφορες χρονικές στιγμές του έτους, κατά βάση το φθινόπωρο, και λιγότερο τον χειμώνα και την άνοιξη, και κατά κύριο λόγο στη δυτική Ευρώπη με μεταβολές στην έκταση και την ισχύ των φαινομένων αυτών. Σαν αποτέλεσμα τον Σεπτέμβριο εμφανίζονται στη δυτική Ευρώπη και τον Νοέμβριο συναντώνται στην ανατολική Ευρώπη, και κυρίως στη βόρεια Μαύρη Θάλασσα. Τον Δεκέμβριο τα επεισόδια εμφανίζονται νοτιοανατολικά και τελικά εξαφανίζονται, με την έναρξη της θέρμανσης. Τρία, μικρότερα σε διάρκεια και έκταση από αυτά του φθινοπώρου, επεισόδια παρατηρούνται τον Φεβρουάριο και τον Μάρτιο στην ανατολική Μεσόγειο και την Ισλανδία, ενώ στις αρχές του Απριλίου συχνά εντοπίζεται ψύξη πάνω από την κεντρική, νότια και νοτιοανατολική Ευρώπη που τον Μάιο αντικαθίσταται από μια ισχυρή θέρμανση. Στα μέσα του Ιουνίου παρατηρείται ένα ακόμη μεγάλο ψυχρό επεισόδιο στην κεντρική, βόρεια και βορειοδυτική Ευρώπη.

Αντίθετα οι περίοδοι ισχυρών θερμών επεισοδίων παρατηρούνται στα μέσα του Ιανουαρίου στην ανατολική Ευρώπη, στις αρχές του Μάρτη σε όλο τον ευρωπαϊκό χώρο και στα μέσα του Μαΐου και στις αρχές του Αυγούστου πάνω από την κεντρική και δυτική Ευρώπη. Οι ισχυρότερες αυξήσεις της θερμοκρασίας, μεγέθους 1.5°C ανά δεκαετία παρατηρούνται τον χειμώνα και στις αρχές της άνοιξης στη βόρεια Ευρώπη, στις περιοχές κοντά στη Βαλτική Θάλασσα τον Μάρτιο και στο ηπειρωτικό μέρος της Ιβηρικής χερσονήσου τον Ιανουάριο (Pokorná et al., 2018).

1.4 Επιπτώσεις των μεταβολών της διάρκειας των εποχών

Η αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας κατά 2°C θεωρείται κρίσιμου επιπέδου πάνω από το οποίο συμβαίνουν επικίνδυνες μεταβολές του κλίματος. Οι πιθανές επιπτώσεις που θα λάβουν χώρα εξαιτίας της παγκόσμιας θέρμανσης, θα είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης των ανθρωπογενών και φυσικών συστημάτων, καθώς η ευπάθεια και των φυσικών συστημάτων, στην οποία συμπεριλαμβάνεται και η ικανότητά τους να προσαρμόζονται στις νέες συνθήκες, θα έρχεται σε επαφή με τους, σχετικούς με το κλίμα, κινδύνους στους οποίους τα εκθέτουν τα ανθρωπογενή συστήματα (IPCC, 2014).

Το κατώφλι αυτό των 2°C , που αυξάνει παράλληλα τις πιθανότητες εμφάνισης ακραίων φαινομένων, επηρεάζει σημαντικά την κατανομή των επιπτώσεων στο κλίμα και έχει αθροιστικά αποτελέσματα στην οικονομία, γεγονότα που δημιουργούν όλο και μεγαλύτερη ανησυχία (Smith et al., 2001, Giannakopoulos et al., 2009). Επιπλέον, οι αυξανόμενοι ρυθμοί και τα μεγέθη της παγκόσμιας θέρμανσης, παράλληλα με την οξίνιση των ωκεανών και με άλλες μεταβολές του κλιματικού συστήματος, αυξάνουν τον κίνδυνο ακραίων, διάχυτων και σε μερικές περιπτώσεις μη αναστρέψιμων επιβλαβών επιπτώσεων (IPCC, 2014). Η συνεχής και ισχυρή θετική ανατροφοδότηση του κύκλου του άνθρακα αυξάνεται εκθετικά με τον χρόνο (Friedlingstein et al., 2003, Jones et al., 2002, Giannakopoulos et al., 2009) γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε ακόμα μεγαλύτερες κλιματικές μεταβολές, σε σχέση με αυτή που προκαλούν οι ανθρωπογενείς εκπομπές θερμοκηπικών αερίων. Κάποιες από τις επιπτώσεις επηρεάζουν συγκεκριμένες περιοχές, τοπικά, ενώ άλλες έχουν παγκόσμια κλίμακα.

Πολλές από τις δραστηριότητες του πληθυσμού μιας περιοχής, ειδικά αυτών που σχετίζονται με τον τουρισμό και τη γεωργία, εξαρτώνται από την ημερομηνία έναρξης των θερμών και ψυχρών εποχών. Ο καθορισμός των ημερομηνιών αυτών, που

προσδιορίζουν τη μετάβαση από τη μια εποχή στην άλλη είναι απαραίτητος ακόμη και για το σχεδιασμό των στρατηγικών που σχετίζονται με περιπτώσεις τυχαίας ρύπανσης (accidental pollution), καθώς μπορούν να αποτελέσουν μέσο «θεραπείας» και διαχείρισης των φυσικών καταστροφών (Mavrakis et al., 2004).

Οι συνολικοί κίνδυνοι των μελλοντικών επιπτώσεων της κλιματικής μεταβολής μπορούν να μειωθούν με τον περιορισμό του ρυθμού και του μεγέθους της κλιματικής αλλαγής, συμπεριλαμβανομένης της οξίνισης των ωκεανών. Για παράδειγμα, ενώ πολλές καλλιέργειες έχουν τη δυνατότητα να αναπτυχθούν κατά τη διάρκεια του χειμώνα, κάτω από τις συνθήκες ξηρασίας μπορεί να μαραθούν, αυξάνοντας τον κίνδυνο πυρκαγιών και η ρύπανση του ατμοσφαιρικού αέρα να επιδεινώσει την περιβαλλοντική πίεση στη συγκεκριμένη περιοχή (Giannakopoulos et al., 2009, Lelieveld et al., 2012, Hochman et al., 2018). Τα ακριβή επίπεδα κλιματικής αλλαγής που επαρκούν ώστε να προκαλέσουν απότομες και μη αναστρέψιμες μεταβολές είναι, προς το παρόν, αβέβαια αλλά ο κίνδυνος που σχετίζεται με την υπέρβαση αυτών των ορίων αυξάνεται παράλληλα με την αύξηση της θερμοκρασίας. Είναι υψίστης σημασίας ο υπολογισμός των ευρύτερων πιθανών επιπτώσεων, συμπεριλαμβανομένων των αποτελεσμάτων με χαμηλότερη πιθανότητα να συμβούν, αλλά με σοβαρές συνέπειες μεγάλης κλίμακας (IPCC, 2014).

Τα αποδεικτικά στοιχεία των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής που αφορούν στα φυσικά συστήματα είναι τα πιο ισχυρά και τα περισσότερα εμφανή. Σε πολλές περιοχές, οι μεταβολές της βροχόπτωσης ή της τήξης του πάγου μεταβάλουν παράλληλα και τα υδρολογικά συστήματα, επηρεάζοντας της πηγές του νερού από άποψη ποιότητας αλλά και ποσότητας. Πολλά χερσαία, θαλάσσια είδη καθώς και είδη του γλυκού νερού έχουν μεταβάλει τα γεωγραφικά τους εύρη, τις εποχικές τους δραστηριότητες, τις μεταναστευτικές τους συνήθειες, τις αφθονίες τους και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ ειδών σαν απόκριση στη μεταβολή του κλιματικού συστήματος που βρίσκεται σε εξέλιξη (IPCC, 2014).

Μεγάλο μέρος των ειδών αντιμετωπίζει, ήδη, αυξημένο κίνδυνο εξαφάνισης εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής, αλλά προβλέπεται να υπάρχει αυτός ο κίνδυνος και στο μέλλον, ακόμα και μετά τον 21^ο αιώνα, ειδικά όσο η κλιματική αλλαγή αλληλεπιδρά με άλλους στρεσογόνους παράγοντες. Τα περισσότερα φυτικά είδη δεν μπορούν να μεταβάλουν το γεωγραφικό εύρος τους με φυσικό τρόπο αρκετά γρήγορα προκειμένου να συμβαδίσουν με τους υψηλούς ρυθμούς της κλιματικής αλλαγής στις

περισσότερες περιοχές. Παράλληλα, τα περισσότερα μικρά θηλαστικά και τα μαλάκια γλυκού νερού, αν αλλάξουν τα γεωγραφικά τους εύρη, δεν θα μπορούν να συμβαδίζουν με τους ρυθμούς που προβλέπονται στον 21^ο αιώνα στις επίπεδες περιοχές. Η παρατήρηση ότι η φυσική κλιματική μεταβολή, σε ρυθμούς χαμηλότερους από τη σημερινή ανθρωπογενή κλιματική μεταβολή, προκάλεσε σημαντικές μεταβολές στα οικοσυστήματα και τα είδη τα προηγούμενα εκατομμύρια χρόνια, αποτελεί κώδωνα μεγάλου κινδύνου για το μέλλον. Οι θαλάσσιοι οργανισμοί σταδιακά θα αντιμετωπίζουν χαμηλότερα επίπεδα οξυγόνου και υψηλούς ρυθμούς αύξησης και αυξημένες τιμές της οξίνισης των ωκεανών ταυτόχρονα με τους κινδύνους που προκύπτουν από τις αυξανόμενες μέγιστες θερμοκρασίες των ωκεανών. Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι και τα πολικά οικοσυστήματα είναι πια, εξαιρετικά ευάλωτα. Τα παράκτια συστήματα και οι περιοχές χαμηλού υψομέτρου κινδυνεύουν από την αύξηση της θαλάσσιας στάθμης, που πρόκειται να συνεχίσει για αιώνες, ακόμη και αν σταθεροποιηθεί η μέση παγκόσμια θερμοκρασία (IPCC, 2014).

Αντίστοιχες επιπτώσεις έχουν παρατηρηθεί στα χερσαία είδη φυτών από τη μεταβολή της διάρκειας των εποχών. Για παράδειγμα, οι Barford et al. το 2001 ανακάλυψαν ότι οι εποχιακές και ετήσιες διακυμάνσεις της πρόσληψης διοξειδίου του άνθρακα από ένα είδος δέντρου καθοριζόταν από τον καιρό και το εποχιακό κλίμα, όπως είναι η διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Οι Myneni et al. (1997) απέδειξαν ότι η αύξηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας της χερσαίας βλάστησης φάνηκε να σημαίνει παράλληλα την αύξηση της ανάπτυξης των φυτών, γεγονός που επίσης συσχετίζεται με τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Τα δύο αυτά φαινόμενα, συνεπώς, δείχνουν ότι η επιμήκυνση της καλλιεργητικής περιόδου μπορεί να οδηγήσει σε μακροχρόνιες αυξήσεις στις δεξαμενές του άνθρακα (White et al., 1999). Το συμπέρασμα αυτό συσχετίστηκε με τα πεδία της θερμοκρασίας και της κάλυψης πάγου στη Βαλτική θάλασσα, όπου μετά από έναν κρύο χειμώνα με σταθερή κάλυψη πάγου ακολουθεί, κατά κανόνα, μια άνοιξη που καθυστερεί πολύ ειδικά στις παράκτιες περιοχές, ενώ ταυτόχρονα οι ηπειρωτικές περιοχές θα θερμανθούν πολύ ταχύτερα και η άνοιξη θα ξεκινήσει συντομότερα, και το αντίθετο. Οι μεγάλες μεταβολές που παρατηρήθηκαν στα φαινολογικά δεδομένα για ένα θαλάσσιο κλίμα αλλάζουν την υπόθεση ότι η θαλάσσια επιρροή είναι ένας παράγοντας σταθεροποίησης (Linderholm, 2006). Σε αντίστοιχα συμπεράσματα κατέληξε και οι Keeling et al. (1996) που απέδειξε ότι υπάρχει σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας του επιφανειακού αέρα με τη διακύμανση

του εποχιακού κύκλου του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα στον χρόνο και στο μέγεθος. Η ιδέα αυτή συνάδει με το γεγονός ότι οι μεγάλες θερμοκρασίες προωθούν την αύξηση της ανάπτυξης των φυτών το καλοκαίρι και της εξατμισοδιαπνοής τον χειμώνα. Η αύξηση του ετήσιου εποχιακού διοξειδίου του άνθρακα κατά 40% που σημειώθηκε από το 1960 στην Αρκτική συνδέεται με την επιμήκυνση της καλλιεργητικής περιόδου κατά περίπου 7 ημέρες (Linderholm, 2006).

Οι επιταχυνόμενοι ρυθμοί των μεταβολών που παρατηρήθηκαν τις τελευταίες τρεις δεκαετίες στην Ευρώπη υποδεικνύουν ότι στο κοντινό μέλλον θα υπάρξουν μεγάλες αλλαγές στα οικοσυστήματα. Η επέκταση των ορίων των ειδών σε επίπεδο γεωγραφικού πλάτους αλλά και υψομέτρου, θα είναι γεγονός, μετά την εγκαθίδρυση νέων τοπικών πληθυσμών και συνεπώς πιθανών να αφανιστούν οι πληθυσμοί των χαμηλών υψομέτρων και μικρών γεωγραφικών πλατών. Αναμένεται ακόμη η αυξημένη εισβολή ευκαιριακών ειδών, ειδών με μεγάλη κινητικότητα και ειδών χορταριού. Ακόμη, είναι εξαιρετικά πιθανή η αποσύνδεση των ειδών και της αλληλεπίδρασής τους, π.χ. φυτικών ειδών και επικονιαστών, εξαιτίας της φαινολογίας που είναι εκτός της συνηθισμένης φάσης (Penuelas & Fillela, 2001). Ωστόσο, τα οικοσυστήματα είναι δυναμικά συστήματα που μεταβάλλονται με τον χρόνο, ακόμα και στην απουσία της ανθρώπινης διατάραξης, και οι αλλαγές στο γεωγραφικό εύρος, στην αναπαραγωγή και στο μέγεθος του πληθυσμού θα συνέβαιναν ακόμα και στην απουσία της κλιματικής αλλαγής (McCarty, 2001). Έτσι, προκειμένου να δρομολογηθούν σημαντικές απαντήσεις σε ερωτήσεις που αφορούν στην παγκόσμια μοντελοποίηση, στον έλεγχο των οικοσυστημάτων και στην παγκόσμια μεταβολή της θερμοκρασίας, είναι απαραίτητη η αυξημένη γνώση των αλληλεπιδράσεων του συστήματος ατμόσφαιρας-βιόσφαιρας, χωρικά και χρονικά.

Ο αριθμός των μελετών που ασχολούνται με την εκτίμηση των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής στις καλλιέργειες είναι μεγάλος και καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος περιοχών και καλλιεργειών. Σε γενικές γραμμές, παρατηρείται ότι οι αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής είναι περισσότερο συνηθισμένες από τις θετικές στη γεωργία και τα συστήματα καλλιέργειας (IPCC, 2014).

Με τη μείωση της καλλιεργητικής περιόδου μεταβάλλονται οι ημερομηνίες φύτευσης (planting dates) με αποτέλεσμα τη χαμηλή απόδοση των παραδοσιακών καλλιεργειών, καθώς δεν προλαβαίνουν να ωριμάσουν στην ώρα τους. Αντίθετα, με την επιμήκυνση της καλλιεργητικής περιόδου, δίνεται η ευκαιρία της πρώιμης

φύτευσης, εξασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό την ωρίμαση των καλλιεργειών, και ορισμένες φορές είναι δυνατή, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα νερού, η πολλαπλή καλλιέργεια (multiple cropping) (Linderholm, 2006). Η επιμήκυνση της καλλιεργητικής περιόδου παράλληλα με τη θέρμανσή της, αναμένεται να ενισχύσει τη δυνατότητα γεωργικής παραγωγής στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη του βορρά και να αυξήσει τον δυνητικό αριθμό των συγκομιδών και κατ' επέκταση της εποχιακής απόδοσης των πολυετών καλλιεργειών που σχετίζονται με κτηνοτροφικά είδη φυτών (ACIA, 2004).

Ωστόσο, στις θερμότερες περιοχές η αύξηση της θερμοκρασίας κατά την καλλιεργητική περίοδο μπορεί να προκαλέσει μείωση της απόδοσης των καλλιεργειών, δεδομένου ότι η θέρμανση επιταχύνει τη διαδικασία της ανάπτυξης και συνεπώς μειώνει τον χρόνο που χρειάζεται για να ξεραθεί ένα φυτικό είδος (ACIA, 2004). Σε περιοχές όπως η Αφρική και οι ανατολικές χώρες της Μεσογείου προβλέπεται να μειωθεί η απόδοση των αρδευόμενων καλλιεργειών ενώ στις περιοχές της Ευρώπης φαίνεται μια σταθερή αύξηση (Giannakopoulos et al., 2009). Η απόδοση των καλλιεργειών που καλλιεργούνται μόνο με το βρόχινο νερό (rainfed crops) και που σπέρνονται κατά την εαρινή περίοδο μειώθηκε από τις θερμότερες και ξηρότερες συνθήκες που επικράτησαν σε όλη τη λεκάνη της Μεσογείου. Τα όσπρια σε γενικές γραμμές μειώθηκαν, με εξαίρεση την Ισπανία και την Τουρκία. Τα δημητριακά παρουσίασαν μια αύξηση, που ήταν περισσότερο εμφανής στη νότια και ανατολική πλευρά της λεκάνης. Γενικά, η νότια, θερμότερη, Μεσόγειος επηρεάστηκε περισσότερο από τη βόρεια στις αλλαγές αυτές του κλίματος και των εποχών, όπου οι αυξήσεις σε διοξείδιο του άνθρακα βοήθησαν μεν, στη μείωση της απώλειας απόδοσης, αλλά δεν ήταν ικανές να αποκαταστήσουν εντελώς αυτές τις απώλειες. Στην, ψυχρότερη, βορειοανατολική Μεσόγειο, η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα που σχετίζεται με την κλιματική μεταβολή είχε μικρή επίπτωση στις περισσότερες καλλιέργειες συνολικά, δεδομένου ότι αύξηση της ανάγκης σε νερό, ειδικά για τις αρδευόμενες καλλιέργειες, μπορούν να ικανοποιηθούν (Giannakopoulos et al., 2009).

Αν ληφθεί υπόψη η ραγδαία κλιματική μεταβολή που προβλέπεται για τα επόμενα 100 χρόνια θα υπάρχουν μεγάλες επιπτώσεις στα ήδη υπάρχοντα δέντρα τα οποία θα είναι λιγότερο προσαρμοστικά στις νέες κυρίαρχες συνθήκες του κλίματος. Επίσης, εάν τα είδη δέντρων αρχίζουν και ανταποκρίνονται διαφορετικά στις αλλαγές αυτές, είναι αναμενόμενο να μεταβληθούν οι ανταγωνιστικές σχέσεις μεταξύ των ειδών και έτσι,

μακροπρόθεσμα, θα αλλάξει η σύνθεση των ειδών στα δάση παράλληλα με τα γεωγραφικά εύρη των ειδών (Kramer et al., 2000). Η εισαγωγή σε στρατηγικές προσαρμογής προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι επιπτώσεις της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής δείχνουν ότι η πρόιμη σπορά που σχετίζεται με τη μείωση της διάρκειας της καλλιεργητικής περιόδου, εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών, μπορεί να μειώσει τις αρνητικές επιπτώσεις ή ακόμη και να ενισχύσει τις θετικές, επιτρέποντας στις καλλιέργειες να αποφύγουν τις υψηλές θερμοκρασίες και την έλλειψη νερού. Η χρήση ποικιλιών μεγαλύτερου κύκλου έχει αποδειχθεί καλή στρατηγική προσαρμογής στα μελλοντικά σενάρια, όπου οι υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν την αύξηση του ρυθμού ανάπτυξης. Ωστόσο, οι δύο επιλογές που προαναφέρθηκαν, έχουν απαραίτητη προϋπόθεση επιπλέον ποσότητες νερού για άρδευση, περίπου 25-40%, που μπορεί να μην είναι διαθέσιμο ή να κοστίζει πολύ στο μέλλον (Giannakopoulos et al., 2009).

Η κλιματική μεταβολή προβλέπεται ακόμα να υπονομεύσει την ασφάλεια των τροφίμων. Συγκεκριμένα, μέχρι τα μέσα του 21^{ου} αιώνα και αργότερα, η ανακατανομή των παγκόσμιων θαλάσσιων ειδών και η μείωση της θαλάσσιας βιοποικιλότητας, ειδικά σε περιοχές με αυξημένη ευαισθησία, θα αποτελέσουν πρόκληση για την παρατεταμένη παραγωγή αλιείας και άλλων παροχών των οικοσυστημάτων. Στις τροπικές και εύκρατες περιοχές η παραγωγή του σιταριού, του ρυζιού και του αραβοσίτου προβλέπεται να υποστεί τις αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, καθώς φαίνεται, τα είδη αυτά, να μην προσαρμόζονται σε αυτή, ειδικά εκεί όπου η θερμοκρασία θα αυξηθεί πάνω από 2°C από τα επίπεδα του 20^{ου} αιώνα. Εάν γενικά, αυξηθεί η μέση παγκόσμια θερμοκρασία κατά 4°C σε σχέση με αυτή του 20^{ου} αιώνα, και με την ταυτόχρονη αύξηση της ζήτησης τροφίμων, η ασφάλεια τροφίμων διατρέχει μεγάλο κίνδυνο παγκοσμίως. Παράλληλα, η παγκόσμια θέρμανση αναμένεται να μειώσει τα ανανεώσιμα επιφανειακά ύδατα και τις πηγές υπόγειων υδάτων, ειδικότερα στις ξηρότερες υποτροπικές περιοχές, εντείνοντας τον ανταγωνισμό για νερό ανάμεσα στους διάφορους τομείς (IPCC, 2014).

Μια άλλη πτυχή των επιβλαβών επιπτώσεων είναι η αύξηση της εμφάνισης πυρκαγιών. Συγκεκριμένα, για την Ευρώπη, τη μεγαλύτερη αύξηση κινδύνου φωτιάς διατρέχουν οι περιοχές της Μεσογείου (Piñol et al., 1998, Moriondo et al., 2006, Pelizzaro et al., 2013). Πολλές μελέτες έχουν τονίσει τη μεγάλη σημασία του περιεχομένου υγρασίας της βλάστησης σε σχέση με την ανάφλεξη και την εξάπλωση της φωτιάς στους θάμνους (Pelizzaro et al., 2013). Ωστόσο, η συνεισφορά των

μετεωρολογικών παραγόντων ως προς τον κίνδυνο πυρκαγιάς είναι πολύ μεγάλη, ειδικά τη χρονική περίοδο Μαΐου-Οκτωβρίου (Giannakopoulos et al., 2009). Η σχέση μεταξύ της ξηρασίας και της πυρκαγιάς είναι ευρέως γνωστή, δεδομένου ότι τα δάση φλέγονται κατά το θέρος, σε περιόδους μεγάλης ξηρασίας και υψηλών θερμοκρασιών, όταν η περιεκτικότητα της υγρασίας στον αέρα είναι εξαιρετικά χαμηλή (Pelizzaro et al., 2013).

Σύμφωνα με πρόσφατες προβολές του μελλοντικού κλίματος στη νότια Ευρώπη, όπως προαναφέρθηκε αναμένονται μεταβολές στην εμφάνιση των ακραίων φαινομένων, στη θερμοκρασία και στη βροχόπτωση (Giannakopoulos et al., 2009, Pelizzaro et al., 2013). Η μεγαλύτερη θέρμανση προβλέπεται να είναι στην περιοχή της Μεσογείου, τους καλοκαιρινούς μήνες, που θα σημειωθούν οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες, ταυτοχρόνως με μείωση, σε αυτή την περιοχή, των ημερών βροχής και αύξηση της θερινής ξηρασίας στην κεντρική και νότια Ευρώπη. Ο κίνδυνος είναι, όπως είναι αναμενόμενο, μεγαλύτερος κατά τους θερινούς μήνες του έτους, με μέγιστη πιθανότητα εμφάνισης πυρκαγιάς τον Αύγουστο στις ηπειρωτικές περιοχές βόρεια της λεκάνης της Μεσογείου. Τα Βαλκάνια, το Μαγκρέμπ, η βόρεια Αδριατική θάλασσα, η κεντρική Ισπανία και η Τουρκία είναι οι πιο ευαίσθητες περιοχές, παράλληλα με τη νότια Ιταλία, η οποία είναι εξαιρετικά επιρρεπής στις πυρκαγιές τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο (Giannakopoulos et al., 2009). Η επιμήκυνση της ξηρής θερινής περιόδου εξαιτίας των κλιματικών μεταβολών μπορεί να έχει καταστροφικά αποτελέσματα στη χλωρίδα και την πανίδα στα οικοσυστήματα της λεκάνης της Μεσογείου, καθώς αναμένεται να επιμηκυνθούν παράλληλα οι περίοδοι κινδύνου ανάφλεξης. Αυτό είναι και το σενάριο που προβλέπεται σύμφωνα με τους Pelizzaro et al., οι οποίοι υπολόγισαν την αύξηση της εποχής αυξημένου κινδύνου πυρκαγιών κατά έναν μήνα. Τέτοιου είδους ευρήματα επιτρέπουν την καλύτερη και ακριβέστερη κατανόηση των επιπτώσεων της κλιματικής μεταβολής, σε εποχιακό επίπεδο και μη, προκειμένου να μπορούν να σχεδιαστούν πιο αποτελεσματικά στρατηγικές και μέτρα προσαρμογής και μετριασμού των επιβλαβών φαινομένων.

Οι συνολικές απώλειες σε οικονομικό επίπεδο επιταχύνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας, αλλά οι παγκόσμιες οικονομικές επιπτώσεις από την κλιματική μεταβολή είναι δύσκολο να εκτιμηθούν προς το παρόν. Η κλιματική μεταβολή προβλέπεται να επιβραδύνει την οικονομική ανάπτυξη και να καταστήσει δυσκολότερο το έργο της αποκατάστασης της φτώχειας. Επιπλέον, πλήττεται η ασφάλεια της

ποιότητας των τροφίμων ενώ παρατείνονται οι υπάρχουσες και δημιουργούνται νέες αιτίες φτώχειας, ειδικά στα αστικά περιβάλλοντα, με αποτέλεσμα την αύξηση περιπτώσεων πείνας. Αναμένεται, επίσης, να επηρεαστούν σοβαρά οι διεθνείς σχέσεις εμπορίου ανάμεσα στα κράτη, κάτι που αποτελεί έναν σημαντικό κίνδυνο που προκύπτει εξαιτίας της κλιματικής μεταβολής σε τοπικό επίπεδο (IPCC, 2014).

Μία ακόμη σημαντική επίπτωση που προβλέπεται αφορά στην αύξηση των μετακινήσεων πληθυσμών, ειδικά στις περιπτώσεις αναπτυσσόμενων χωρών, που δεν έχει γίνει στρατηγικός σχεδιασμός μετανάστευσης, καθώς τότε οι πληθυσμοί εκτίθενται στις ακραίες καιρικές συνθήκες. Ακόμη, η κλιματική μεταβολή μπορεί έμμεσα να αυξήσει τον κίνδυνο βίαιων συγκρούσεων μέσω της μεγέθυνσης των παραγόντων που δημιουργούν συγκρούσεις όπως είναι η φτώχεια ή η οικονομική πίεση (IPCC, 2014).

Ένας παράγοντας της οικονομίας, με εξαιρετική σημασία, είναι ο τομέας του τουρισμού. Το κλίμα και ιδιαίτερα η θερμοκρασία είναι μια από τις σημαντικότερες αφορμές τουρισμού. Η επικείμενη μεταβολή της θερμοκρασίας, και κατ' επέκταση η μεταβολή της διάρκειας των εποχών, που ήδη έχει παρατηρηθεί και προβλέπεται για το μέλλον, θα έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή των τουριστικών προορισμών. Ειδικά η περιοχή της Μεσογείου, που αποτελεί μεγάλο τουριστικό προορισμό των υπόλοιπων ευρωπαίων πολιτών και αποδίδει τεράστια οικονομικά οφέλη στην περιοχή, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος να γίνει υπερβολικά θερμός προορισμός για την άνεση του τουριστών (Giannakopoulos et al., 2009, Ruttty & Scott, 2010). Συγκεκριμένα, η θερμική άνεση (thermal comfort) των τουριστών και η δυνατότητά τους να εγκλιματιστούν σε μία περιοχή που κυριαρχείται από μεγάλες θερμοκρασίες και θερμά κύματα καύσωνα είναι ο πιο καθοριστικός παράγοντας. Ως συνέπεια, αναμένεται μια σταδιακή μείωση του τουρισμού το καλοκαίρι στη Μεσόγειο με πιθανή, ταυτόχρονη αύξηση τους εαρινούς μήνες (Ruttty & Scott, 2010).

Η Μεσόγειος αποτελεί έναν παγκοσμίως κυρίαρχο τουριστικό προορισμό, προσελκύοντας το 1/5 (19.4%) των συνολικών τουριστών ανά τον κόσμο (UNWTO, 2009) και πάνω από 30% του παγκόσμιων διεθνών εισπράξεων τουρισμού (UNWTO, 2007). Η μεγαλύτερη ροή τουριστών παγκοσμίως, περίπου 116 εκατομμύρια, αποτελείται από πολίτες της βόρειας εύκρατης Ευρώπης που κατευθύνονται στη νότια Μεσόγειο (UNWTO, 2007). Ένας από τους κύριους λόγους που καθιστούν τη Μεσόγειο τόσο δημοφιλή είναι η ζήτηση ενός προβλέψιμου ηλιόλουστου και θερμού

προορισμού. Συνεπώς, γίνεται ξεκάθαρο ότι ο καιρός είναι ένας από τους πιο καθοριστικούς παράγοντες του τουρισμού, με την ηλιοφάνεια να παίζει καθοριστικό ρόλο στις προϋποθέσεις ως προς την επιλογή του προορισμού (Bigano et al., 2006, Perry, 2006). Συγκεκριμένα, μελέτες που έχουν ασχοληθεί με το ζήτημα του καιρού ως κίνητρο για τουρισμό, η ηλιοφάνεια διαπιστώθηκε ότι είναι είτε ο πιο σημαντικός παράγοντας (Mintel International Group, 1991, Kozak, 2002, Gómez-Martín, 2005, Hamilton & Lau, 2005, Ruddy & Scott, 2010) είτε ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες (Lohmann & Kaim, 1999, Hamilton, 2005, Scott et al., 2008, Ruddy & Scott, 2010) για έναν τουρίστα όταν επιλέγει έναν προορισμό ταξιδιού. Δεδομένου, λοιπόν, ότι το κλίμα αποτελεί έναν τόσο σημαντικό παράγοντα για τον τουρισμό στη Μεσόγειο, τα στοιχεία που έχουν αναδυθεί σχετικά με την κλιματική μεταβολή έχουν δημιουργήσει σοβαρές ανησυχίες. Οι μελέτες που έχουν συνδέσει την αύξηση της θερμοκρασίας με τον τουρισμό στη λεκάνη της Μεσογείου (Perry, 2000, 2001, 2006, Agnew & Viner, 2001, Maddison, 2001, Amelung et al., 2007) έχουν συμπεράνει ότι μέχρι τα μέσα του 21^{ου} αιώνα, και ίσως και νωρίτερα, η αύξηση της θερμοκρασίας στη Μεσόγειο θα είναι τόσο μεγάλη που θα ξεπερνά το όριο της άνεσης των τουριστών, καθώς η περιοχή θα υπερθερμαίνεται κατά τη διάρκεια της αιχμής της τουριστικής περιόδου. Βέβαια, η Μεσόγειος δεν αναμένεται να είναι υπερβολικά θερμή για τουρισμό συνολικά, αλλά κατά τόπους και σε διάφορες χρονικές περιόδους (Ruddy & Scott, 2010). Ο Maddison (2001) συμπέρανε ότι η Ελλάδα και η Ισπανία θα έχουν χαμηλότερη ζήτηση εξαιτίας των τόσο υψηλών θερμοκρασιών.

Οι τουρίστες έχουν τη μεγαλύτερη ευκολία να προσαρμόζονται στις διάφορες συνθήκες καθώς επίσης και την ελευθερία να αποφεύγουν μη θεμιτές κλιματικές συνθήκες είτε αλλάζοντας τη χρονική στιγμή του ταξιδιού είτε αποφεύγοντας τελείως τον προορισμό (Scott et al., 2008). Ο προσδιορισμός των κλιματικών συνθηκών που υποβιβάζουν την ποιότητα ενός ταξιδιού αναψυχής για τον κάθε άνθρωπο είναι δύσκολος, καθώς διαφέρει από τόπο σε τόπο και ποικίλει ανάλογα με τον σκοπό του ταξιδιού (π.χ. αστικές διακοπές ή διακοπές σε παραλία). Τα όρια αυτά είναι σε υψηλότερα επίπεδα όταν αφορούν σε διακοπές στην παραλία καθώς οι άνθρωποι ανέχονται μεγαλύτερες θερμοκρασίες εκεί από ότι στην πόλη. Σε γενικές γραμμές οι περισσότεροι άνθρωποι προσδιορίζουν την ιδανική θερμοκρασία μεταξύ 27.8°C και 32.8°C, ενώ οι θερμοκρασίες μικρότερες του 22.8°C θεωρούνται ως μη αποδεκτά ψυχρές και πάνω από 37.8°C ως μη αποδεκτά θερμές (Ruddy & Scott, 2010). Πολλές

είναι οι περιπτώσεις μελετών που θεωρούν ότι η τουριστική περίοδος στη Μεσόγειο θα μετατοπιστεί στην εαρινή και τη φθινοπωρινή περίοδο (Maddison, 2001, Lise & Tol, 2002, Bigano et al., 2006, Amelung et al., 2007, Scott et al., 2008). Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, υπάρχει η δυνατότητα για πολύ μεγαλύτερη θερμή περίοδο τουρισμού με καιρό κατάλληλο για διακοπές. Έτσι, η ζήτηση δεν είναι απαραίτητο ότι θα μειωθεί, σαν αποτέλεσμα της κλιματικής μεταβολής, αλλά τελικά η θέρμανση αυτή θα συνεισφέρει στη μεταβολή της χρονικής στιγμής που οι τουρίστες θα επιλέξουν να επισκεφτούν την περιοχή της Μεσογείου (Rutty & Scott, 2010).

Μέχρι τώρα έγινε αναφορά στον παράγοντα του τουρισμού, μόνο για μια εποχή. Αυτή όμως αποτελεί μόνο μια πτυχή του τουρισμού, αφού αυτός παρουσιάζει εποχικότητα. Η ανάλυση της εποχικότητας του τουρισμού είναι μια περίπλοκη διαδικασία, διότι συμπεριλαμβάνει τον προσδιορισμό των αιτιών και των συνεπειών της μεταβολής της. Σύμφωνα με τον Butler (2001), η εποχικότητα του τουρισμού μπορεί να οριστεί ως εξής: «μια χρονική ανισορροπία στο φαινόμενο του τουρισμού που μπορεί να εκφραστεί με τον αριθμό των επισκεπτών, την κίνηση στους αυτοκινητόδρομους, την απασχόληση των αξιοθέατων». Φυσικά και στην περίπτωση της εποχικότητας του τουρισμού, το κλίμα και οι καιρικές συνθήκες είναι παράγοντες που σχετίζονται με την τουριστική συμπεριφορά (Ridderstaat et al., 2014, Ferrante et al., 2018). Άλλες αιτίες εποχικότητας είναι η κοινωνική καταπίεση, η μόδα, τα εποχιακά αθλήματα και η παράδοση. Οι εποχιακές διακυμάνσεις του τουρισμού σε συνολικό επίπεδο αναγνωρίστηκε ως ζήτημα από το 1975 (BarON, 1975) κυρίως εξαιτίας της ανάμειξής της με οικονομικούς, περιβαλλοντικούς και κοινωνικούς παράγοντες.

Η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας μιας χώρας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες: τον πληθυσμό, τα νοικοκυριά, τις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες, τον πλούτο, την κουλτούρα, το κλίμα, την αναλογία των υπηρεσιών που εξυπηρετούνται από διαφορετικούς τύπους ενέργειας και την τεχνολογία που χρησιμοποιείται. Όλοι αυτοί οι παράγοντες καθορίζουν την ετήσια ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια καθώς και τη ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας σε ωριαίο επίπεδο. Ωστόσο, η ανάγκη για ηλεκτρική ενέργεια έχει μεταβληθεί για πολλούς λόγους (Thornton et al., 2016, Psiloglou et al., 2009, Sandels et al., 2014, Bessec & Fouquau, 2008, Wenz et al., 2017, Apadula et al., 2012, Giannakopoulos & Psiloglou, 2006). Η ολοένα και αυξανόμενη παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ήδη μεταβάλλει την ηλεκτροδότηση σε εποχιακό

επίπεδο αλλά και επίπεδο ωρών, και έτσι πολλές ευρωπαϊκές χώρες έχουν μειώσει αξιοσημείωτα τη ζήτηση ενέργειας, κάποιες μέχρι και 25% (Cassarino et al., 2018).

Σε ένα πολύ μεγάλο ποσοστό η ανάγκη της ηλεκτρικής ενέργειας επηρεάζεται ισχυρά από τις περιβαλλοντικές συνθήκες (Giannakopoulos et al., 2009, Giannakopoulos & Psiloglou, 2006, Cassarino et al., 2018) και η σχέση της ζήτησης και της θερμοκρασίας δεν είναι γραμμική (Bessec & Fouquau, 2008). Η κλιματική αλλαγή και συνεπώς η μεταβολή της διάρκειας των εποχών, έχει τεράστια επίπτωση στο μέγεθος της ζήτησης ενέργειας, καθώς η θερμοκρασιακή ευαισθησία διαφοροποιείται ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος της χώρας και με την τεχνολογία που χρησιμοποιεί, για παράδειγμα για θέρμανση (Sandels et al., 2014, Bessec & Fouquau, 2008). Ανάμεσα στις διάφορες μετεωρολογικές μεταβλητές, συμπεριλαμβανομένου του ανέμου, της ηλιακής ακτινοβολίας ή των δεικτών υγρασίας, η θερμοκρασία δείχνει να έχει την ισχυρότερη συσχέτιση με τη ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας (Cassarino et al., 2018). Η μεταβλητότητα της περιβαλλοντικής θερμοκρασίας είναι στενά συνδεδεμένη με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, της οποίας οι μέγιστες τιμές συσχετίζονται με τις ακραίες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα (Giannakopoulos et al., 2009). Όπως είναι αναμενόμενο, η ανάγκη για θέρμανση αυξάνεται όσο μειώνεται η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, ενώ όσο αυτή αυξάνεται προκύπτει η ανάγκη για κλιματισμό. Αντίστοιχα, όσο μειώνεται η ηλιοφάνεια, τόσο αυξάνεται η ανάγκη για φωτισμό, ενώ όσο μειώνεται η θερμοκρασία της παροχής νερού, κάτι που επηρεάζεται από τη θερμοκρασία του εδάφους σε μια περιοχή, τόσο αυξάνεται η ανάγκη θερμού νερού (Thornton et al., 2016, Psiloglou et al., 2009, Sandels et al., 2014, Apadula et al., 2012). Η μετάβαση κατά τη διάρκεια του έτους για θέρμανση στην ψύξη, ως προς τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, γίνεται σταδιακά, με τη θέρμανση να εκφράζεται με σχεδόν γραμμική μορφή, ενώ η ψύξη μοιάζει περισσότερο με καμπύλη (Cassarino et al., 2018).

Κατά το 2015, οι χώρες με τη μέγιστη υπολειμματική ζήτηση ήταν η Γαλλία, η Γερμανία, το Ηνωμένο Βασίλειο και η Πολωνία που έδειξαν ένα έλλειμμα κατά την εαρινή και φθινοπωρινή περίοδο. Μερικές από τις εξαιρέσεις, αποτελούσαν η Ισπανία και η Ιταλία, οι οποίες έδειξαν πλεόνασμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (Thornton et al., 2016, Psiloglou et al., 2009, Cassarino et al., 2018, Bessec & Fouquau, 2008, Valor et al., 2001). Σε γενικές γραμμές, στην περιοχή της Μεσογείου, κατά τον Ιανουάριο οι μέγιστες τιμές της κατανάλωσης

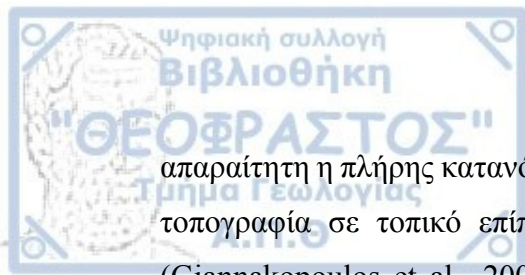
ηλεκτρικής ενέργειας σχετίζονται με τις ελάχιστες θερμοκρασίες που παρατηρούνται, ενώ κατά τη μεταβατική περίοδο Μάρτιο-Απρίλιο, τα επίπεδα κατανάλωσης μένουν σταθερά χαμηλά μέχρι τον Μάιο, όπου η θερμοκρασία συνεχώς αυξάνεται. Από τα μέσα Μαΐου και κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, η κάθε αύξηση της θερμοκρασίας σημαίνει και αύξηση της κατανάλωσης για τα συστήματα κλιματισμού, εκτός από τον Αύγουστο που οι πολίτες πηγαίνουν διακοπές και η ανάγκη για ηλεκτρική ενέργεια πέφτει, ειδικά στις μεγάλες πόλεις της Μεσογείου. Ακολουθεί ακόμα μια μεταβατική περίοδος, από τον Σεπτέμβριο μέχρι τον Οκτώβριο, που η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας είναι σταθερά χαμηλή. Επομένως, στις περιοχές θερμότερου κλίματος, αναμένεται να μειωθεί η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη χειμερινή περίοδο, με αποτέλεσμα την επιμήκυνση των μεταβατικών περιόδων, και να αυξηθεί κατά τη θερινή περίοδο (Valor et al., 2001, Giannakopoulos & Psiloglou, 2006, Giannakopoulos et al., 2009). Επιπλέον, η αυξημένη θερμοκρασία του καλοκαιριού θα οδηγεί, πιθανόν σαν αποτέλεσμα, σε πολύ μεγαλύτερες απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια από ό,τι σήμερα, γεγονός που θα οδηγήσει στην ανάγκη εγκατάστασης επιπλέον παραγωγικής ικανότητας προκειμένου να μπορεί να καλύψει τις ανάγκες της υποκείμενης οικονομικής ανάπτυξης (Giannakopoulos et al., 2009). Οι περιοχές στις οποίες αναμένεται να αυξηθεί η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας είναι κυρίως αυτές της νότιας Μεσογείου, από το Γιβραλτάρ μέχρι τον Λίβανο, η Μέση Ανατολή, η βόρεια Αφρική. Ωστόσο, περιοχές της βόρειας πλευράς της Μεσογείου θα έχουν αυξημένες ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας, όπως είναι η νότια Ιβηρική χερσόνησος, η βόρεια Ιταλία, η βόρεια Ελλάδα και τα Βαλκάνια, καθώς και η νότια Τουρκία (Giannakopoulos et al., 2009).

Πολλές από τις μελέτες της διεθνούς βιβλιογραφίας έχουν συμπεράνει ότι η μεταβολή της διάρκειας των εποχών έχει αξιοσημείωτες επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων και των ζώων. Για παράδειγμα, οι μακροχρόνιες προβλέψεις των εποχιακών αναπνευστικών ιών έχουν βελτιωθεί με τη χρήση της ετήσιας περιοδικότητας των εποχών και παραμέτρων συνοπτικής κλίμακας (Axelsen et al., 2014, Yaari et al., 2013, Zhao et al., 2017, Hochman et al., 2018). Οι ιοί αυτοί αποτελούν την πηγή σημαντικών νοσημάτων και θνησιμότητας των ανθρώπων και των ζώων (Cox & Subbarao, 2000). Άλλες μελέτες έχουν διαπιστώσει ότι υπάρχουν ατράνταχτα στοιχεία που συνδέουν την υποβάθμιση της υγείας των ανθρώπων και των ζώων με τη διάρκεια των εποχών (Aziz-Boaron et al., 2012, Fraenkel et al., 2017). Από την πλευρά του συστήματος υγείας, οι

προβλέψεις του μεγέθους και της χρονικής στιγμής των επερχόμενων επιδημιών μπορούν να βοηθήσουν πολύ στην ανάπτυξη στρατηγικών ελάττωσης αυτών (Yaari et al., 2013). Για παράδειγμα, θερμότερα φθινόπωρα θα έχουν ως αποτέλεσμα την εκτεταμένη δραστηριότητα των κουνουπιών και των κροτώνων (τσιμπουριών) (Dukes et al., 2014). Οι κρότωναes συνεχίζουν να ψάχνουν για γεύματα αίματος το φθινόπωρο, όσο η θερμοκρασία παραμένει πάνω από το κατώφλι δραστηριότητάς τους, έχοντας έτσι τη δυνατότητα να μολύνουν τους ανθρώπους με τη νόσο του Lyme (Hancock et al., 2011). Όταν η έναρξη του χειμώνα καθυστερεί επιτρέπεται η ενίσχυση των πληθυσμών των κουνουπιών αλλά και των ιών που μεταφέρουν (Haines et al., 2000) με αποτέλεσμα, οι λοιμώξεις του ιού του δυτικού Νείλου να επικρατούν σε μεγαλύτερο βαθμό το φθινόπωρο. Επιπρόσθετα, μερικά κουνούπια που φέρουν τον ιό αυτό, είναι γνωστό ότι αποσπούν μεγαλύτερη ποσότητα αίματος για το γεύμα τους από τα θηλαστικά κατά το φθινόπωρο, μετά την αποχώρηση των αποδημητικών πουλιών (Gould & Higgs, 2009)

Σε γενικά πλαίσια, μέχρι τα μέσα του 21^{ου} αιώνα, η κλιματική μεταβολή αναμένεται να επηρεάσει τη δημόσια υγεία κυρίως με την επιδείνωση των προβλημάτων υγείας που ήδη υπάρχουν, παρά με τη δημιουργία νέων. Έτσι, μέσω της κλιματικής αλλαγής αναμένεται να αυξηθούν οι περιπτώσεις των προβλημάτων υγείας σε πολλές περιοχές, ειδικά στις αναπτυσσόμενες χώρες με χαμηλό εισόδημα, σε σύγκριση με το σενάριο όπου η κλιματική αλλαγή δεν υφίσταται. Μέχρι το 2100, ο συνδυασμός της υψηλής θερμοκρασίας και υγρασίας που μπορεί να επικρατήσει μέσα στο έτος σε πολλές περιοχές, αναμένεται να διακινδυνεύσει τις κοινές ανθρώπινες δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένων των καλλιεργειών και της εργασίας σε εξωτερικούς χώρους. Επιπρόσθετα, στις αστικές περιοχές η κλιματική μεταβολή αναμένεται να αυξήσει κινδύνους για τους ανθρώπους, τις οικονομίες και τα οικοσυστήματα. Η θερμική καταπόνηση, οι καταιγίδες και οι ακραίες βροχοπτώσεις, οι πλημμύρες σε ηπειρωτικές και σε παράκτιες περιοχές, οι κατολισθήσεις, η ατμοσφαιρική ρύπανση, η ξηρασία, η έλλειψη νερού, η αύξηση της στάθμης της θάλασσας και τα κύματα καταιγίδων αποτελούν μερικούς από τους κινδύνους αυτούς. Στις περιοχές που δεν υπάρχουν οι απαραίτητες υποδομές και υπηρεσίες οι κίνδυνοι αυτοί θα είναι μεγεθυμένοι (IPCC, 2014).

Προκειμένου να αποκτηθεί μια πραγματικά λεπτομερειακή εικόνα της κλιματικής μεταβολής, της μεταβολής της διάρκειας των εποχών και των επιπτώσεων αυτών, είναι



απαραίτητη η πλήρης κατανόηση των περιοχικών μοντέλων που αντιπροσωπεύουν την τοπογραφία σε τοπικό επίπεδο, και ειδικά τα χαρακτηριστικά των ακτογραμμών (Giannakopoulos et al., 2009). Η γνώση των μοντέλων είναι σπουδαίας σημασίας, ειδικά για τα μοτίβα βροχόπτωσης που ήδη δείχνουν μεγάλη χωρική μεταβλητότητα στο σύγχρονο κλίμα και ειδικά σε περιοχές με μεγάλες τοπογραφικές αντιθέσεις δίπλα στις ακτές (Türkes, 1998, Romero et al., 1999, Xoplaki et al., 2000, Kostopoulou & Jones, 2005).

2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ & ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Δεδομένα

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν ημερήσια δεδομένα ελαχίστων, μέσων και μεγίστων θερμοκρασιών από την βάση δεδομένων του European Climate Assessment & Dataset (ECAD). Το ECAD έχει εισαχθεί από το Ευρωπαϊκό Κλιματολογικό Δίκτυο Υποστήριξης (European Climate Support Network, ECSN) που ανήκει στην EUMETNET (European Meteorological Services Network), έναν οργανισμό που συγκροτείται από 31 Ευρωπαϊκές Εθνικές Μετεωρολογικές Υπηρεσίες που παρέχουν ένα πλαίσιο μέσα στο οποίο συντελείται η οργάνωση συνεργατικών έργων μεταξύ των μελών του οργανισμού, στα διάφορα πεδία βασικών μετεωρολογικών δραστηριοτήτων. Οι δραστηριότητες αυτές συμπεριλαμβάνουν την παρατήρηση συστημάτων, την επεξεργασία δεδομένων, τα βασικά προγνωστικά προϊόντα, την έρευνα και την ανάπτυξη καθώς και την εκπαίδευση (<https://www.ecad.eu/>, <http://eumetnet.eu/>).

Ο στόχος του ECAD είναι ο συνδυασμός των χρονοσειρών ημερήσιων παρατηρήσεων που λαμβάνονται στους μετεωρολογικούς σταθμούς, ο ποιοτικός έλεγχος αυτών, ανάλυση των ακραίων και η διάδοση των ημερήσιων δεδομένων και των αποτελεσμάτων ανάλυσης. Τα δεδομένα προέρχονται από μετεωρολογικούς σταθμούς των Εθνικών Μετεωρολογικών και Υδρολογικών Υπηρεσιών και από σταθμούς που συντηρούνται από παρατηρητήρια και ερευνητικά κέντρα στην Ευρώπη και τη Μεσόγειο. Το ECAD συμπεριλαμβάνει, στο σύνολο των δεδομένων που παρέχει, χρονοσειρές ημερήσιων παρατηρήσεων των μετεωρολογικών σταθμών της Ευρώπης και της Μεσογείου. Μέρος του συνόλου των δεδομένων είναι διαθέσιμο δωρεάν για μη-εμπορική ερευνητική δραστηριότητα και εκπαίδευση. Τα δεδομένα συμπεριλαμβάνουν, επίσης, τα πεδία ημερήσιας θερμοκρασίας, βροχόπτωσης και πίεσης σε πλέγμα ή όχι, καθώς και ένα προκαθορισμένο σύνολο δεδομένων συγκεντρωτικών δεικτών, όπως είναι οι δείκτες των ακραίων φαινομένων (<https://www.ecad.eu/dailydata/index.php>).

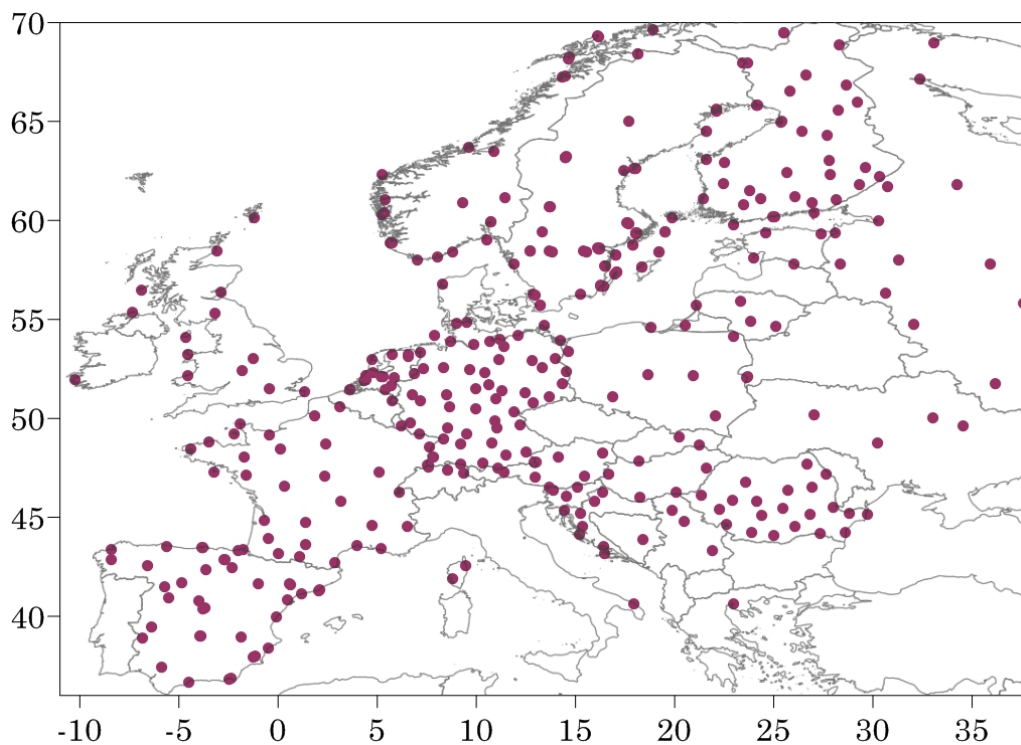
Αρχικά, τα δεδομένα που ελήφθησαν από το ECAD ήταν 7241 χρονοσειρές από 3889 σταθμούς της Ευρώπης για τις μέσες θερμοκρασίες, 4130 σταθμοί και 7870 χρονοσειρές για τις μέγιστες θερμοκρασίες και 4143 σταθμοί και 7954 χρονοσειρές για

τις ελάχιστες. Η διαλογή των σταθμών και των χρονοσειρών τους έγινε βάσει τριών βασικών προϋποθέσεων: α) οι χρονοσειρές έπρεπε να καλύπτουν το χρονικό διάστημα των 57 ετών, από το 1961 μέχρι και το 2017, β) επίσης, να μην εμπεριέχουν κενές ακολουθίες άνω των 10 ημερών και γ) να εμπίπτουν στα πλαίσια γεωγραφικού πλάτους και μήκους που ορίστηκαν για τον ευρωπαϊκό χώρο. Πρέπει να σημειωθεί ότι υπήρχαν σταθμοί με χρονοσειρές που ξεκινούσαν πολύ νωρίτερα από το 1961. Ωστόσο, ήταν σημαντικό να καλυφθούν όσο το δυνατό πιο σύγχρονα έτη και το διάστημα το οποίο επιλέχθηκε ήταν το μεγαλύτερο δυνατό, προκειμένου να συμμετέχουν όσο περισσότεροι σταθμοί ήταν εφικτό.

Το ECAD παρέχει σε ascii αρχεία για κάθε μετεωρολογικό σταθμό παραπάνω από μια, πολλές φορές αλληλοκαλυπτόμενες, χρονοσειρές, ανάλογα με το διάστημα ετών που κάλυπτε η κάθε μία, με αποτέλεσμα τον σχεδόν διπλάσιο αριθμό χρονοσειρών από αυτόν των σταθμών. Συχνά, ο ίδιος μετεωρολογικός σταθμός εμφανιζόταν, με πανομοιότυπη χρονοσειρά, παραπάνω από μια φορές, καθώς είχε ελάχιστα διαφοροποιημένες συντεταγμένες. Για κάθε έναν από τους σταθμούς δεν υπήρχε πληροφορία που να αφορά στα μεταδεδομένα των χρονοσειρών του σταθμού προκειμένου ο εκάστοτε χρήστης να μπορεί να κάνει μια εκτίμηση για τις κενές ακολουθίες που συμπεριλαμβάνονταν στην εκάστοτε χρονοσειρά. Για παράδειγμα, σε ένα αρχείο που αναγράφονται όλες οι χρονοσειρές (όχι οι σταθμοί) που παρέχει το ECAD αναγράφεται η ημερομηνία έναρξης και λήξης της εκάστοτε χρονοσειράς ακόμα και αν όλες οι τιμές της είναι κενές. Όλοι αυτοί οι περιορισμοί δημιούργησαν την ανάγκη δημιουργίας μιας πολύπλοκης σειράς ενεργειών, σε μορφή υπολογιστικού κώδικα, προκειμένου να δημιουργηθούν οι σωστές δομές μεταδεδομένων που θα παρέχουν τη δυνατότητα του πλήρους ελέγχου των χρονοσειρών. Αν και οι προϋποθέσεις που έπρεπε να πληρούν οι χρονοσειρές για να επιλεγούν στην τελική διαλογή ήταν λίγες και απλές, οι περιορισμοί αυτοί είχαν ως αποτέλεσμα τον επαναλαμβανόμενο έλεγχο κάλυψης αυτών, καθώς συνεχώς προέκυπταν τεχνικές αντιξοότητες κάνοντας το έργο μιας απλής ανάγνωσης των δεδομένων όλο και δυσκολότερο. Τελικά, η σύνταξη του καινοτόμου, καθώς δεν υπάρχει κάτι αντίστοιχο για τα κλιματικά δεδομένα που παρέχει το ECAD, υπολογιστικού κώδικα, αποτέλεσε μια δημιουργική και πολυδιάστατα πολύπλοκη πρόκληση προκειμένου να ξεπεραστούν τα εμπόδια και να δημιουργηθεί μια βάση μεταδεδομένων που δίνει τις απαραίτητες, και κατεξοχήν χρήσιμες, πληροφορίες για τις χρονοσειρές που

διανέμονται από τον οργανισμό. Η βάση αυτή εξυπηρετεί απόλυτα της ανάγκες της παρούσας εργασίας και μπορεί να αποτελέσει ένα υποδειγματικό εργαλείο για περαιτέρω μελέτες που θα γίνουν με τα δεδομένα του ECAD. Η χρήση του εργαλείου αυτού είναι εξαιρετικά ωφέλιμη για τη διαχείριση μεγάλων χρονοσειρών οποιασδήποτε μετεωρολογικής μεταβλητής με κενά ημερών, μηνών και ετών, καθώς δίνει στον χρήστη τη δυνατότητα της επίβλεψης και γνώσης εις βάθος των χρονοσειρών που μελετά, επιτρέποντάς του να τις επεξεργαστεί και να τις τροποποιήσει αναλόγως.

Προκειμένου, να ικανοποιούνται οι προϋποθέσεις συνέχειας των χρονοσειρών της παρούσας μελέτης, πραγματοποιήθηκε διαλογή, τελικά, 367 σταθμών μέσα από τον έλεγχο και την ανάλυσή τους (Σχήμα 1). Η διαδικασία έγκρισης ή απόρριψης των χρονοσειρών πραγματοποιήθηκε μέσω πρωτογενούς κώδικα που συντάχθηκε στο προγραμματιστικό περιβάλλον του Matlab αποκλειστικά για τη μελέτη αυτή και μέσω του προγράμματος Surfer που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία των τελικών χαρτών. Ουσιαστικά, πρόκειται για αναλυτικά λεπτομερειακό οδηγό που ελέγχει ποσοτικά τη συνέχεια και τις διακοπές των χρονοσειρών, δίνοντας στον χρήστη τη δυνατότητα να διεξάγει πλήρη έλεγχο των δεδομένων, σχετικά με τα κενά που υπάρχουν.



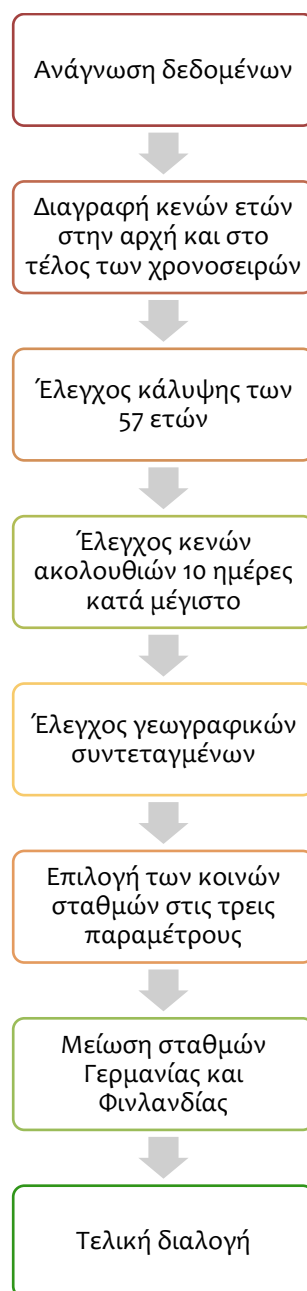
Σχήμα 1: Η τελική διαλογή των 367 σταθμών για το χρονικό διάστημα 1961-2017.

2.2 Μεθοδολογία

2.2.1 Επιλογή Σταθμών

Όπως προαναφέρθηκε, η ανάγνωση, ο έλεγχος, η ανάλυση και η επεξεργασία των χρονοσειρών καθώς και η εξαγωγή των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης πραγματοποιήθηκε μέσω του πρωτογενούς κώδικα που συντάχθηκε στο προγραμματιστικό περιβάλλον του Matlab. Όλη η διαδικασία διεξάγεται μέσα από 10 υπολογιστικούς κώδικες (m-files), 1013 γραμμών κώδικα στο σύνολο, που συμπεριλαμβάνουν την ανάγνωση των δεδομένων, τον έλεγχο των κενών των χρονοσειρών σε επίπεδο ημερών, μηνών και ετών, τον διαχωρισμό και τελικά τη διαλογή των σταθμών με μέγιστης χρονικής διάρκειας κενά που φτάνουν μέχρι 10 συνεχόμενες ημέρες μέσα στο χρονικό διάστημα 1961-2017. Επιπρόσθετα, πραγματοποιείται η περικοπή του χάρτη στις συντεταγμένες που αφορούν στην παρούσα εργασία, η μείωση των πολυάριθμων σταθμών που ικανοποιούσαν τις προϋποθέσεις της διαλογής της Γερμανίας και της Φινλανδίας, η κάλυψη των, κατά μέγιστο, δεκαήμερων κενών των χρονοσειρών, η εύρεση τάσης και στατιστικής σημαντικότητας και η προετοιμασία των δεδομένων για τη δημιουργία χαρτών μέσω του Surfer. Τέλος, στους τέσσερις τελευταίους υπολογιστικούς κώδικες υπολογίζεται ο ετήσιος και εποχιακός μέσος όρος των πενταημέρων του κάθε σταθμού, ο ετήσιος και εποχιακός μέσος όρος όλων των επιλεγμένων σταθμών της κάθε χώρας, καθώς και η τάση τους και η στατιστική σημαντικότητα αυτής, ο ετήσιος και εποχιακός μέσος όρος όλων των σταθμών για όλη την περίοδο των 57 ετών, καθώς και τα ποσοστά της κυρίαρχης τάσης για κάθε χώρα για κάθε πενταήμερο. Όλες οι διαδικασίες που λάβαν χώρα, διεξήχθησαν ξεχωριστά για τις ελάχιστες, τις μέσες και τις μέγιστες ημερήσιες θερμοκρασίες.

Στον πρώτο υπολογιστικό κώδικα που συντάχθηκε, και μετά την ανάγνωση των δεδομένων γίνεται αρχικά η διαλογή των σταθμών που η χρονοσειρά τους ξεκινά από το 1961 και τελειώνει το 2017. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν έχουν την τιμή -9999 στο σημείο όπου δεν υπάρχει μέτρηση της συγκεκριμένη ημέρα. Οι σταθμοί αυτοί εισέρχονται σε έναν πίνακα, ο οποίος στο τέλος του σχηματισμού του θα εμπεριέχει τις χρονοσειρές που πληρούν τις απαιτούμενες προϋποθέσεις, δηλαδή να μην έχουν κενές ακολουθίες που διαρκούν παραπάνω από 10 ημέρες, και να έχουν τιμές από το 1961 μέχρι και το 2017. Σαν επόμενο βήμα, πραγματοποιείται η διαγραφή των κενών ετών



Σχήμα 2: Διάγραμμα ροής με τις ενέργειες που πραγματοποιήθηκαν προκειμένου να γίνει η διαλογή των σταθμών.

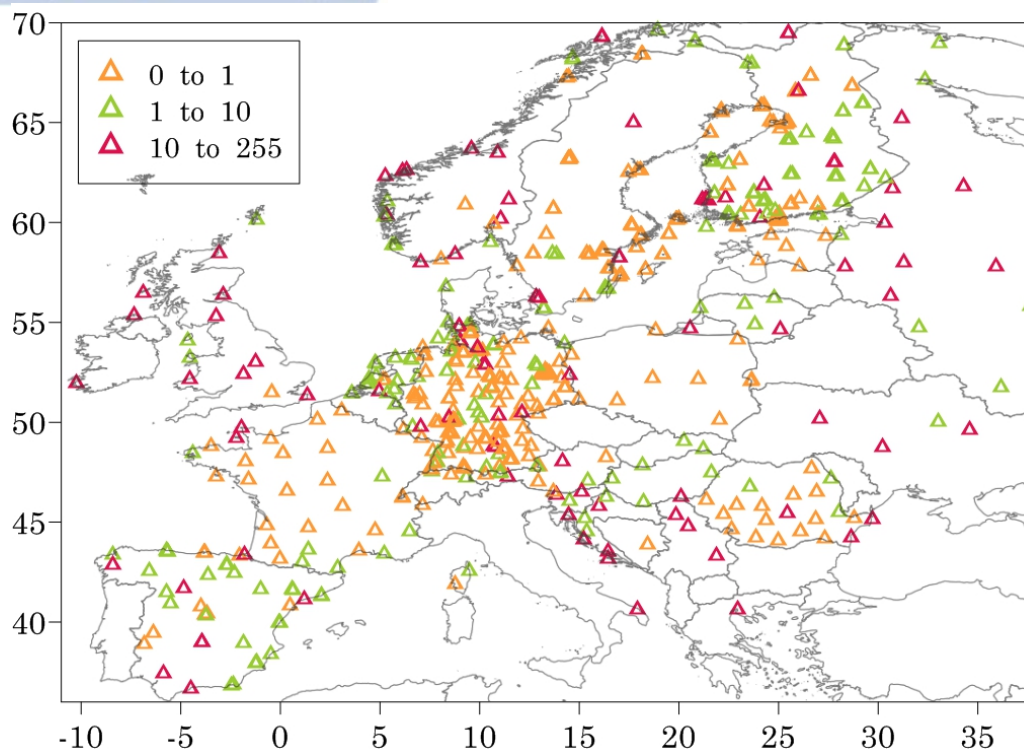
που βρίσκονται στην αρχή και το τέλος των χρονοσειρών για να είναι ξεκάθαρη η πραγματική διάρκειά τους και να ελεγχθούν για το αν θα συμπεριληφθούν στην τελική επιλογή σταθμών ή όχι. Κάπου εδώ, ο πίνακας με την, μέχρι τώρα, διαλογή των σταθμών εμπεριέχει όλους τους σταθμούς που η χρονοσειρά τους ξεκινά το 1961 και λήγει το 2017, με όσα κενά έχει η κάθε χρονοσειρά.

Στα επόμενα βήματα δημιουργείται ένας τρισδιάστατος πίνακας που συμπεριλαμβάνει τον κάθε σταθμό, τις πληροφορίες και τα χαρακτηριστικά του, όπως είναι οι ημερομηνίες αρχής και τέλους των παρατηρήσεων, ο αριθμός των κενών ακολουθιών κ.λπ., και που θα εμπεριέχει για κάθε σταθμό έναν πίνακα ο οποίος θα έχει λεπτομερώς σε κάθε γραμμή την κάθε κενή ακολουθία, από ποια ημέρα ξεκινά και σε ποια τελειώνει, τον δείκτη της έναρξης της κενής ακολουθίας και τον δείκτη του τέλους, καθώς επίσης και το σύνολο των κενών ημερών, μηνών ή και ετών της κάθε ακολουθίας.

Προκειμένου να γίνει η επιλογή των χρονοσειρών που πληρούν την προϋπόθεση της μέγιστης διάρκειας κάθε κενής ακολουθίας, που στην περίπτωση της παρούσας μελέτης είναι 10 ημέρες, ο πίνακας τελικά θα εμπεριέχει σαν πληροφορία για τον κάθε σταθμό το σύνολο των κενών ακολουθιών που υπερβαίνει το ορισμένο κατώφλι και το σύνολο των κενών ημερών, μηνών και ετών. Ο τρισδιάστατος αυτός πίνακας αποτελεί τη λεπτομερή αναφορά του κώδικα για τους σταθμούς και τις χρονοσειρές τους σχετικά με τα κενά διαστήματα που παρουσιάζονται στις παρατηρήσεις. Στην περίπτωση που οι χρονοσειρές είναι πολυάριθμες και ο χρήστης δεν δύναται να ελέγξει την κάθε μια από αυτές χειροκίνητα, όπως στην παρούσα εργασία, ένας τέτοιος πίνακας είναι σχετικά δυσανάγνωστος και απαιτεί κάποιες στοιχειώδεις γνώσεις προγραμματισμού για να λάβει ο χρήστης μια γενική εικόνα, προκειμένου να μπορεί να τον αναλύσει και να βγάλει σαφή συμπεράσματα. Σε περίπτωση, όμως που οι χρονοσειρές υπό μελέτη είναι λίγες, ο πίνακας αυτός αρκεί σαν ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τον σχηματισμό της γενικής εικόνας των κενών ακολουθιών.

Βάσει του πίνακα ελέγχου των κενών που δημιουργήθηκε γίνεται πλέον εφικτή η επιλογή των σταθμών που πληρούν τις προϋποθέσεις και πραγματοποιείται η εισχώρησή τους στον πίνακα των τελικών επιλογών, μαζί με όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που τους διέπει (δείκτης, ημερομηνία έναρξης, ημερομηνία λήξης, αριθμός ετών που καλύπτει η χρονοσειρά, τον αριθμό κενών ημερών, τον αριθμό κενών μηνών, τον αριθμό κενών ετών, τον αριθμό κενών ακολουθιών μεγαλύτερων των 10 ημερών, το όνομα του σταθμού, το γεωγραφικό πλάτος, το γεωγραφικό μήκος και το υψόμετρο). Δεδομένου ότι ο πίνακας αυτός εμπεριέχει μέσα μόνο τις χρονοσειρές που δεν παρουσιάζουν κενές ακολουθίες μεγαλύτερες των 10 ημερών, γίνεται κατανοητό ότι κάποιες από τις στήλες που μόλις αναφέρθηκαν θα περιέχουν μόνο μηδενικές τιμές. Αυτό πραγματοποιήθηκε για τον έλεγχο της επιτυχίας της διαδικασίας. Σε αυτό το

σημείο οι επιλεγμένες χρονοσειρές είχαν ήδη περιοριστεί στις 652 για τις ελάχιστες ημερήσιες θερμοκρασίες, 589 για τις μέσες (Σχήμα 3) και 641 για τις μέγιστες.



Σχήμα 3: Οι σταθμοί της Ευρώπης με μέγιστη κενή ακολουθία τις 10 ημέρες και με χρονοσειρά που καλύπτει το διάστημα 1961-2017 για τις μέσες θερμοκρασίες. Με τα χρώματα αναπαρίσταται το συνολικό πλήθος κενών ημερών του κάθε σταθμού.

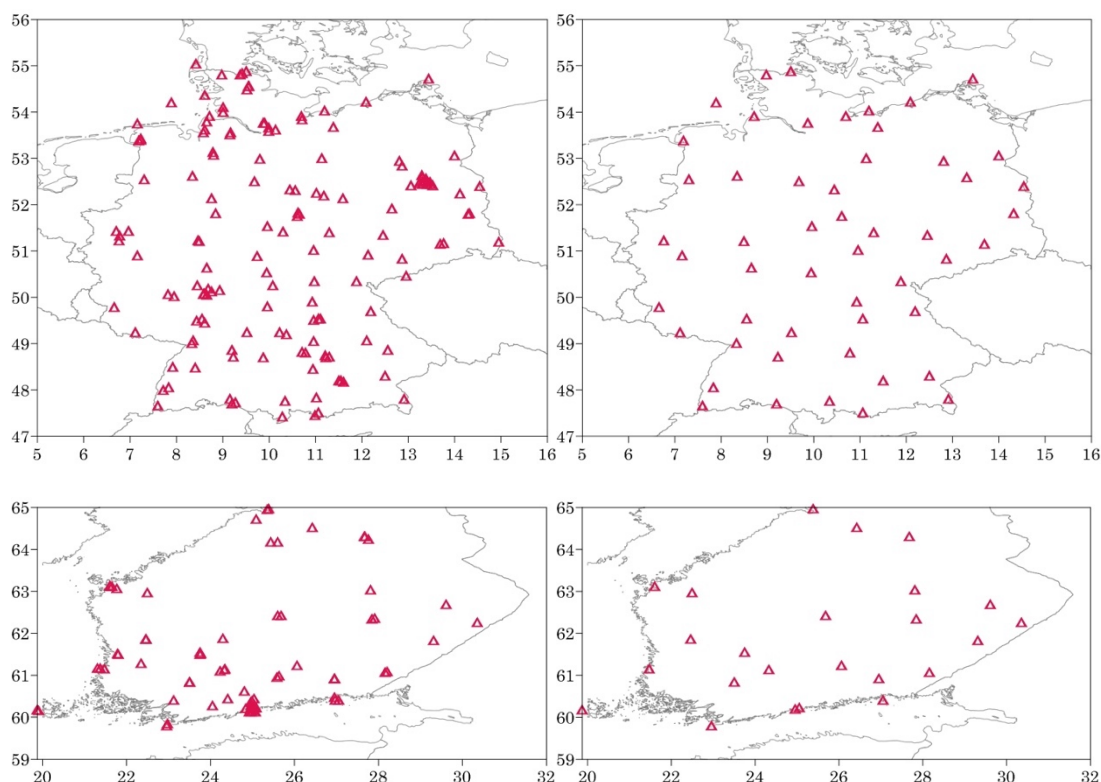
Στον επόμενο υπολογιστικό κώδικα, πραγματοποιήθηκε η περικοπή του χάρτη μέσα στο πολύγωνο ενδιαφέροντος. Εδώ, χρησιμοποιήθηκε ένας άλλος βοηθητικός κώδικας που συντάχθηκε προκειμένου να γίνει η μετατροπή των γεωγραφικών συντεταγμένων από μοίρες, λεπτά και δεύτερα, σε μοίρες ως δεκαδικός αριθμός που είναι η μορφή συντεταγμένων που δέχεται το Surfer. Το μέγιστο γεωγραφικό πλάτος των χαρτών που χρησιμοποιήθηκε είναι οι 70° και το μέγιστο γεωγραφικό μήκος είναι οι 40° ενώ το ελάχιστο γεωγραφικό πλάτος που ορίστηκε ήταν 35° και το ελάχιστο γεωγραφικό μήκος -15°. Όλοι οι σταθμοί που δεν συμπεριλαμβάνονταν στο πολύγωνο αυτό αποκλείστηκαν από την τελική επιλογή. Ταυτοχρόνως, διαγράφηκαν οι σταθμοί που δεν ήταν κοινή επιλογή και στις τρεις περιπτώσεις, των ελαχίστων, μέσων και μεγίστων θερμοκρασιών. Έτσι μείνανε 523 χρονοσειρές για τις ελάχιστες, τις μέσες και τις μέγιστες θερμοκρασίες.

Στους δύο επόμενους υπολογιστικούς κώδικες μειώθηκαν οι πολυάριθμοι σταθμοί της Γερμανίας και της Φινλανδίας, καθώς ξεπερνούσαν κατά πολύ το σύνολο των σταθμών των υπολοίπων ευρωπαϊκών χωρών. Πρώτα ήταν απαραίτητη η απομόνωση των Γερμανικών και Φινλανδικών σταθμών και έπειτα ελέγχθηκαν τα μικρότερα και μεγαλύτερα γεωγραφικά μήκη και πλάτη των δύο χωρών. Στη συνέχεια, έγινε υποδιαίρεση της χώρας σε υποπεριοχές των γεωγραφικών πλατών και γεωγραφικών μηκών. Συγκεκριμένα, για τα γεωγραφικά πλάτη οι υποπεριοχές ορίστηκαν ως η αφαίρεση του ελάχιστου γεωγραφικού πλάτους από το μέγιστο συν 1 ενώ για τα γεωγραφικά μήκη οι υποπεριοχές ορίστηκαν ως η αφαίρεση του ελάχιστου μήκους από το μέγιστο μείον 3. Οι πράξεις αυτές αποφασίστηκαν μετά από πειραματικές απόπειρες με σκοπό το πιο αντιπροσωπευτικό αποτέλεσμα σχετικά με τους σταθμούς που απέμεναν μετά την αφαίρεση. Μετά την υποδιαίρεση των περιοχών, πραγματοποιήθηκε ταξινόμηση των σταθμών ανά γεωγραφικό πλάτος και διαχωρισμός αυτών σε ομάδες ανάλογα με το ακέραιο μέρος του γεωγραφικού πλάτους (Σχήμα 4). Στη συνέχεια, οι ομάδες αυτές ταξινομήθηκαν βάσει γεωγραφικού μήκους, και ο σταθμός που προσέγγιζε περισσότερο τη διάμεσο των ταξινομημένων, κατά γεωγραφικό μήκος πια, τιμών που είχαν ίδιο ακέραιο, ήταν ο σταθμός που θα επιλεγόταν για την τελική διαλογή, ενώ οι υπόλοιποι σταθμοί διαγράφηκαν. Μετά τη μείωση των σταθμών της Γερμανίας οι σταθμοί που απέμειναν ήταν 425 και μετά από τη μείωση των σταθμών της Φινλανδίας οι σταθμοί τελικά ήταν 367. Αυτή ήταν και η τελευταία διαδικασία που ακολουθήθηκε ως προς τη διαλογή των σταθμών. Ακολουθεί η επεξεργασία και η στατιστική ανάλυση των θερμοκρασιών για το χρονικό διάστημα 1961-2017 (Σχήμα 5).

2.2.2 Στατιστική Ανάλυση

Στη συνέχεια, οι κενές ακολουθίες που ήταν κατά μέγιστο 10 συνεχόμενες ημέρες, έπρεπε να αντικατασταθούν με τιμές, προκειμένου η στατιστική ανάλυση που ακολουθεί να βασίζεται σε όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικό, στην πραγματικότητα, δείγμα. Οι τιμές με τις οποίες αντικαταστάθηκαν οι κενές ημέρες υπολογίστηκαν από τον μέσο όρο των τιμών θερμοκρασιών από όλα τα υπόλοιπα έτη για τη συγκεκριμένη ημέρα. Σαν επόμενο βήμα, το κάθε έτος χωρίστηκε σε 73 πενταήμερα και βρέθηκε μία τιμή θερμοκρασίας για κάθε ένα από αυτά, η οποία προέκυψε από τον μέσο όρο των ημερήσιων θερμοκρασιών. Οι μέσοι όροι χρησιμοποιήθηκαν για τον απώτερο σκοπό της εργασίας αυτής που είναι ο

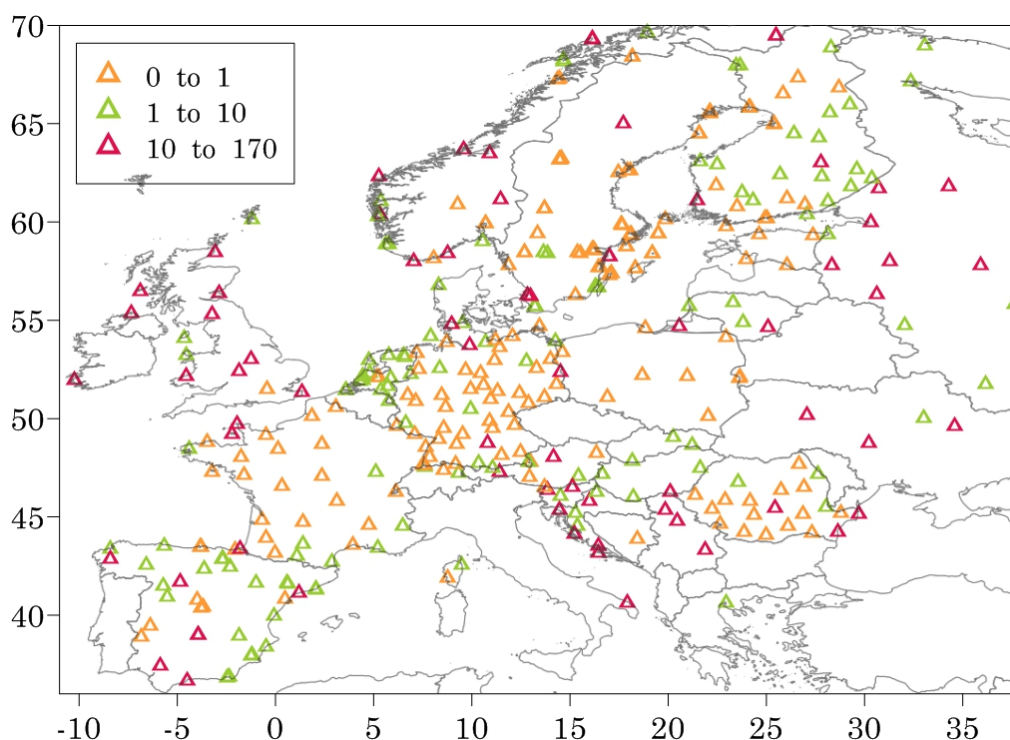
υπολογισμός μιας τιμής μέσου όρου, του κάθε πενταημέρου για όλα τα έτη της περιόδου που εξετάστηκε προκειμένου να βρεθούν οι ανωμαλίες θερμοκρασίας για κάθε πενταήμερο. Ακολούθησε ο υπολογισμός του μέσου όρου της περιόδου αναφοράς για κάθε έναν από τους σταθμούς που αφορά στην περίοδο 1971-2000. Ο μέσος όρος υπολογίστηκε σε πενταήμερα, έτσι ώστε το κάθε πενταήμερο της εαρινής και φθινοπωρινής περιόδου σε κάθε σταθμό να έχει μια μέση τιμή που εκπροσωπεί την περίοδο αναφοράς.



Σχήμα 4: Οι σταθμοί της Γερμανίας και της νότιας Φινλανδίας πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) τη μείωσή τους.

Απομονώθηκαν τα πενταήμερα της εαρινής και φθινοπωρινής περιόδου και τέλος υπολογίστηκε η ανωμαλία, μέσω της αφαίρεσης του μέσου όρου του κάθε πενταημέρου του εκάστοτε σταθμού από τον μέσο όρο του πενταημέρου της περιόδου αναφοράς. Δημιουργήθηκαν πίνακες που εμπεριέχουν τους μέσους όρους για όλα τα πενταήμερα της άνοιξης και όλα τα πενταήμερα του φθινοπώρου. Έτσι, στον τρισδιάστατο πίνακα με την τελική επιλογή των σταθμών προστίθεται μια στήλη που για κάθε γραμμή (σταθμό) εμπεριέχει έναν πίνακα με τις πληροφορίες όλων των πενταημέρων του έτους (μέσος όρος, έτος, μήνας, ημέρα έναρξης πενταημέρου, ημέρα λήξης πενταημέρου,

αριθμός πενταήμερου μέσα στο έτος, και η ανωμαλία των θερμοκρασιών), μια στήλη για κάθε σταθμό που εμπεριέχει τις πληροφορίες της περιόδου αναφοράς, καθώς και ένα ακόμα κελί για κάθε σταθμό που εμπεριέχει πίνακα μόνο με τα εαρινά και φθινοπωρινά πενταήμερα και τις ανωμαλίες τους. Ας σημειωθεί, ότι κατά τα δέκα έτη ένα από τα πενταήμερα, το τελευταίο του Φεβρουαρίου, αποτελείται τελικά από έξι ημέρες για να μην υπάρξει σύγχυση.



Σχήμα 5: Η τελική διαλογή των σταθμών της Ευρώπης οι οποίοι καλύπτουν τις προϋποθέσεις. Τα χρώματα συμβολίζουν το συνολικό πλήθος των κενών ημερών.

Στον 6^ο υπολογιστικό κώδικα, τα πενταήμερα που αφορούν στην παρούσα μελέτη απομονώνονται για να διαχωριστούν οι εαρινές και οι φθινοπωρινές ανωμαλίες αυτών από το υπόλοιπο έτος. Σε αυτό το σημείο υπολογίστηκε η τάση του εκάστοτε πενταήμερου, ξεχωριστά για την εαρινή και φθινοπωρινή περίοδο, μέσω της παραμετρικής μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων καθώς και η στατιστική σημαντικότητα αυτής με τον υπολογισμό της p-value μέσω της εφαρμογής της μεθόδου Kendall-Tau.

Η μέθοδος Kendall-Tau αποτελεί μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδο για τον υπολογισμό της στατιστικής σημαντικότητας των τάσεων καθώς είναι μια ισχυρή και ανθεκτική εναλλακτική της συμβατικής, επίσης ευρέως χρησιμοποιούμενης, μεθόδου Pearson. Ο συντελεστής συσχέτισης τ του Kendall υπολογίζεται βάσει των σχέσεων ανάμεσα σε όλα τα πιθανά ζεύγη των δεδομένων (x_i, y_i) των οποίων το πλήθος είναι

$n(n-1)/2$ δεδομένου ότι το δείγμα είναι μεγέθους n . Πιο αναλυτικά, υπολογίζεται το πλήθος N_C των ζευγών των οποίων τα μέλη x και y είναι αριθμοί μεγαλύτεροι από τα αντίστοιχα μέλη άλλων ζευγών και το πλήθος N_D των ζευγών που ένα από τα μέλη είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο άλλο μέλος. Ο συντελεστής συσχέτισης αποτελεί τον λόγο με αριθμητή την αφαίρεση των δύο πληθών προς το πλήθος των πιθανών ζευγών $n(n-1)/2$ όπως φαίνεται παρακάτω (Wilks, 2011):

$$\tau = \frac{N_C - N_D}{n(n-1)/2}$$

Τέλος, σε αυτόν τον υπολογιστικό κώδικα έγινε η δημιουργία πίνακα, εαρινών και φθινοπωρινών πενταημέρων, που συμπεριλαμβάνουν για κάθε στήλη (πενταήμερο) και για κάθε γραμμή (σταθμός) την τάση που αντιστοιχεί, καθώς και ένας ακόμα αντίστοιχος πίνακας με τη στατιστική σημαντικότητα των τάσεων που υπολογίστηκαν. Αυτοί οι πίνακες χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία χαρτών στο περιβάλλον του Surfer.

Οι τέσσερις τελευταίοι υπολογιστικοί κώδικες συντάχθηκαν προκειμένου να γίνει η κατάλληλη προετοιμασία των δεδομένων για την παραγωγή και τη σχεδίαση πινάκων, γραφημάτων και χαρτών που βοηθούν στη συνοπτική απεικόνιση των αποτελεσμάτων που βρέθηκαν. Ο 7^{ος} υπολογιστικός κώδικας, υπολογίζει τον μέσο όρο των μέσων, μεγίστων και ελαχίστων θερμοκρασιών για όλα τα έτη μελέτης για κάθε σταθμό. Αυτός ο υπολογισμός πραγματοποιήθηκε σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο δημιουργώντας πίνακες οι οποίοι εμπεριέχουν τους μέσους όρους των θερμοκρασιών του κάθε σταθμού ετησίως και για κάθε εποχή. Οι πίνακες αυτοί χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία 15 χαρτών στο περιβάλλον του Surfer, 5 για κάθε μεταβλητή θερμοκρασίας, οι οποίοι σκιαγραφούν τους μέσους όρους που υπολογίστηκαν για την περίοδο 1961-2017.

Στον 8^ο υπολογιστικό κώδικα βρέθηκε ο μέσος όρος των σταθμών της κάθε χώρας για κάθε μεταβλητή θερμοκρασίας, σε ετήσια και εποχιακή βάση, για όλα τα χρόνια μελέτης με απώτερο σκοπό την εύρεση τάσης της καμπύλης που δημιουργείται για κάθε χώρα και τη στατιστική σημαντικότητα αυτής. Για να επιτευχθεί αυτό δημιουργήθηκε τρισδιάστατος πίνακας οποίος στην πρώτη στήλη εμπεριέχει τις χώρες, στη δεύτερη στήλη φιλοξενούνται οι πίνακες με τις τιμές θερμοκρασίας όλων των

σταθμών της χώρας, στην τρίτη στήλη περιέχονται πίνακες με τους μέσους όρους όλων των σταθμών της κάθε χώρας για κάθε έτος, ενώ στην τέταρτη στήλη υπολογίζονται οι τιμές της τάσης και της στατιστικής σημαντικότητας με τη χρήση της γραμμικής παλινδρόμησης και της μεθόδου Kendall-Tau αντίστοιχα. Οι τρεις τελευταίες στήλες πινάκων επαναλαμβάνονται 4 ακόμα φορές για την κάθε εποχή. Οι στήλες με την τάση και τη στατιστική σημαντικότητα, μεταφέρθηκαν έπειτα στο Excel, προκειμένου να δημιουργηθούν 5 πίνακες, οι οποίοι παρουσιάζουν ανά χώρα την τάση της πορείας και τη στατιστική σημαντικότητα αυτής για τη μέση, μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία. Ο τρόπος με τον οποίο εκφράζεται η τάση και η στατιστική σημαντικότητα των θερμοκρασιών για κάθε χώρα επιλέχθηκε να είναι χρωματικός, με δύο αποχρώσεις του κόκκινου και δύο του μπλε, συμβολίζοντας έτσι τους 4 συνδυασμούς που μπορεί να προκύψουν (στατιστικά σημαντική ανοδική τάση, στατιστικά σημαντική καθοδική τάση, μη στατιστικά σημαντική ανοδική τάση, μη στατιστικά σημαντική καθοδική τάση).

Μέσω του 9^{ου} υπολογιστικού κώδικα υπολογίστηκε ο ετήσιος και εποχιακός μέσος όρος των ανωμαλιών όλων των σταθμών, σε ευρωπαϊκό επίπεδο, για κάθε έτος και μεταβλητή θερμοκρασίας με τελικό προϊόν τη σχεδίαση γραφημάτων. Δημιουργήθηκε τρισδιάστατος πίνακας στο περιβάλλον του Matlab στο οποίο υπολογίστηκε για κάθε έτος ο μέσος όρος όλων των σταθμών ετησίως και εποχιακά και ο οποίος μεταφέρθηκε στο Excel προκειμένου να δημιουργηθούν 15 γραφήματα, 5 για κάθε μεταβλητή. Τα γραφήματα αυτά δείχνουν την απόκλιση των θερμοκρασιών των σταθμών από τον μέσο όρο της περιόδου αναφοράς για το κάθε έτος.

Στον 10^ο, και τελευταίο, υπολογιστικό κώδικα πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός των ποσοστών των ανοδικών και καθοδικών τάσεων των σταθμών ανά χώρα. Ο τρισδιάστατος πίνακας που δημιουργήθηκε έχει σαν πρώτη στήλη τις χώρες, στη δεύτερη στήλη υπάρχει πίνακας με τις τάσεις των πενταημέρων της άνοιξης των σταθμών της εκάστοτε χώρας, στην τρίτη έχει πίνακα με τις τάσεις των πενταημέρων του φθινοπώρου των σταθμών της εκάστοτε χώρας ενώ στις τελευταίες δύο στήλες υπολογίστηκαν τα ποσοστά των ανοδικών και καθοδικών τάσεων σε κάθε πενταήμερο ανά χώρα. Οι δύο τελευταίες στήλες του τρισδιάστατου πίνακα μεταφέρθηκαν στο Excel προκειμένου να σχηματιστεί πίνακας που με μπλε και κόκκινο χρώμα συμβολίζει τα κυρίαρχα ποσοστά των τάσεων στην εκάστοτε χώρα και πενταήμερο, καθώς και το ποσοστό αυτό.

Με τη βοήθεια του Excel έγινε η απαραίτητη προετοιμασία των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στο Surfer προκειμένου να δημιουργηθούν χάρτες, για κάθε πενταήμερο. Τα δεδομένα αυτά συμπεριλαμβάνουν τις τάσεις των σταθμών για τη διάρκεια των 57 ετών, και τη στατιστική σημαντικότητα σκιαγραφημένη. Έτσι, δημιουργήθηκαν 19 χάρτες για την εαρινή περίοδο και 18 χάρτες για τη φθινοπωρινή, για τις μέσες, ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες, συνολικά 111 χάρτες. Στους χάρτες αυτούς με μπλε βέλη συμβολίζονται οι καθοδικές τάσεις των ευρωπαϊκών σταθμών και με κόκκινα βέλη οι ανοδικές τάσεις, ενώ είναι σκιαγραφημένες οι περιοχές που έχουν στατιστικά σημαντικές τάσεις με γκρι χρώμα.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αρχικά, δημιουργήθηκαν χάρτες που παρουσιάζουν σε ετήσια και εποχιακή βάση τον μέσο όρο των μέσων, μεγίστων και ελαχίστων θερμοκρασιών των σταθμών για τα 57 εξεταζόμενα έτη της παρούσας εργασίας. Οι χάρτες εκφράζουν τους μέσους όρους των σταθμών με σκιαγράφηση που απεικονίζουν με μπλε χρώμα τους χαμηλούς μέσους όρους θερμοκρασιών, με κόκκινο χρώμα τους υψηλούς μέσους όρους θερμοκρασιών και με μωβ χρώμα τις ενδιάμεσες τιμές μέσων όρων. Δημιουργήθηκαν συνολικά 15 χάρτες, 5 για κάθε μεταβλητή θερμοκρασίας, του ετήσιου και των τεσσάρων εποχιακών μέσων όρων.

Έπειτα, παρουσιάζονται πίνακες, σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο, στους οποίους καταγράφεται η τάση της πορείας των μέσων, μεγίστων και ελαχίστων θερμοκρασιών, και η στατιστική σημαντικότητα αυτής, ανά χώρα για τα 57 έτη που μελετώνται. Αρχικά, υπολογίστηκε ο ετήσιος και εποχιακός μέσος όρος όλων των σταθμών της κάθε χώρας ανά έτος και έπειτα, βάσει της τάσης της ευθείας παλινδρόμησης και της μεθόδου Kendall-Tau, υπολογίστηκε η τάση και η στατιστική σημαντικότητα, αντίστοιχα, της χρονοσειράς της κάθε χώρας. Προκειμένου να εκφραστούν οι συνδυασμοί των δύο αυτών μεταβλητών στους πίνακες επιλέχθηκαν τέσσερα χρώματα, δύο αποχρώσεις του μπλε και δύο αποχρώσεις του κόκκινου, για κάθε χώρα. Οι πίνακες είναι συνολικά 5 καλύπτοντας έτσι τις τάσεις σε ετήσια και εποχιακή βάση.

Ακόμη, δημιουργήθηκαν γραφήματα που παρουσιάζουν την πορεία των ανωμαλιών της θερμοκρασίας σε πανευρωπαϊκό επίπεδο σε ετήσια και εποχιακή βάση. Υπολογίζοντας έναν μέσο όρο των ανωμαλιών των σταθμών της Ευρώπης για κάθε έτος, ετησίως και εποχιακώς, σε σχέση με την περίοδο αναφοράς, τα γραφήματα αυτά αναδεικνύουν την απόκλιση των θερμοκρασιών από τον μέσο όρο κατά την πάροδο του χρόνου.

Όπως προαναφέρθηκε, λήφθηκαν οι μέσοι όροι των ελαχίστων, οι μέσοι όροι των μεγίστων και οι μέσοι όροι των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών, για 367 σταθμούς Ευρωπαϊκών χωρών και εξ' αυτών υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι για κάθε πεντάημερο. Βάσει των μέσων όρων για το κάθε πεντάημερο, υπολογίστηκε η ανωμαλία των θερμοκρασιών, με την αφαίρεσή τους από τον μέσο όρο της περιόδου αναφοράς (1971-2000), και στη συνέχεια, υπολογίστηκε η τάση για τις ανωμαλίες του εκάστοτε

πενταμέρου κατά τη διάρκεια των 57 ετών μελέτης, παράλληλα με τη στατιστική σημαντικότητα αυτών, για την εαρινή και φθινοπωρινή περίοδο της ελάχιστης, της μέσης και της μέγιστης θερμοκρασίας. Η εαρινή περίοδος διαρκεί από το 12^ο μέχρι και το 30^ο πενταήμερο του έτους που ανήκουν στους εαρινούς μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο, ενώ η φθινοπωρινή από το 49^ο μέχρι και το 66^ο που συμπεριλαμβάνονται στους μήνες Σεπτέμβριο, Οκτώβριο και Νοέμβριο. Τέλος, δημιουργήθηκαν πίνακες οι οποίοι παρουσιάζουν για κάθε χώρα τα ποσοστά της κυρίαρχης τάσης η οποία επικρατεί στο εκάστοτε εαρινό ή φθινοπωρινό πενταήμερο.

Οι χάρτες των αποτελεσμάτων παρουσιάζουν τον ευρωπαϊκό χώρο για κάθε ένα από τα πενταήμερα του φθινοπώρου και της άνοιξης και τους σταθμούς των χωρών για τις οποίες πραγματοποιήθηκε η παρούσα μελέτη. Οι σταθμοί εμφανίζονται με μπλε ή κόκκινο βέλος, που υποδεικνύει την καθοδική ή ανοδική τάση του συγκεκριμένου σταθμού και πενταμέρου κατά τα 57 έτη της μελέτης, καθώς και τη στατιστική σημαντικότητα αυτών που απεικονίζεται με τη σκιαγράφιση των σταθμών.

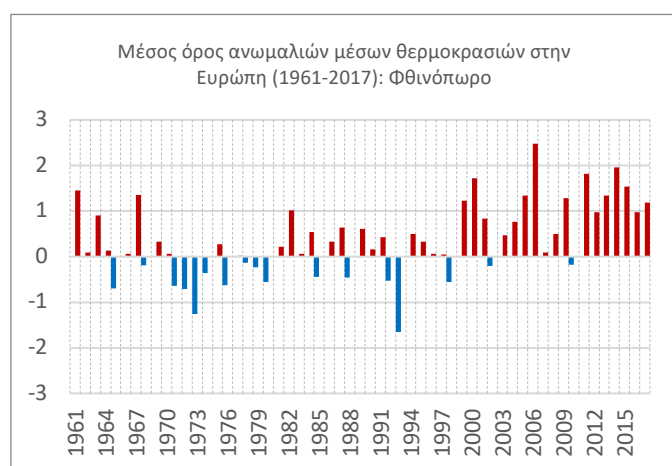
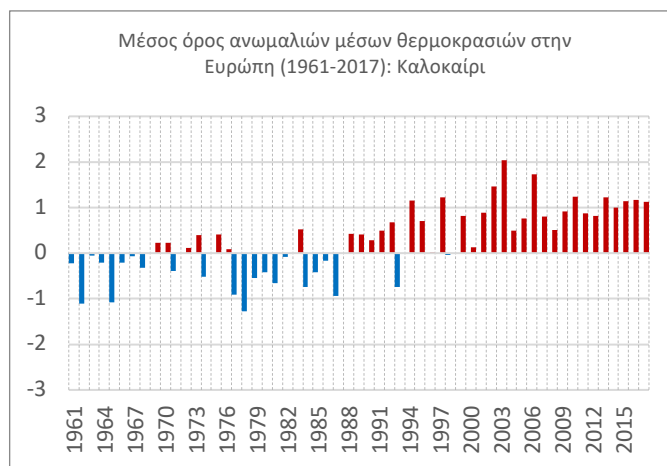
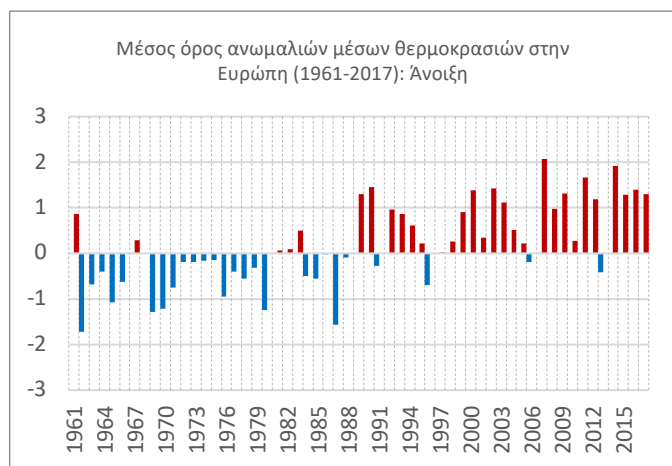
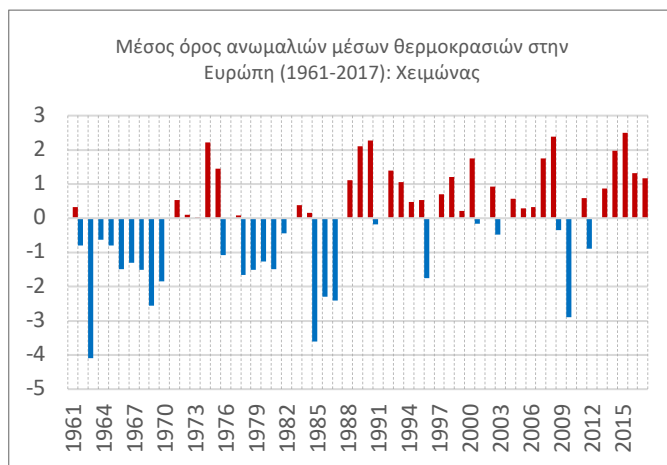
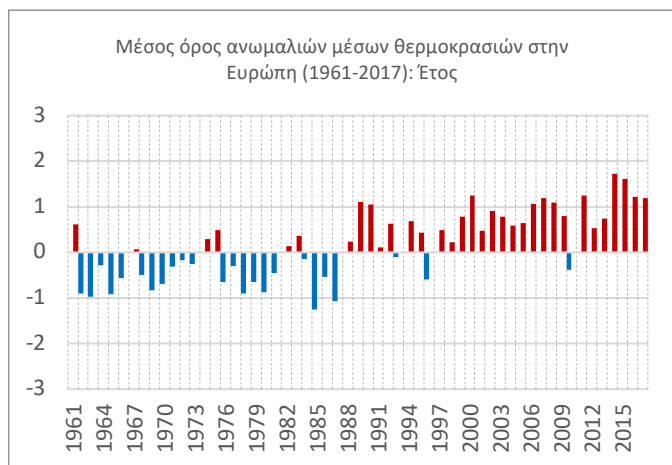
3.1 Μια πρώτη εικόνα

Όπως προαναφέρθηκε, δημιουργήθηκαν γραφήματα, πίνακες και κατατοπιστικοί χάρτες μέσω των οποίων των ανωμαλιών προκειμένου να σχηματιστεί μια εισαγωγική εικόνα για την πορεία των μέσων, ελαχίστων και μέγιστων θερμοκρασιών στον ευρωπαϊκό χώρο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Οι ομάδες γραφημάτων που παρουσιάζονται παρακάτω αφορούν στους μέσους όρους θερμοκρασιών, όλων των σταθμών της Ευρώπης που μελετώνται σε αυτή την εργασία, σε ετήσια αλλά και εποχιακή βάση για την περίοδο μελέτης, 1961-2017. Η πρώτη σειρά των γραφημάτων αναπαριστά τις μέσες θερμοκρασίες (Σχήμα 6). Παρατηρείται ότι σε όλα τα γραφήματα της σειράς αυτής, αλλά ειδικότερα κατά τη θερινή περίοδο, είναι ξεκάθαρα ευδιάκριτος ο διαχωρισμός της περιόδου μελέτης σε δύο επιμέρους περιόδους, οι οποίες διαφοροποιούνται από το 1988 και έπειτα. Συγκεκριμένα, οι ανωμαλίες των μέσων θερμοκρασιών φαίνεται να έχουν κατά κύριο λόγο αρνητικές τιμές πριν από το 1988 και θετικές τιμές μετά από το έτος αυτό. Αυτό πιθανώς οφείλεται στην κλιματική μεταβολή και στην αύξηση της θερμοκρασίας που άρχισε να παρατηρείται στο τέλος του 20^{ου} αιώνα. Παράλληλα, σε όλα τα γραφήματα παρατηρείται ότι οι θετικές ανωμαλίες των τελευταίων 30 ετών περίπου, φτάνουν του 2°C κατά την καλοκαιρινή περίοδο, ξεπερνούν τους 2°C την άνοιξη και τον χειμώνα,

ενώ κατά το φθινόπωρο οι θετικές ανωμαλίες αγγίζουν τους 2.5°C το 2006. Σε ετήσια βάση οι θετικές ανωμαλίες των μέσων θερμοκρασιών φτάνουν τους 1.7°C .

Αντιστοίχως, παρατηρείται ότι στις αρχές της περιόδου μελέτης τον χειμώνα

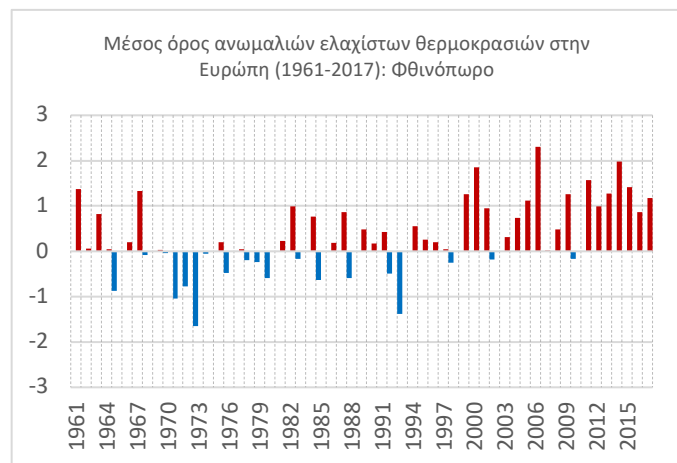
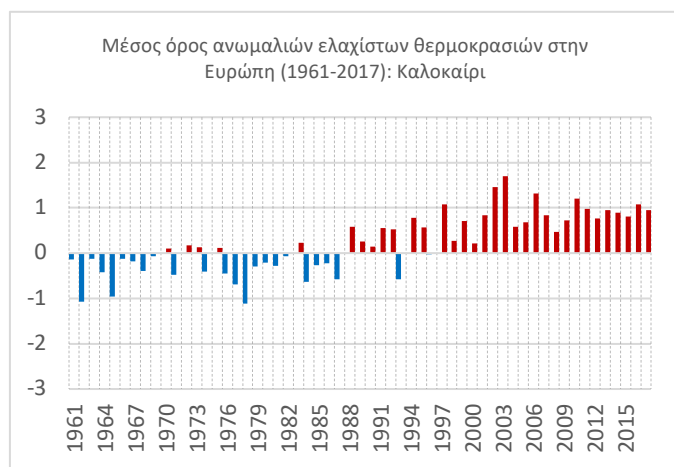
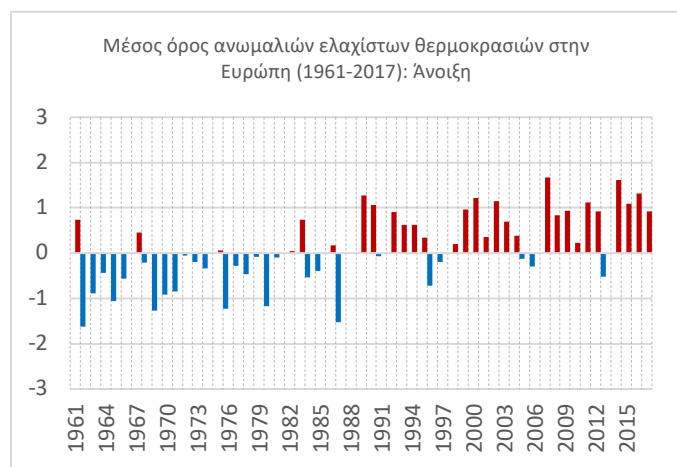
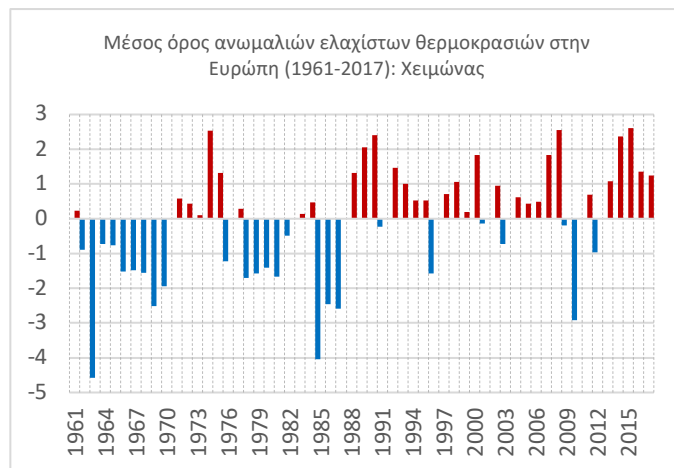
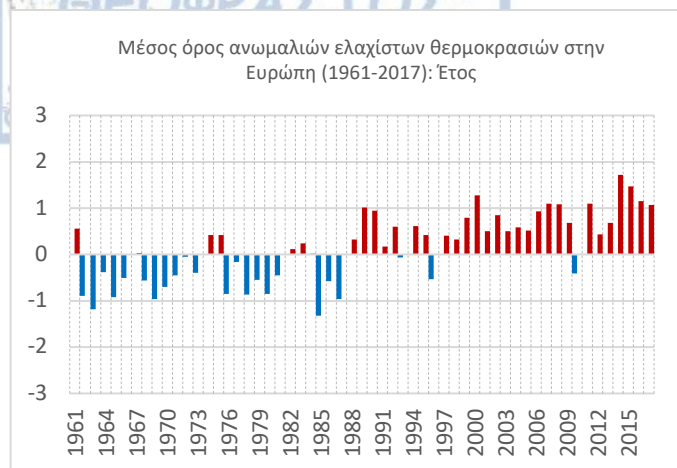


Σχήμα 6: Διαγράμματα των μέσων όρων των ανωμαλιών των μέσων θερμοκρασιών των σταθμών της Ευρώπης, σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο για την περίοδο 1961-2017. Με κόκκινο χρώμα συμβολίζεται η θετική ανωμαλία ενώ με μπλε χρώμα η αρνητική.

εμφανίζεται η μεγαλύτερη αρνητική ανωμαλία των μέσων θερμοκρασιών που ξεπερνά κατά λίγο τους 4°C το 1963 και πλησιάζει την τιμή αυτή το 1985 και το 2010 η αρνητική ανωμαλία φτάνει σχεδόν του 3°C , ενώ στα υπόλοιπα γραφήματα οι ανωμαλίες φτάνουν μέχρι τους 1.5°C . Το φθινόπωρο παρουσιάζει τις λιγότερες αρνητικές ανωμαλίες των μέσων θερμοκρασιών, καθώς το πλήθος των θετικών ανωμαλιών υπερτερούν εις βάρος των αρνητικών και ο χειμώνας εμφανίζει τις περισσότερες αρνητικές ανωμαλίες στην περίοδο μετά το 1988, οι οποίες είναι πάλι ολιγάριθμες σε σχέση με τις θετικές ανωμαλίες, καθώς αφορά μόνο σε 6 από τα 27 έτη.

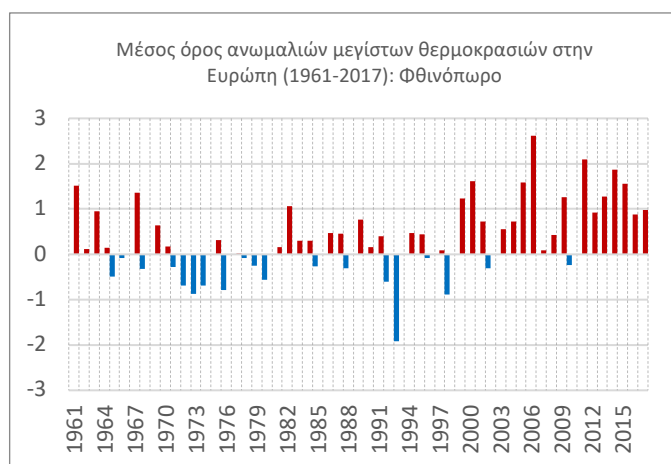
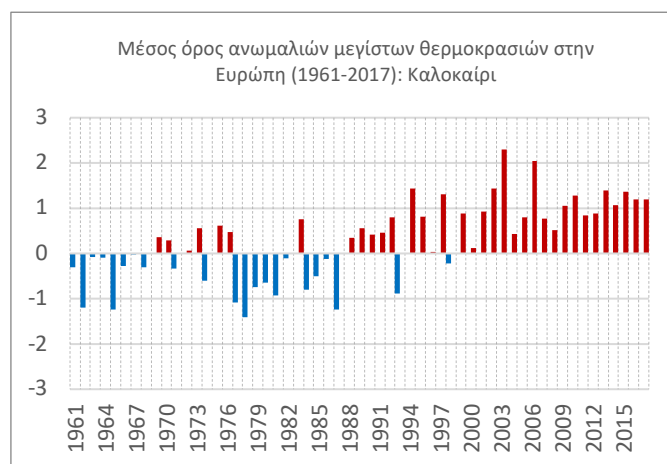
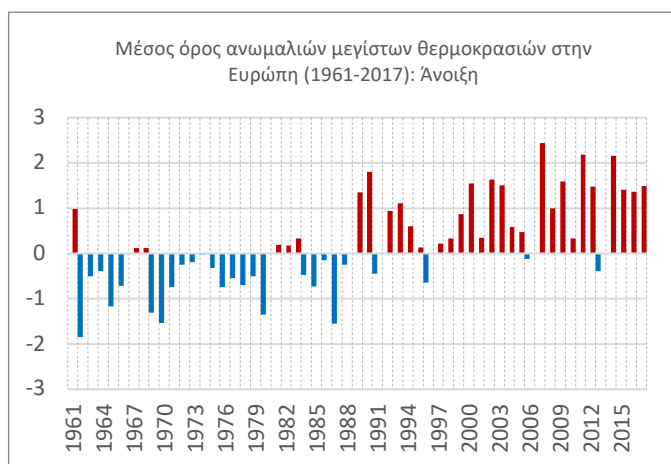
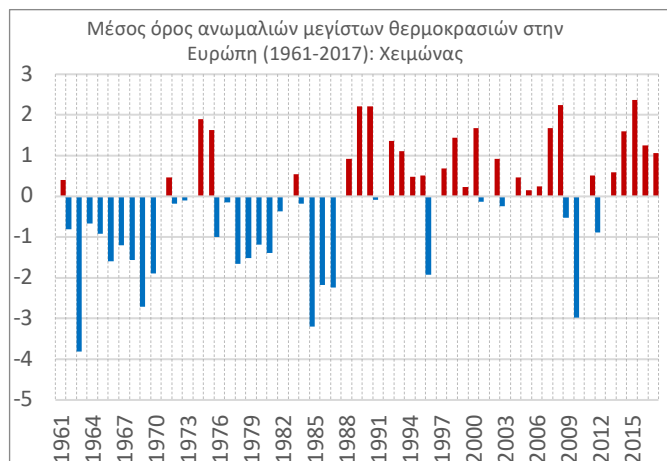
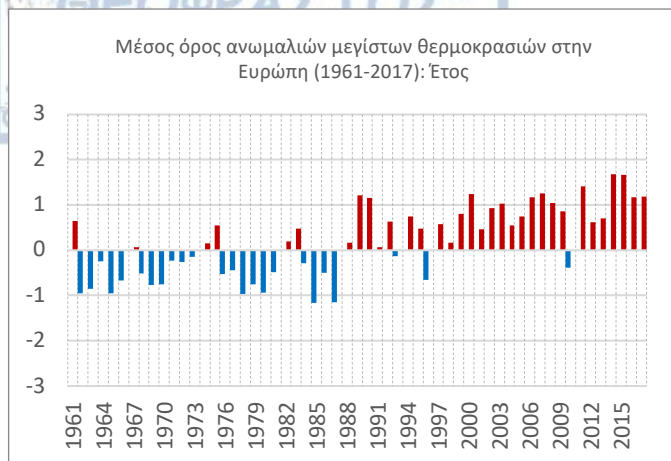
Τα γραφήματα των ελαχίστων θερμοκρασιών, παρουσιάζουν επίσης τον διαχωρισμό αυτόν της περιόδου σε δύο επιμέρους χρονικά διαστήματα που χαρακτηρίζονται από αρνητικές και θετικές ανωμαλίες, πριν και μετά από το 1988 αντίστοιχα (Σχήμα 7). Η εικόνα αυτή είναι περισσότερο ξεκάθαρη στο γράφημα του καλοκαιριού, στο οποίο μετά το 1994 συναντώνται αποκλειστικά θετικές ανωμαλίες. Στην περίπτωση των ελαχίστων θερμοκρασιών ο χειμώνας παρουσιάζει τις μεγαλύτερες θετικές ανωμαλίες, οι οποίες σε 4 διαφορετικά έτη ξεπερνούν τους 2°C . Το φθινόπωρο του 2006 είναι το μόνο έτος που εμφανίζει θετική ανωμαλία μεγαλύτερη των 2°C , ενώ όλα τα υπόλοιπα γραφήματα έχουν σαν μέγιστη ανωμαλία των ελαχίστων θερμοκρασιών τους 1.5°C , ξεπερνώντας το κατά λίγο σε ολιγάριθμες περιπτώσεις. Η μεγαλύτερη αρνητική ανωμαλία των ελαχίστων θερμοκρασιών εμφανίζεται πάλι το 1963 της χειμερινής περιόδου, και αυτή τη φορά ξεπερνά τους -4°C , το 1985 αγγίζει τους 4°C και το 2010 σχεδόν φτάνει τους 3°C , τη στιγμή που τα υπόλοιπα γραφήματα ίσα που ξεπερνούν τους 1.5°C σαν αρνητική ανωμαλία. Το φθινόπωρο εμφανίζει και εδώ περισσότερες θετικές ανωμαλίες από ότι αρνητικές στις ελάχιστες θερμοκρασίες.

Οι ανωμαλίες των μεγίστων θερμοκρασιών δεν αποτελούν εξαίρεση στον «κανόνα» που παρατηρήθηκε προηγουμένως, σύμφωνα με τον οποίο διακρίνονται καθαρά δύο περίοδοι αρνητικών και θετικών ανωμαλιών (Σχήμα 8). Ιδιαίτερα ευδιάκριτος γίνεται ο «κανόνας» αυτός κατά τη θερινή περίοδο, που δεν συναντώνται, παρά μόνο μία, αρνητική ανωμαλία από το 1994 και έπειτα, κατά την εαρινή περίοδο και τις ετήσιες μέγιστες θερμοκρασίες, όπου μετά το 1991 παρουσιάζουν μόνο 3 χρονιές με αρνητική ανωμαλία. Οι μέγιστες θετικές ανωμαλίες των μεγίστων θερμοκρασιών βρίσκονται κοντά στους 2.5°C για τις δύο ενδιάμεσες εποχές, αλλά και το καλοκαίρι ενώ τον χειμώνα ξεπερνούν τους 2°C και στους ετήσιους μέσους όρους των μεγίστων θερμοκρασιών ξεπερνούν τους 1.5°C . Ο χειμώνας παρουσιάζει, όπως και στις άλλες



Σχήμα 7: Διαγράμματα των μέσων όρων των ανωμαλιών των ελαχίστων θερμοκρασιών των σταθμών της Ευρώπης, σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο για την περίοδο 1961-2017. Με κόκκινο χρώμα συμβολίζεται η θετική ανωμαλία ενώ με μπλε χρώμα η αρνητική.

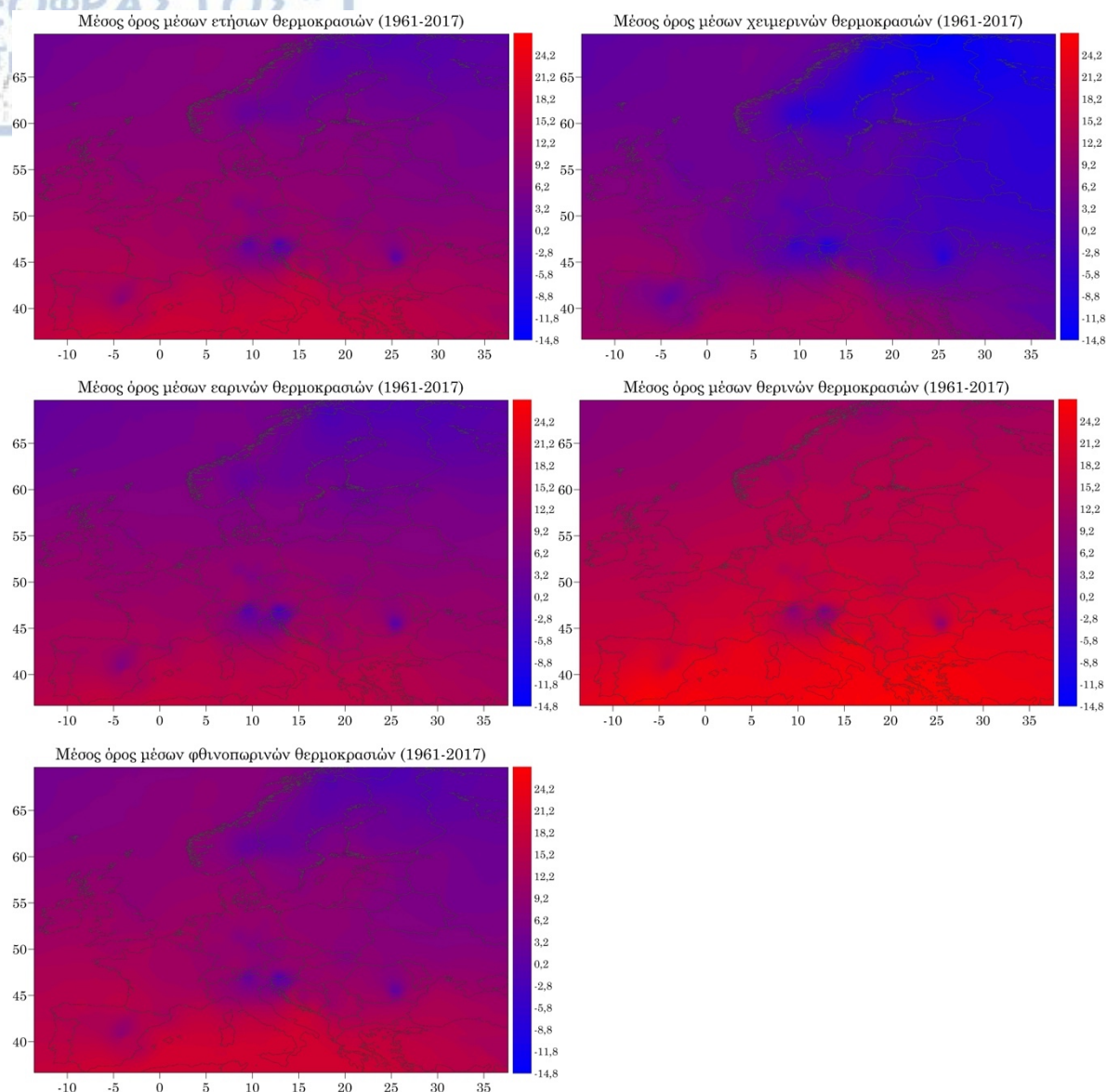
δύο παραμέτρους θερμοκρασίας, τη μεγαλύτερη αρνητική ανωμαλία κατά το 1963, 1985 και το 2010, με 3 και 4°C κάτω από τον μέσο όρο, καθώς τα υπόλοιπα γραφήματα κυμαίνονται γύρω από τους 1.5 με 2°C αρνητικής ανωμαλίας. Ο χειμώνας παρουσιάζει επίσης περισσότερες αρνητικές ανωμαλίες από ότι θετικές, και αντίθετα το φθινόπωρο παρουσιάζει περισσότερες θετικές ανωμαλίες από ότι αρνητικές.



Σχήμα 8: Διαγράμματα των μέσων όρων των ανωμαλιών των μεγίστων θερμοκρασιών των σταθμών της Ευρώπης, σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο για την περίοδο 1961-2017. Με κόκκινο χρώμα συμβολίζεται η θετική ανωμαλία ενώ με μπλε χρώμα η αρνητική.

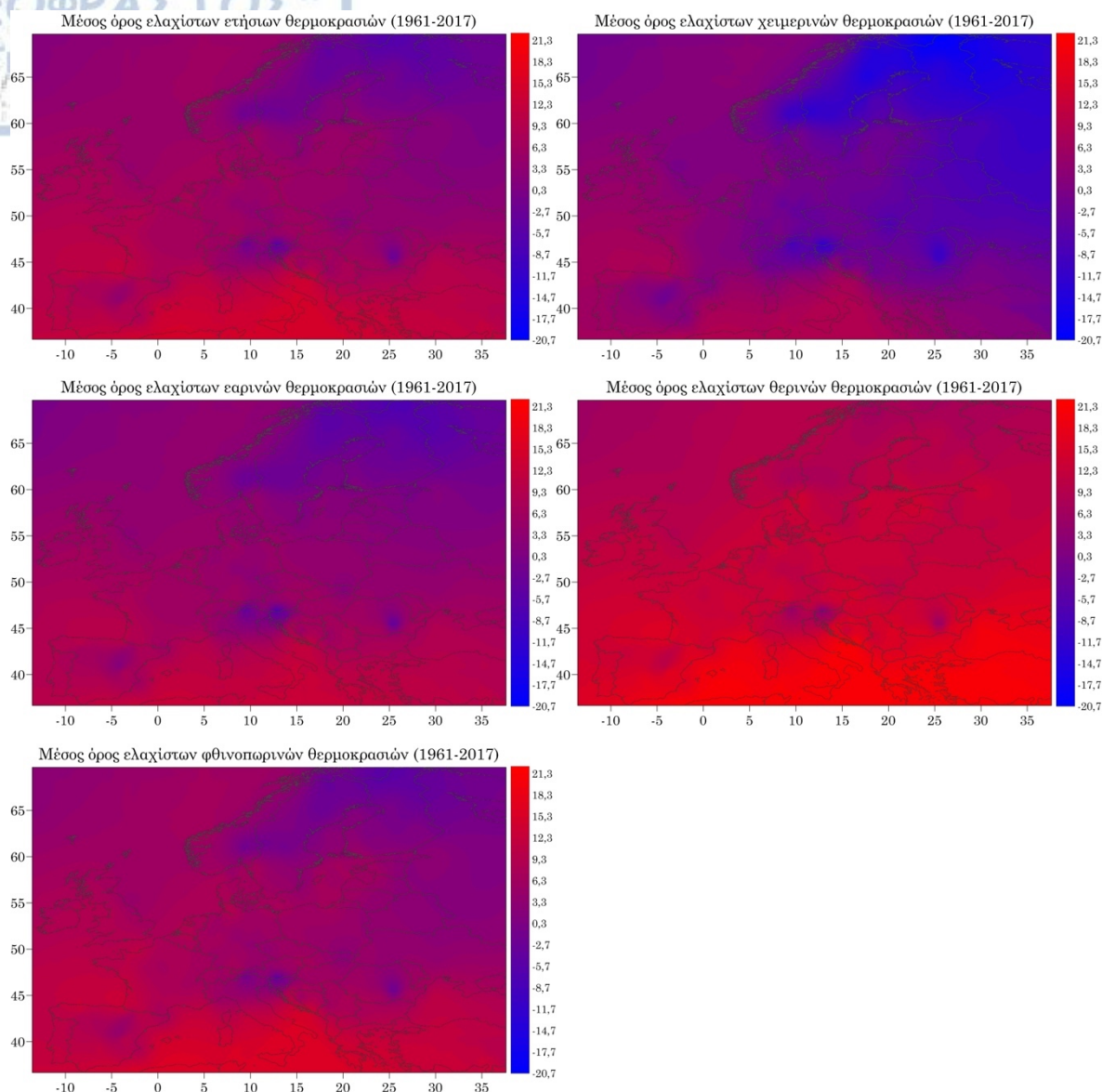
Στους χάρτες που ακολουθούν θα γίνει μια ανάλυση των μέσων όρων της μέσης, της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας των ευρωπαϊκών σταθμών που έχουν μελετηθεί στην παρούσα εργασία για την περίοδο 1961-2017 σε ετήσιο και εποχιακό επίπεδο. Οι χάρτες παρουσιάζουν με σκιαγράφιση τους μέσους όρους των ημερήσιων παραμέτρων της θερμοκρασίας των σταθμών, κατά την οποία με κόκκινο χρώμα παρουσιάζονται οι υψηλότερες θερμοκρασίες της εκάστοτε παραμέτρου, με μπλε οι ψυχρότερες και με μωβ οι ενδιάμεσες.

Στην πρώτη ομάδα χαρτών παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των μέσων θερμοκρασιών των σταθμών της Ευρώπης (Σχήμα 9). Οι ετήσιες μέσες θερμοκρασίες δείχνουν αυξημένες στις νότιες περιοχές της Ευρώπης, καθώς κάτω από το γεωγραφικό πλάτος των 45° παρατηρούνται τιμές άνω των 15°C μέχρι και 22°C. Οι βόρειες περιοχές εμφανίζονται ψυχρότερες, ειδικά πάνω από τις ηπειρωτικές περιοχές της Σκανδιναβίας, με εύρος από -2°C μέχρι 5°C, ενώ στα ενδιάμεσα γεωγραφικά πλάτη παρατηρούνται 4-10°C θερμοκρασίες. Ωστόσο, γίνονται ευδιάκριτες οι ορεινές περιοχές, στη βόρεια περιοχή της Ιταλίας, στα σύνορα Σλοβενίας και της Αυστρίας όπου βρίσκεται η οροσειρά των Άλπεων, στη Ρουμανία όπου βρίσκεται το νότιο μέρος των Καρπαθίων και στην Ισπανία με τα Ιβηρικά όρη, όπου οι μέσες ετήσιες θερμοκρασίες είναι πολύ ψυχρότερες από τις γειτονικές περιοχές. Κατά τη χειμερινή περίοδο η εικόνα μεταβάλλεται, καθώς οι νότιες περιοχές έχουν μέχρι και 12°C και το μεγαλύτερο μέρος της υπόλοιπης Ευρώπης είναι μπλε, ειδικά οι βόρειες και βορειοανατολικές περιοχές που αγγίζουν τις χαμηλότερες τιμές των μέσων θερμοκρασιών, δηλαδή 0 με -15°C. Οι 4 ορεινές περιοχές που προαναφέρθηκαν δείχνουν να παρουσιάζουν ακόμα ψυχρότερους χειμώνες από τις γύρω περιοχές, ωστόσο η διαφορά τους με τις γειτονικές είναι μικρότερη από αυτή που παρατηρείται κατά τις ετήσιες μέσες θερμοκρασίες. Οι μέσες θερμοκρασίες της περιόδου αυτής για την εποχή της άνοιξης ομοιάζουν με τον χάρτη των ετήσιων θερμοκρασιών, με τη διαφορά ότι οι ψυχρές περιοχές είναι ελαφρώς ψυχρότερες την άνοιξη. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες ο χάρτης είναι κατά βάση κόκκινος που σημαίνει ότι, με εξαίρεση τις ορεινές περιοχές, οι χαμηλότερες μέσες θερμοκρασίες που συναντώνται είναι στα βορειότερα γεωγραφικά πλάτη με τιμές περίπου 10°C και οι μέγιστες στα νοτιότερα γεωγραφικά πλάτη, με τιμές που φτάνουν στους 25°C κατά μέσο όρο.



Σχήμα 9: Οι μέσοι όροι των μέσων θερμοκρασιών των ευρωπαϊκών σταθμών που μελετώνται για τη χρονική περίοδο 1961-2017.

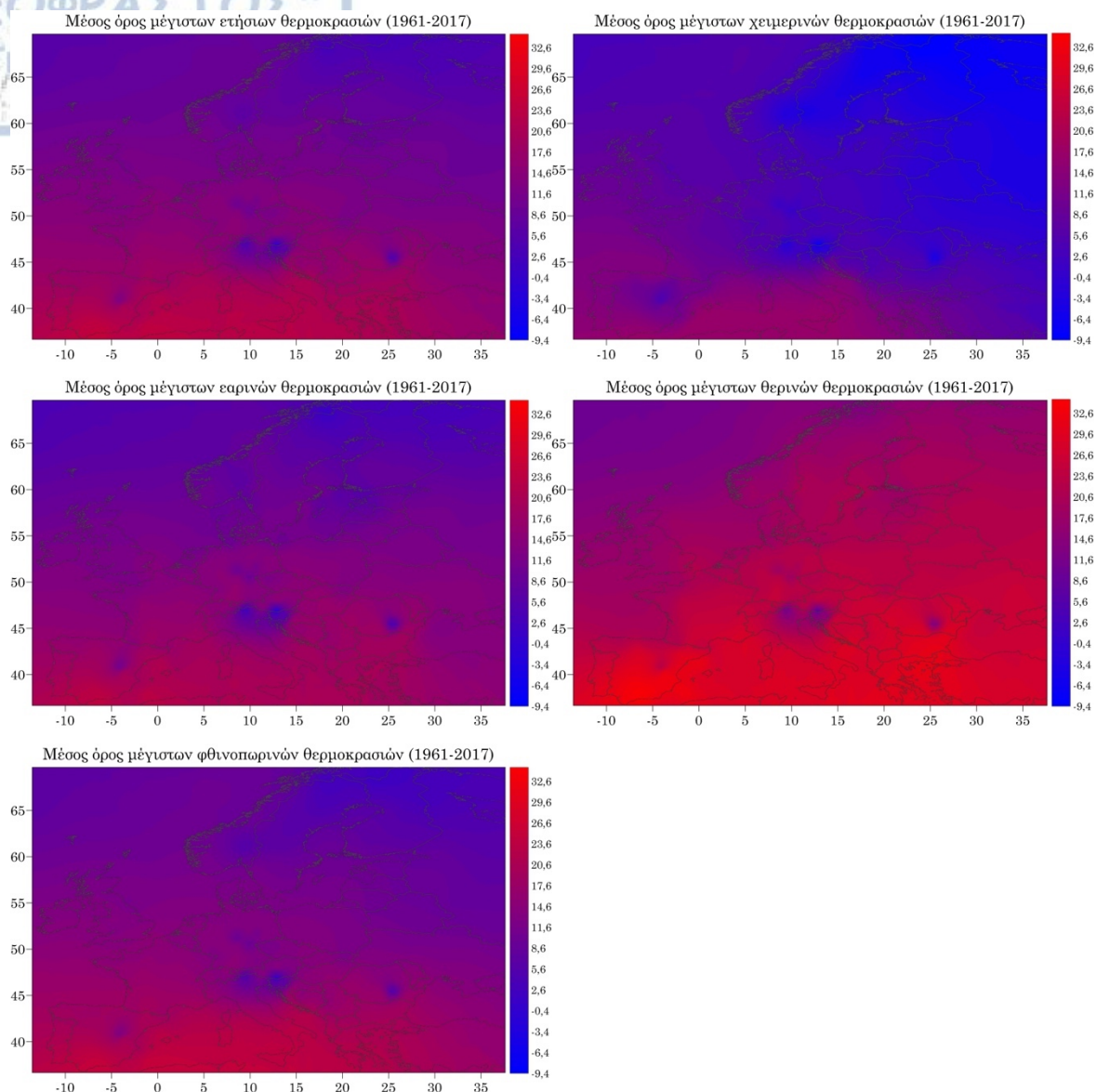
Οι χάρτες των μέσων όρων των ελαχίστων θερμοκρασιών των σταθμών της Ευρώπης παρουσιάζουν εύρος από -20.7°C έως 22°C (Σχήμα 10). Οι ετήσιες ελάχιστες θερμοκρασίες εμπίπτουν στο εύρος των 12°C έως 20°C στις νότιες περιοχές, -2°C έως 4°C στις εύκρατες και παρουσιάζονται ακόμα ψυχρότερες πάνω από τη Σκανδιναβία, ειδικότερα πάνω από τη Σουηδία και τη Φινλανδία. Κατά κανόνα, οι Άλπεις, τα Καρπάθια όρη και τα Ιβηρικά όρη παρουσιάζονται ψυχρότερα. Ο χειμώνας παρουσιάζει τις χαμηλότερες μέσες ελάχιστες θερμοκρασίες οι οποίες αγγίζουν τους -20°C στη βόρεια και βορειανατολική Ευρώπη, ενώ στα μέσα γεωγραφικά πλάτη οι μέσοι όροι των ελαχίστων θερμοκρασιών έχουν τιμές λίγο κάτω από τους 0°C και στα μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη οι τιμές της κυμαίνονται από 0°C μέχρι 7°C .



Σχήμα 10: Οι μέσοι όροι των ελαχίστων θερμοκρασιών των ευρωπαϊκών σταθμών που μελετώνται για τη χρονική περίοδο 1961-2017.

Οι φθινοπωρινές και οι εαρινές ελάχιστες θερμοκρασίες ομοιάζουν με τις ετήσιες ελάχιστες θερμοκρασίες, με τη διαφορά ότι οι φθινοπωρινές είναι οι θερμότερες από τις τρεις περιπτώσεις. Κατά τους θερινούς μήνες παρατηρούνται οι υψηλότερες ελάχιστες θερμοκρασίες, οι οποίες σε όλη την Ευρώπη κυμαίνονται από 7°C μέχρι και 22°C.

Οι μέσοι όροι των μέγιστων θερμοκρασιών παρουσιάζουν εύρος από -10°C μέχρι 33°C περίπου για την περίοδο 1961-2017 (Σχήμα 11). Ο χάρτης των ετήσιων μέγιστων θερμοκρασιών δείχνει τις νοτιότερες περιοχές να έχουν μέσες ετήσιες μέγιστες θερμο-



Σχήμα 11: Οι μέσοι όροι των μέγιστων θερμοκρασιών των ευρωπαϊκών σταθμών που μελετώνται για τη χρονική περίοδο 1961-2017.

κρασίες από 15°C μέχρι 22°C, τις περιοχές των μέσων γεωγραφικών πλατών ελαφρώς ψυχρότερες, με τιμές από 9°C μέχρι 18°C και των μεγαλύτερων γεωγραφικών πλατών, μέχρι και 2°C. Φυσικά, οι ορεινές περιοχές συντηρούν χαμηλές θερμοκρασίες, υπό του μηδενός, ακόμη και σε αυτούς τους χάρτες που παρουσιάζουν τις μέγιστες θερμοκρασίες. Ο χάρτης μετατρέπεται σε μπλε στις μέγιστες θερμοκρασίες της χειμερινής περιόδου, υποδηλώνοντας τιμές από 3°C μέχρι και -10°C, εκτός από τις περιοχές της Ιταλίας, της Ελλάδας και της Ισπανίας που εμφανίζουν τις υψηλότερες μέγιστες θερμοκρασίες του χειμώνα, με τιμές από 12°C έως 17°C. Ο χάρτης των μέσων μεγίστων θερμοκρασιών της εαρινής περιόδου παρουσιάζεται ελαφρώς χαμηλότερος από τις ετήσιες μέγιστες θερμοκρασίες, ενώ ο χάρτης της φθινοπωρινής περιόδου αντί-

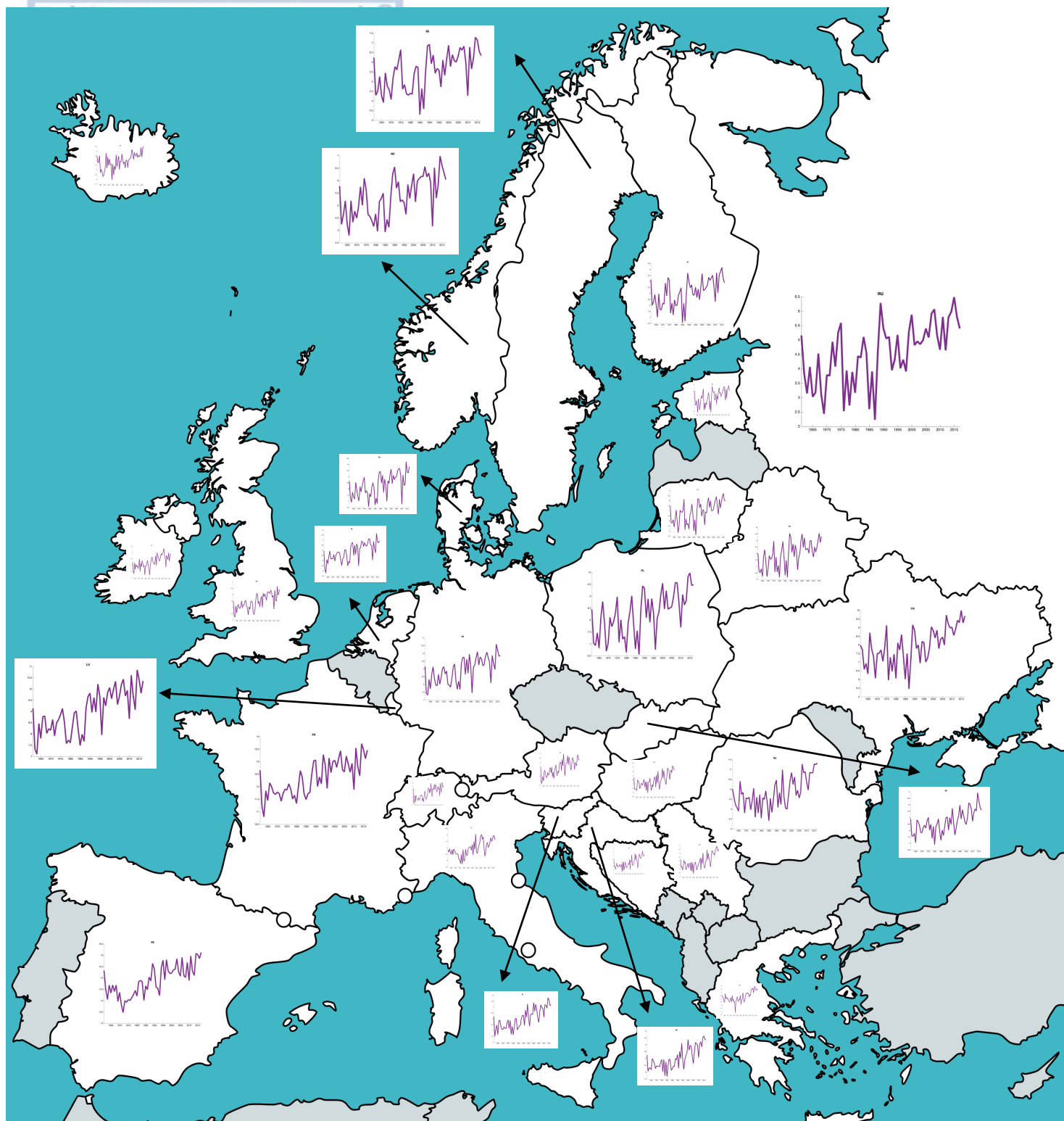
θετα παρουσιάζει ελαφρώς θερμότερος, ειδικότερα στις νότιες περιοχές. Η θερινή περίοδος παρουσιάζει τη νότια και κεντρική Ευρώπη με τιμές θερμοκρασίας από 25°C έως 33°C, ενώ τη βόρεια-βορειοδυτική Ευρώπη ελαφρώς ψυχρότερη, χωρίς ωστόσο οι μέσες μέγιστες θερμοκρασίες να πέφτουν κάτω από 12°C.

Για τη διαμόρφωση του Πίνακα 2, πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός του μέσου όρου των παραμέτρων των θερμοκρασιών των σταθμών κάθε χώρας για κάθε ένα από τα 57 έτη μελέτης δημιουργώντας έτσι μια χρονοσειρά για κάθε μια από τις ευρωπαϊκές χώρες. Στον Πίνακα 2 αναγράφεται η τάση και η στατιστική σημαντικότητα αυτής, της χρονοσειράς της μέσης, ελάχιστης και μέγιστης θερμοκρασίας, που υπολογίστηκαν μέσω γραμμικής παλινδρόμησης και της p-value της μεθόδου Kendall-Tau, αντίστοιχα. Παρατηρείται η συντριπτική πλειοψηφία των χωρών οι οποίες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική ανοδική τάση των μέσων, ελαχίστων αλλά και μεγίστων θερμοκρασιών. Δεν υπάρχει ούτε μία χώρα με αρνητική τάση ενώ οι μη στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις συναντώνται κατά βάση στους φθινοπωρινούς μήνες και συγκεκριμένα στις μέγιστες θερμοκρασίες. Ο χειμώνας και το καλοκαίρι εμφανίζουν, δύο φορές η κάθε μια περίοδος, μη στατιστικά σημαντική ανοδική τάση ενώ όλες οι άλλες περιπτώσεις αφορούν στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις.

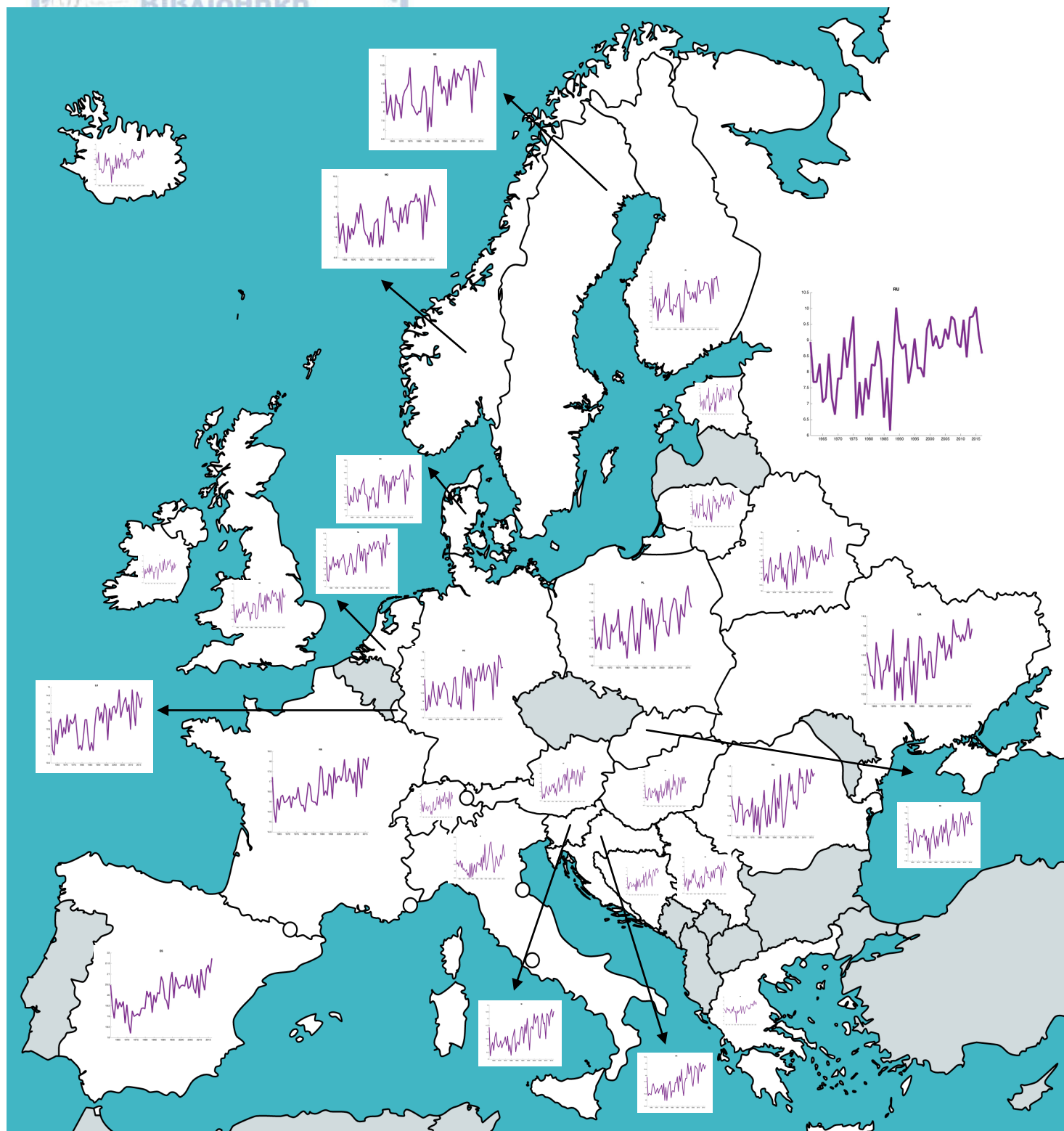
Τα Σχήματα 12, 13 και 14 παρουσιάζουν τα γραφήματα των χρονοσειρών της κάθε χώρας για την περίοδο 1961-2017 των μέσων, μεγίστων και ελαχίστων ετήσιων θερμοκρασιών, αντίστοιχα. Παρατηρείται και πάλι η ανοδική πορεία όλων των χρονοσειρών για την περίοδο μελέτης χωρίς ούτε μια εξαίρεση. Ουσιαστικά, όλα δείχνουν ότι η θερμοκρασία τείνει να αυξάνεται αυτά τα 57 χρόνια, σε ετήσια και εποχιακή βάση, σε όλες τις υπό μελέτη χώρες της Ευρώπης και το γεγονός αυτό ισχύει και για τις τρεις παραμέτρους αυτής. Παρακάτω, γίνεται περαιτέρω ανάλυση των τάσεων του κάθε σταθμού μεμονωμένα.

	Ετησίως			Χειμώνας			Άνοιξη			Καλοκαίρι			Φθινόπωρο		
	Tmax	Tmean	Tmin	Tmax	Tmean	Tmin	Tmax	Tmean	Tmin	Tmax	Tmean	Tmin	Tmax	Tmean	Tmin
Αυστρία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Βοσνία Ερζεγοβίνη	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Λευκορωσία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ελβετία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Γερμανία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Δανία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Εσθονία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ισπανία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Φινλανδία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Γαλλία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Μεγάλη Βρετανία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ελλάδα	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Κροατία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ουγγαρία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ιρλανδία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ισλανδία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ιταλία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Λιθουανία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Λουξεμβούργο	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ολλανδία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Νορβηγία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Πολωνία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ρουμανία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Σερβία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ρωσία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Σουηδία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Σλοβενία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Σλοβακία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ουκρανία	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

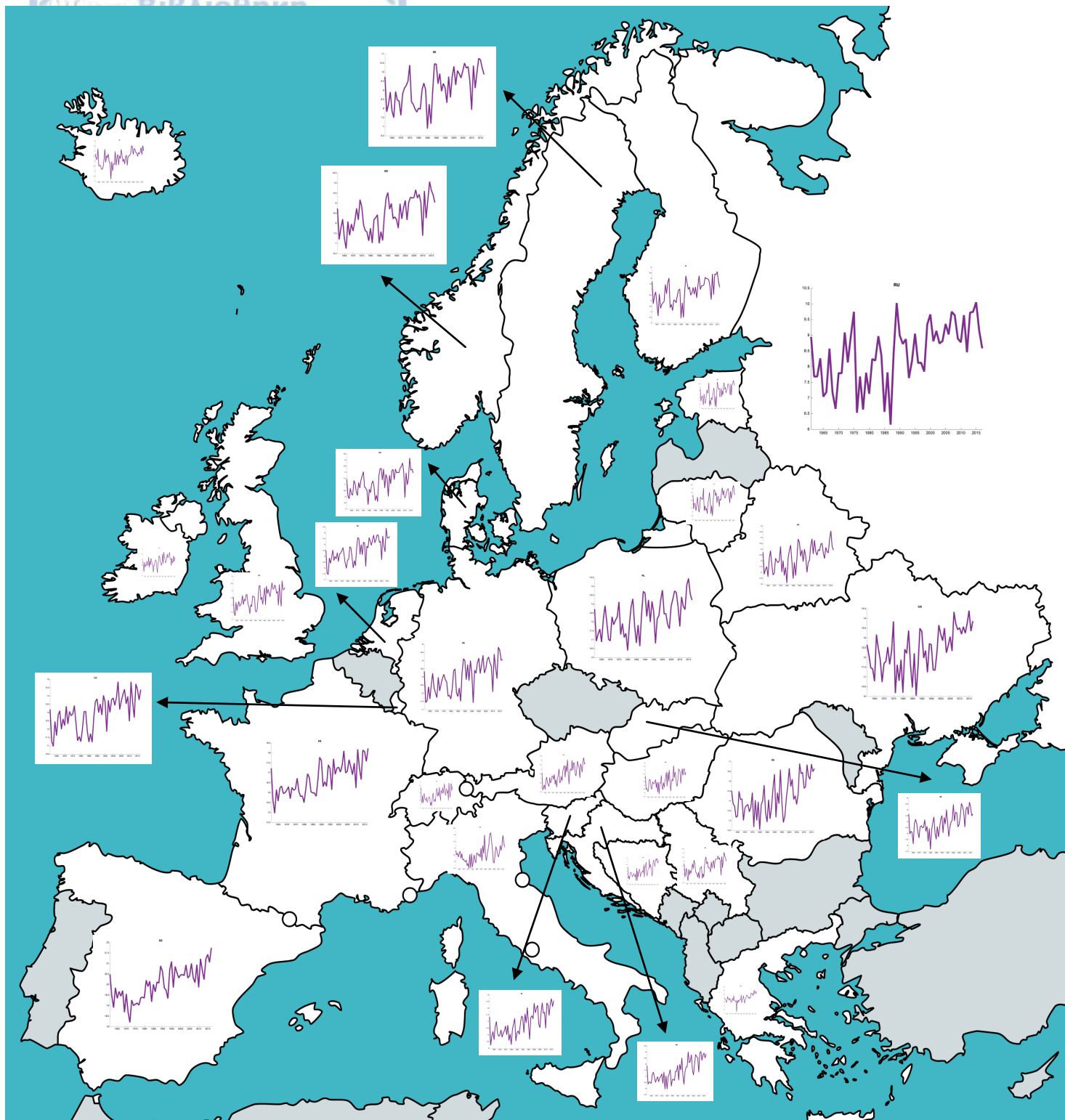
Πίνακας 2: Η τάση και η στατιστική σημαντικότητα για τις τρεις παραμέτρους της θερμοκρασίας των χρονοσειρών των μέσων όρων της εκάστοτε χώρας σε ετήσια και εποχιακή βάση. Με σκούρο κόκκινο χρώμα συμβολίζεται η στατιστικά σημαντική ανοδική τάση, με ανοιχτό κόκκινο χρώμα η μη στατιστικά σημαντική ανοδική τάση, με σκούρο μπλε χρώμα η στατιστικά σημαντική καθοδική τάση και με γαλάζιο η μη στατιστικά σημαντική καθοδική τάση.



Σχήμα 12: Χάρτες που προβάλλουν τις χρονοσειρές των μέσων όρων των μέσων ετήσιων θερμοκρασιών των σταθμών της κάθε χώρας για τη χρονική περίοδο 1961-2017.



Σχήμα 13: Χάρτες που προβάλλουν τις χρονοσειρές των μέσων όρων των μεγίστων ετήσιων θερμοκρασιών των σταθμών της κάθε χώρας για τη χρονική περίοδο 1961-2017.



Σχήμα 14: Χάρτες που προβάλλουν τις χρονοσειρές των μέσων όρων των ελαχίστων ετήσιων θερμοκρασιών των σταθμών της κάθε χώρας για τη χρονική περίοδο 1961-2017.

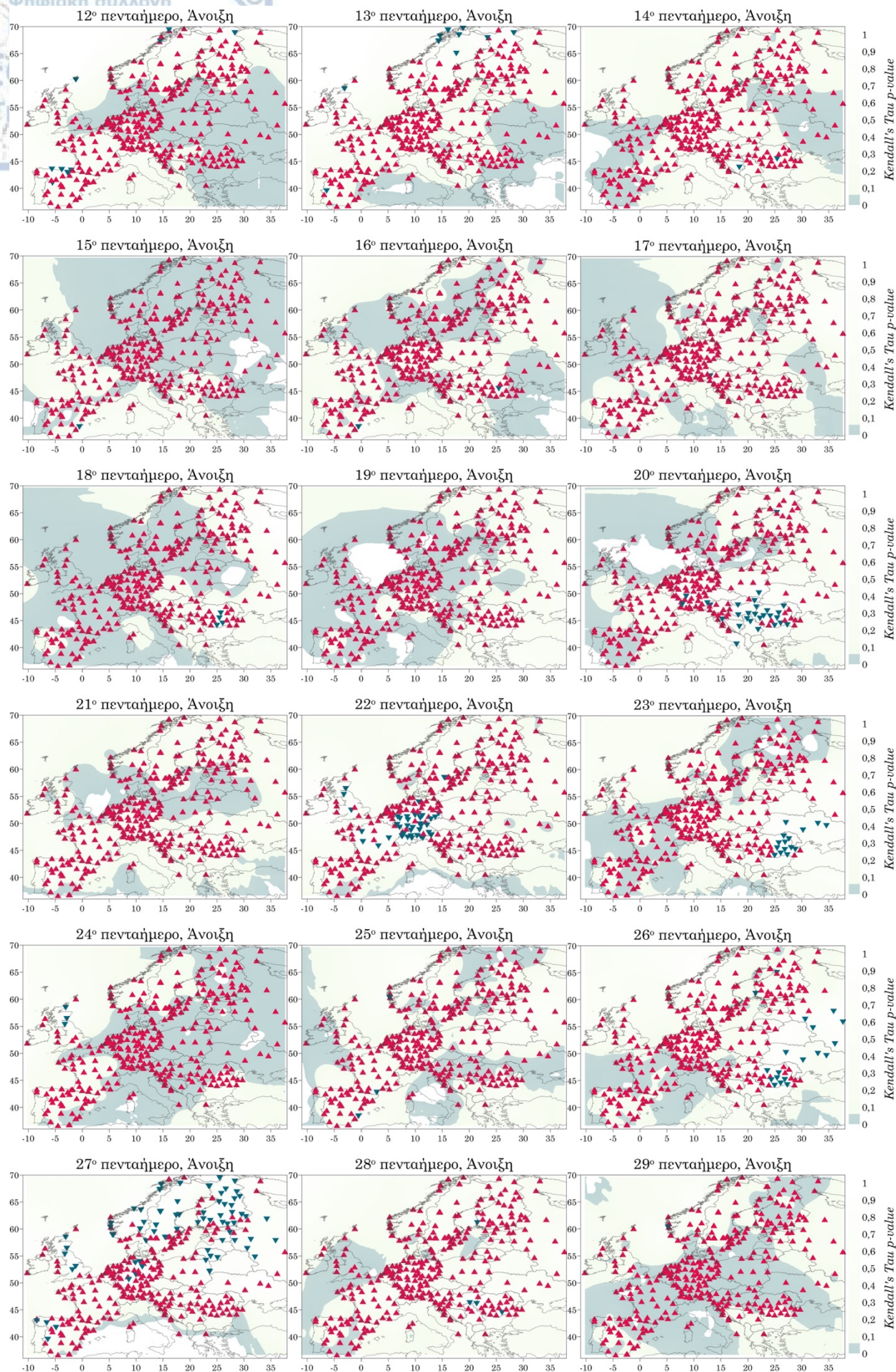
3.2 Μέσες θερμοκρασίες

3.2.1 Άνοιξη (πενταήμερα: 12^ο – 30^ο)

Κατά τα εαρινά πενταήμερα φαίνεται ότι οι ανωμαλίες των μέσων θερμοκρασιών παρουσιάζουν σε γενικές γραμμές θετική τάση κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης, εκτός από μεμονωμένες περιπτώσεις καθοδικών τάσεων που τις περισσότερες φορές εμφανίζονται συγκεντρωμένες σε συγκεκριμένες περιοχές. Η στατιστική σημαντικότητα είναι αυξημένη κατά αυτή την περίοδο, αφού σε πολλές περιπτώσεις το μεγαλύτερο μέρος των ανοδικών τάσεων της Ευρώπης είναι στατιστικά σημαντικό.

Κατά το πρώτο πενταήμερο της άνοιξης, παρατηρείται στατιστική σημαντικότητα των ανοδικών τάσεων στην κεντρική και ανατολική Ευρώπη, ενώ οι καθοδικές τάσεις του 12^{ου} και 13^{ου} πενταήμερου είναι μεμονωμένες στη βόρεια και νοτιοδυτική Ευρώπη χωρίς να χαρακτηρίζονται από στατιστική σημαντικότητα. Το 13^ο πενταήμερο του έτους, που είναι το πρώτο του Μάρτη, οι ανοδικές τάσεις παρουσιάζουν στατιστική σημαντικότητα τις ανατολικές και νότιες περιοχές της ευρωπαϊκής επικράτειας, ενώ στο επόμενο πενταήμερο οι ανατολικές και σχετικά βόρειες περιοχές, αυτή τη φορά σε συνδυασμό με κάποιες νοτιοδυτικές, παρουσιάζουν στατιστική σημαντικότητα στις ανοδικές τάσεις που υπολογίστηκαν. Το 15^ο πενταήμερο όλη η Ευρώπη εκτός από το μεγαλύτερο μέρος της Γαλλίας, της Αγγλίας και της Ιρλανδίας, καθώς και ενός μικρού μέρους των Βαλκανίων, εμφανίζει στατιστικά σημαντική ανοδική τάση ενώ στα μέσα του Μάρτη, η στατιστική σημαντικότητα περιορίζεται και έτσι οι ανοδικές τάσεις της κεντρικής Ευρώπης, της βορειοανατολικής, των Βαλκανίων και της νοτιοδυτικής δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Στο 17^ο πενταήμερο ο περιορισμός συνεχίζεται και τώρα πλέον, στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις εμφανίζουν μόνο οι περιοχές της δυτικής Ευρώπης και της Μεσογείου. Στα επόμενα δύο πενταήμερα, δηλαδή το τελευταίο του Μάρτη και το πρώτο του Απρίλη, η ανοδική πορεία της κεντρικής κι ανατολικής Ευρώπης θεωρείται στατιστικά σημαντική (Σχήμα 15).

Στο 20^ο πενταήμερο, που εκπροσωπεί το δεύτερο πενταήμερο του Απριλίου, οι στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις εμφανίζονται στην Ισπανία, στις δυτικές ακτές της Ευρώπης και σε ένα μεγάλο μέρος της Νορβηγίας, ενώ ταυτόχρονα σε 27 σταθμούς των Βαλκανίων εμφανίζονται μη στατιστικά σημαντικές πτωτικές τάσεις. Η στατιστική σημαντικότητα στις ανοδικές τάσεις συνεχίζεται στο επόμενο πενταήμερο κατά βάση μόνο για τις βόρειες περιοχές της κεντρικής Ευρώπης.





Σχήμα 15: Η τάση και η στατιστική σημαντικότητα των μέσων θερμοκρασιών των ευρωπαϊκών σταθμών για το κάθε πενταήμερο της εαρινής περιόδου κατά το χρονικό διάστημα 1961-2017. Με κόκκινο ανοδικό βέλος συμβολίζεται η ανοδική τάση και με μπλε καθοδικό βέλος η πτωτική τάση. Με γκρι σκιαγράφιση συμβολίζεται η στατιστική σημαντικότητα της τάσης σε επίπεδο 0.05.

Στο 22^ο πενταήμερο παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις μόνο στα παράλια της Μεσογείου και ενώ κυριαρχούν στην Ευρώπη οι μη στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις, πτωτικές τάσεις συναντώνται στο μεγαλύτερο μέρος των σταθμών της Γερμανίας, σε 4 σταθμούς της Γαλλίας και σε 3 τους Ηνωμένου Βασιλείου. Στο προτελευταίο πενταήμερο του Απριλίου, το 23^ο πενταήμερο του έτους, το μεγαλύτερο μέρος της Ισπανίας και της Γαλλίας παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις και 11 από τους 20 σταθμούς της Ρουμανίας και οι 4 συνολικά σταθμοί της Ουκρανίας δείχνουν να έχουν πτωτικές τάσεις, ενώ στο 24^ο μόνο η Νορβηγία, η Σουηδία και κάποιο μέρος της Γαλλίας και Ισπανίας δείχνει να μην έχει στατιστικά σημαντικές θετικές τάσεις (Σχήμα 15).

Στο 25^ο πενταήμερο, που είναι το πρώτο πενταήμερο του Μαΐου, συναντώνται στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις στους σταθμούς των δυτικών παραλιών της Ισπανίας, Γαλλίας και Ηνωμένου Βασιλείου και στους σταθμούς της Ιρλανδίας, σε σταθμούς της νότιας Ευρώπης και των Βαλκανίων καθώς επίσης και σε κάποιους σταθμούς της Σκανδιναβίας και μόνο δύο σταθμοί, ένας στην Ισπανία και ένας στη Γαλλία, παρουσιάζουν πτωτικές τάσεις. Στο δεύτερο πενταήμερο του Μαΐου, οι στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις εμφανίζονται στους σταθμούς της νοτιοδυτικής Ευρώπης, με εξαίρεση το μεγαλύτερο μέρος της Ισπανίας ενώ εμφανίζονται και κάποιες μη στατιστικά σημαντικές καθοδικές τάσεις σε 8 σταθμούς της Ρουμανίας, στους 4 σταθμούς της Ουκρανίας και σε 5 από τους 11 σταθμούς της Ρωσίας. Στο 27^ο πενταήμερο το μεγαλύτερο μέρος των σταθμών της βόρειας Ευρώπης εμφανίζονται με μη στατιστικά σημαντικές αρνητικές τάσεις μαζί με 5 σταθμούς της Γερμανίας, 5 από τους 12 της Αγγλίας και 4 σταθμούς της Ισπανίας, ενώ οι στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις περιορίζονται στους σταθμούς που βρίσκονται στα παράλια της

Μεσογείου. Στο 28^ο πενταήμερο όλοι οι σταθμοί του Ηνωμένου Βασιλείου με σταθμούς της ανατολικής και νότιας Ισπανίας, της Θεσσαλονίκης και ελάχιστους της βόρειας Ευρώπης παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις. Στο προτελευταίο πενταήμερο όλοι οι σταθμοί, εκτός από έναν Νορβηγικό, εμφανίζουν ανοδικές τάσεις, εκ των οποίων μόνο σταθμοί της Νορβηγίας, της Σουηδίας, των ανατολικών χωρών και κάποιοι σταθμοί των Βαλκανίων δεν παρουσιάζουν στατιστική σημαντικότητα. Το 30^ο πενταήμερο του έτους, και τελευταίο του Μαΐου, η στατιστική σημαντικότητα των ανοδικών τάσεων που υπολογίστηκαν αφορά στους σταθμούς της νοτιοδυτική Ευρώπης και τους περιφερειακούς σταθμούς της Γερμανίας ενώ πτωτική τάση υπολογίστηκε για 4 σταθμούς της Σουηδίας και 12 της Φινλανδίας (Σχήμα 15).

Οι πτωτικές τάσεις είναι σχεδόν ανύπαρκτες τον πρώτο μήνα της άνοιξης καθώς εμφανίζονται κατά το μέγιστο σε 10 σταθμούς ανά χάρτη. Η εικόνα αυτή του Μαρτίου, στην οποία κυριαρχούν οι ανοδικές τάσεις, υποδηλώνει την αύξηση των μέσων θερμοκρασιών στην Ευρώπη κατά την έναρξη της εαρινής περιόδου, και συνεπώς την απότομη μετάβαση από τον χειμώνα και τις χαμηλές θερμοκρασίες σε υψηλές θερμοκρασίες της άνοιξης. Το γεγονός αυτό μπορεί να προμηνύει την πρόωρη έναρξη του καλοκαιριού, ακόμα και στην αρχή της εαρινής περιόδου καθώς ακόμα και τα πρώτα πενταήμερα της άνοιξης τείνουν να αυξάνουν με την πάροδο του χρόνου σε σχέση με την περίοδο αναφοράς. Εξαιρουμένου του 27^{ου} πενταημέρου, που τοποθετείται στα μέσα του Μαΐου και που παρουσιάζει μεγάλο αριθμό των σταθμών με πτωτική τάση, τα υπόλοιπα πενταήμερα, και ειδικά τα δύο τελευταία της άνοιξης που εμφανίζουν και εκτεταμένη στατιστική σημαντικότητα των ανοδικών τάσεων υποδηλώνουν, ξανά, την πρόωρη έναρξη του θέρους με αυξημένες τις μέσες θερμοκρασίες της τελευταίας περιόδου της άνοιξης. Από τις μέσες θερμοκρασίες παρατηρείται, λοιπόν, το φαινόμενο της επέκτασης της θερινής περιόδου και συνεπώς της συρρίκνωσης της ενδιάμεσης εαρινής περιόδου.

Αυτό γίνεται φανερό και από τον Πίνακα 3 όπου παρουσιάζονται τα ποσοστά των σταθμών με τις κυρίαρχες τάσεις ανά χώρα, για κάθε πενταήμερο. Για παράδειγμα στη Γερμανία το 22^ο πενταήμερο το 53.8% των σταθμών είχε καθοδική τάση. Η αύξηση των θερμοκρασιών, σε σχέση με την περίοδο αναφοράς, είναι φανερή και ισχύει για την πλειοψηφία των χωρών και των πενταημέρων. Ενδεχομένως, η αύξηση των μέσων θερμοκρασιών την άνοιξη προδίδει την επέκταση της διάρκειας της θερινής περιόδου, με απώτερη συνέπεια τη συρρίκνωση της εαρινής και την απότομη μετάβαση από τη χειμερινή περίοδο στη θερινή.

	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Αυστρία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	83.3%	100.0%	100.0%	83.3%	100.0%	66.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Βοσνία Ερζεγοβίνη	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Λευκορωσία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ελβετία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Γερμανία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	94.2%	100.0%	53.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	90.4%	100.0%	100.0%	100.0%
Δανία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Εσθονία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	60.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ισπανία	81.6%	97.4%	100.0%	97.4%	97.4%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	97.4%	100.0%	89.5%	100.0%	100.0%	100.0%
Φινλανδία	97.0%	97.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	97.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	93.9%	66.7%	97.0%	100.0%	63.6%
Γαλλία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	82.8%	100.0%	100.0%	96.6%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Μεγάλη Βρετανία	92.3%	92.3%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	76.9%	100.0%	76.9%	100.0%	100.0%	61.5%	100.0%	100.0%	100.0%
Ελλάδα	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Κροατία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	87.5%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ουγγαρία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%
Ιρλανδία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ισλανδία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ιταλία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Λιθουανία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Λουξεμβούργο	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ολλανδία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Νορβηγία	92.0%	72.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	96.0%	100.0%	60.0%	100.0%	96.0%	100.0%
Πολωνία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	88.9%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	77.8%	100.0%	100.0%	100.0%
Ρουμανία	100.0%	100.0%	95.2%	100.0%	95.2%	100.0%	81.0%	100.0%	52.4%	100.0%	100.0%	52.4%	100.0%	100.0%	61.9%	100.0%	90.5%	100.0%	100.0%
Σερβία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ρωσία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	61.5%	53.8%	100.0%	100.0%	100.0%
Σουηδία	100.0%	93.5%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	96.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	71.0%	100.0%	100.0%	93.5%
Σλοβενία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Σλοβακία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	66.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ουκρανία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Γραφική 3: Τα ποσοστά των κυρίαρχων τάσεων της κάθε χώρας για το κάθε πενταήμερο των μέσων θερμοκρασιών της εαρινής περιόδου. Οι αποχρώσεις του πορτοκαλί και κόκκινου συναντώνται όταν οι ορισσότεροι σταθμοί της εκάστοτε χώρας παρουσιάζουν ανοδικές τάσεις, ενώ οι αποχρώσεις του πράσινου και μπλε συναντώνται όταν οι περισσότεροι σταθμοί μιας χώρας παρουσιάζουν καθοδικές τάσεις. Το κίτρινο χρώμα συμβολίζει ισοψηφία των σταθμών.

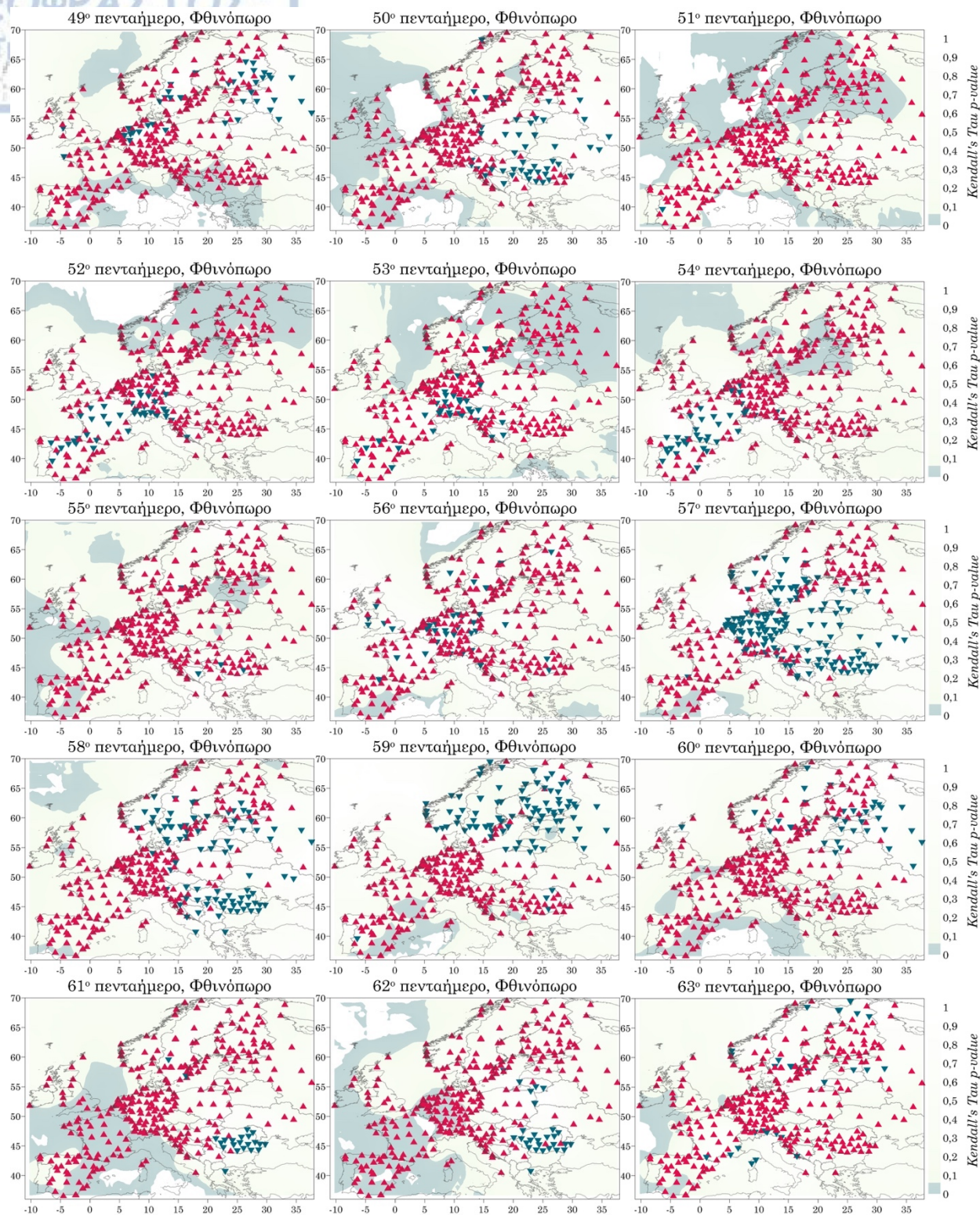
3.2.1 Φθινόπωρο (πενταήμερα 49° – 66°)

Γενικά, στις τάσεις των ανωμαλιών των μέσων θερμοκρασιών του φθινοπώρου παρουσιάζονται περισσότερο θετικές τάσεις, κάποιο μέρος εκ των οποίων είναι στατιστικά σημαντικό. Αντίθετα, οι αρνητικές τάσεις, που είναι λιγότερες από τις θετικές, εμφανίζονται συχνά εκτεταμένα σε μεγάλες περιοχές. Δεν είναι μεγάλο το μέρος των στατιστικά σημαντικών τάσεων, ενώ οι περισσότερες περιπτώσεις με p -value μικρότερο του 0.05 αφορά στις θετικές τάσεις που υπολογίστηκαν.

Στο 49° πενταήμερο του έτους, τις πρώτες μέρες του Σεπτεμβρη, διακρίνεται χαρακτηριστικά η στατιστική σημαντικότητα των θετικών τάσεων των ανωμαλιών των μέσων θερμοκρασιών σε όλες τις μεσογειακές ακτές, ενώ μη στατιστικά σημαντικές πτωτικές τάσεις εμφανίζονται κυρίως στη βορειοανατολική Ευρώπη (7 σταθμούς της Σουηδίας, 10 σταθμούς της Φινλανδίας, 8 από τους 13 σταθμούς της Ρωσίας και 2 από τους 5 σταθμούς της Λιθουανίας), σε 9 σταθμούς της Γερμανίας, σε 1 του Ηνωμένου Βασιλείου και σε 1 της Γαλλίας. Στο επόμενο πενταήμερο (3 - 7 Σεπτεμβρίου) η στατιστική σημαντικότητα παραμένει στις θετικές τάσεις της νοτιοανατολικής, καθώς και 2 σταθμών της δυτικής, Ισπανίας και επεκτείνεται στις δυτικές ακτές της Ευρώπης μέχρι τον βορά, καθώς επίσης και στην Αγγλία και την Ιρλανδία. Σε αυτό το πενταήμερο συναντώνται πτωτικές τάσεις σε 3 σταθμούς της Σουηδίας και στο μεγαλύτερο μέρος των σταθμών της Πολωνίας, της Ρουμανίας, της Ουκρανίας, της Ουγγαρίας και σε 3 από τους 7 σταθμούς της Αυστρίας, ωστόσο καμία από τις καθοδικές αυτές τάσεις δεν είναι στατιστικά σημαντική. Σχεδόν όλη η δυτική, βόρεια και βορειοανατολική Ευρώπη, μαζί με τις ακτές της Μεσογείου παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές θετικές τάσεις το 51° πενταήμερο, αλλά μόνο οι βόρειες περιοχές το διατηρούν αυτό στο 52° και 53° πενταήμερο. Στο 52° πενταήμερο, στα μέσα του Σεπτεμβρη, 18 σταθμοί της Γερμανίας και 11 της Γαλλίας και 8 της Ισπανίας παρουσιάζουν πτωτική τάση, και στο επόμενο πενταήμερο διατηρείται η ίδια κατάσταση με εξαίρεση τη Γαλλία που μόνο 2 σταθμοί διατηρούν την πτωτική τάση. Οι νότιοι σταθμοί της βόρειας Ευρώπης παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές θετικές τάσεις το 54° πενταήμερο, κατά το οποίο η νοτιοανατολική Ευρώπη παρουσιάζει μη στατιστικά σημαντική πτωτική τάση των ανωμαλιών της μέσης θερμοκρασίας. Στο τελευταίο πενταήμερο του Σεπτεμβρη, το 55° πενταήμερο του έτους, παρατηρούνται ακόμα λιγότερες περιπτώσεις στατιστικά σημαντικών ανοδικών τάσεων που περιορίζονται στην Ισπανία, σε 4 σταθμούς της Γαλλίας, σε 7 από τους 10 σταθμούς

του Ηνωμένου Βασιλείου και στους 2 σταθμούς της Ιρλανδίας, καθώς και σε ένα περιορισμένο αριθμό σταθμών της βορειοανατολικής Ευρώπης. Σε αυτό το πενταήμερο μόνο 3 σταθμοί, 2 της Ρουμανίας και ο ένας της Βοσνίας Ερζεγοβίνης, παρουσιάζουν μη στατιστικά σημαντικές πτωτικές τάσεις (Σχήμα 16).

Από το 56^ο μέχρι και το 60^ο πενταήμερο είναι πολύ λιγότεροι οι σταθμοί που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές τάσεις. Στο 56^ο πενταήμερο του έτους, το πρώτο πενταήμερο του Οκτωβρίου, οι περισσότερες τάσεις των σταθμών της Ευρώπης είναι ανοδικές και μόνο 11 σταθμοί της Ισπανίας παρουσιάζουν στατιστική σημαντικότητα, ενώ αρνητική τάση εμφανίζεται σε επιμέρους σταθμούς, διασκορπισμένη σε όλη την ευρωπαϊκή επικράτεια. Στο δεύτερο πενταήμερο του Οκτώβρη, και 57^ο πενταήμερο του έτους, οι ανοδικές τάσεις που παρουσιάζουν στατιστική σημαντικότητα εξακολουθούν να είναι στην Ισπανία, ενώ η κεντρική, ανατολική, νοτιοανατολική και μεγάλο μέρος της βόρειας Ευρώπης έχει αρνητική τάση κάτι που ισχύει σε μικρότερο βαθμό, χωρίς τους σταθμούς της Γερμανίας, και για το επόμενο πενταήμερο. Στο 59^ο όλη η Σκανδιναβία και μεγάλο μέρος της ευρωπαϊκής Ρωσίας και 3 σταθμοί της Ρουμανίας χαρακτηρίζονται από αρνητική τάση, και παρουσιάζεται ένας σταθμός με στατιστικά σημαντική αρνητική τάση στην Εσθονία. Σε αυτό το πενταήμερο στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις εμφανίζονται σε 8 σταθμούς της νότιας Γαλλίας και 13 σταθμούς της νοτιοανατολικής Ισπανίας, καθώς επίσης στους 3 από τους 4 σταθμούς της Σερβίας, τον έναν σταθμό της Βοσνίας Ερζεγοβίνης και τους σταθμούς της Κροατίας. Στο 60^ο πενταήμερο η περιορισμένη στατιστική σημαντικότητα ανοδικών τάσεων εμφανίζεται στα Μεσογειακά παράλια και στα δυτικά παράλια της Ευρώπης, και σε λίγους σταθμούς στις κεντρικές περιοχές, ενώ 1 σταθμός της Νορβηγίας, 9 σταθμοί της Σουηδίας και πολλοί σταθμοί στη βορειοανατολική Ευρώπη παρουσιάζουν αρνητικές τάσεις. Το τελευταίο πενταήμερο του Οκτώβρη οι νοτιοανατολικές και κάποιες δυτικές περιοχές παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις και μόνο δύο από τους σταθμούς της Ρουμανίας έχουν ανοδική τάση, ενώ όλοι οι υπόλοιποι σταθμοί της χώρας παρουσιάζουν μη στατιστικά σημαντική πτωτική τάση των μέσων θερμοκρασιών (Σχήμα 16).





Σχήμα 16: Η τάση και η στατιστική σημαντικότητα των μέσων θερμοκρασιών των ευρωπαϊκών σταθμών για το κάθε πενταήμερο της φθινοπωρινής περιόδου κατά το χρονικό διάστημα 1961-2017. Με κόκκινο ανοδικό βέλος συμβολίζεται η ανοδική τάση και με μπλε καθοδικό βέλος η πτωτική τάση. Με γκρι σκιαγράφιση συμβολίζεται η στατιστική σημαντικότητα της τάσης.

Στο πρώτο πενταήμερο του Νοέμβρη, το 62^ο πενταήμερο του έτους, εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις σε όλες τις νοτιοδυτικές περιοχές της Ευρώπης και στο μεγαλύτερο μέρος της Γερμανίας, ενώ πτωτικές τάσεις παρατηρούνται όλους τους σταθμούς της Ρουμανίας, εκτός από 2, και στους 4 από τους 5 σταθμούς της Λιθουανίας. Στο επόμενο πενταήμερο η στατιστική σημαντικότητα των ανοδικών τάσεων περιορίζεται μόνο σε 3 σταθμούς του Ηνωμένου Βασιλείου, 5 σταθμούς της Ισπανίας, 1 της Ιρλανδίας και 3 της Γαλλίας, ενώ διάσπαρτοι σταθμοί στη βόρεια και κεντρική Ευρώπη παρουσιάζουν πτωτική τάση. Στο 64^ο πενταήμερο, που αντιστοιχεί στα μέσα του Νοεμβρίου, παρατηρείται στατιστική σημαντικότητα στα δυτικά παράλια της Ευρώπης και το Ηνωμένο Βασίλειο και την Ιρλανδία, καθώς και τις δυτικές ακτές της Νορβηγίας, καθώς 13 σταθμοί της Ρουμανίας εμφανίζουν πτωτική τάση. Στο προτελευταίο πενταήμερο οι ανοδικές τάσεις των μέσων ανωμαλιών της θερμοκρασίας παρουσιάζουν στατιστική σημαντικότητα στα δυτικά άκρα της Ευρώπης και σε κάποιες βόρειες περιοχές, οι οποίες φαίνονται να τη διατηρούν και στο τελευταίο πενταήμερο του φθινοπώρου (Σχήμα 16).

Η κυριαρχία των ανοδικών τάσεων στις μέσες θερμοκρασίες του φθινοπώρου υποδηλώνει την επέκταση της θερινής περιόδου και την τάση της να συρρικνώσει τη φθινοπωρινή περίοδο. Ωστόσο, ο αριθμός περιπτώσεων, ακόμα και μη στατιστικά σημαντικών, πτωτικών τάσεων που παρουσιάζουν πολλοί σταθμοί, είναι μεγαλύτερος στο φθινόπωρο από ότι στην εαρινή περίοδο για τις μέσες θερμοκρασίες, κάτι που σημαίνει ότι η έκταση του φαινομένου αυτού είναι περιορισμένη σε σχέση με την επέκταση του καλοκαιριού εις βάρος της άνοιξης. Τον Οκτώβριο, ενώ ξανά κυριαρχούν οι ανοδικές τάσεις, παρατηρούνται περισσότερες πτωτικές τάσεις από ότι παρατηρήθηκαν τον Σεπτέμβρη, και ταυτόχρονα παρατηρείται η ελάττωση των

σταθμών που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις. Στα πενταήμερα του Νοεμβρίου, οι ανοδικές τάσεις κυριαρχούν έναντι των καθοδικών αλλά δεν είναι πολλές οι περιπτώσεις που τις χαρακτηρίζει στατιστική σημαντικότητα. Δεδομένου αυτού, φαίνεται να επεκτείνονται οι υψηλές μέσες θερμοκρασίες της θερινής περιόδου και στο φθινόπωρο και έτσι να συρρικνώνεται η διάρκεια και αυτής της ενδιάμεσης εποχής, σε μικρότερη όμως χωρική έκταση από της συρρίκνωση της εαρινής περιόδου. Η εμφάνιση πτωτικών τάσεων σε πολλές περιοχές μπορεί να υποδεικνύει την πρόωρη έναρξη του χειμώνα σε αυτές και συνεπώς τη συρρίκνωση του φθινοπώρου από τη χειμερινή, αυτή τη φορά, περίοδο.

Ο Πίνακας 4 φανερώνει την αύξηση των μέσων θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου, ειδικά για τους πρώτους μήνες της ενδιάμεσης εποχής, υποστηρίζοντας την επέκταση του θέρους εις βάρος του φθινοπώρου. Ωστόσο, παρατηρείται ταυτόχρονα η μεγάλη συμμετοχή των σταθμών στις πτωτικές τάσεις που υπολογίστηκαν για τον Οκτώβρη και το γεγονός αυτό, παράλληλα με τις μη στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις του Νοεμβρίου ίσως υποδηλώνουν, όπως προαναφέρθηκε, τη μικρότερη έκταση του φαινομένου της επέκτασης της θερινής περιόδου, σε χωρικό επίπεδο.

	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
Αυστρία	100.0%	66.7%	83.3%	50.0%	50.0%	83.3%	100.0%	66.7%	50.0%	66.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	66.7%	100.0%	100.0%	100.0%
Βοσνία Ερζεγοβίνη	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Λευκορωσία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ελβετία	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	75.0%	75.0%	100.0%	75.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Γερμανία	88.5%	98.1%	100.0%	69.2%	67.3%	92.3%	100.0%	76.9%	78.8%	94.2%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	98.1%	100.0%	100.0%	100.0%
Δανία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Εσθονία	60.0%	80.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	60.0%	80.0%	100.0%	80.0%	100.0%	100.0%	80.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ισπανία	100.0%	100.0%	97.4%	71.1%	81.6%	55.3%	100.0%	94.7%	97.4%	100.0%	97.4%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	86.8%
Φινλανδία	69.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	97.0%	97.0%	81.8%	87.9%	75.8%	100.0%	100.0%	90.9%	100.0%	100.0%	100.0%
Γαλλία	96.6%	100.0%	100.0%	62.1%	89.7%	51.7%	100.0%	93.1%	96.6%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	82.8%	100.0%	100.0%	100.0%
Μεγάλη Βρετανία	92.3%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	61.5%	100.0%	100.0%	100.0%	92.3%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	84.6%
Ελλάδα	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Κροατία	100.0%	75.0%	100.0%	87.5%	87.5%	100.0%	100.0%	87.5%	62.5%	62.5%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	87.5%	100.0%	100.0%	100.0%
Ουγγαρία	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	50.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ιρλανδία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ισλανδία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ιταλία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Λιθουανία	75.0%	50.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	100.0%	75.0%	100.0%	75.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Λουξεμβούργο	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ολλανδία	77.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	83.3%	100.0%	83.3%	88.9%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Νορβηγία	100.0%	96.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	96.0%	76.0%	72.0%	80.0%	96.0%	100.0%	100.0%	84.0%	100.0%	92.0%	100.0%
Πολωνία	88.9%	66.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	77.8%	100.0%	77.8%	77.8%	88.9%	100.0%	77.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ρουμανία	100.0%	66.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	90.5%	90.5%	90.5%	100.0%	85.7%	100.0%	90.5%	90.5%	100.0%	61.9%	81.0%	85.7%
Σερβία	100.0%	66.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	66.7%	66.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ρωσία	61.5%	69.2%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	84.6%	53.8%	69.2%	69.2%	100.0%	100.0%	84.6%	100.0%	100.0%	92.3%
Σουηδία	87.1%	93.5%	100.0%	100.0%	96.8%	100.0%	98.4%	93.5%	59.7%	51.6%	75.8%	83.9%	93.5%	98.4%	87.1%	100.0%	100.0%	100.0%
Σλοβενία	100.0%	75.0%	100.0%	75.0%	75.0%	75.0%	100.0%	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Σλοβακία	100.0%	66.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	66.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ουκρανία	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	50.0%

Τίνακας 4: Τα ποσοστά των κυρίαρχων τάσεων της κάθε χώρας για το κάθε πενταήμερο των μέσων θερμοκρασιών της φθινοπωρινής περιόδου. Οι αποχρώσεις του πορτοκαλί και κόκκινου συναντώνται όταν οι περισσότεροι σταθμοί της εκάστοτε χώρας παρουσιάζουν ανοδικές τάσεις, ενώ οι αποχρώσεις του πράσινου και μπλε συναντώνται όταν οι περισσότεροι σταθμοί μιας χώρας παρουσιάζουν καθοδικές τάσεις. Το κίτρινο χρώμα συμβολίζει ισοψηφία των σταθμών.

3.3 Μέγιστες θερμοκρασίες

3.3.1 Άνοιξη (πενταήμερα 12^ο – 30^ο)

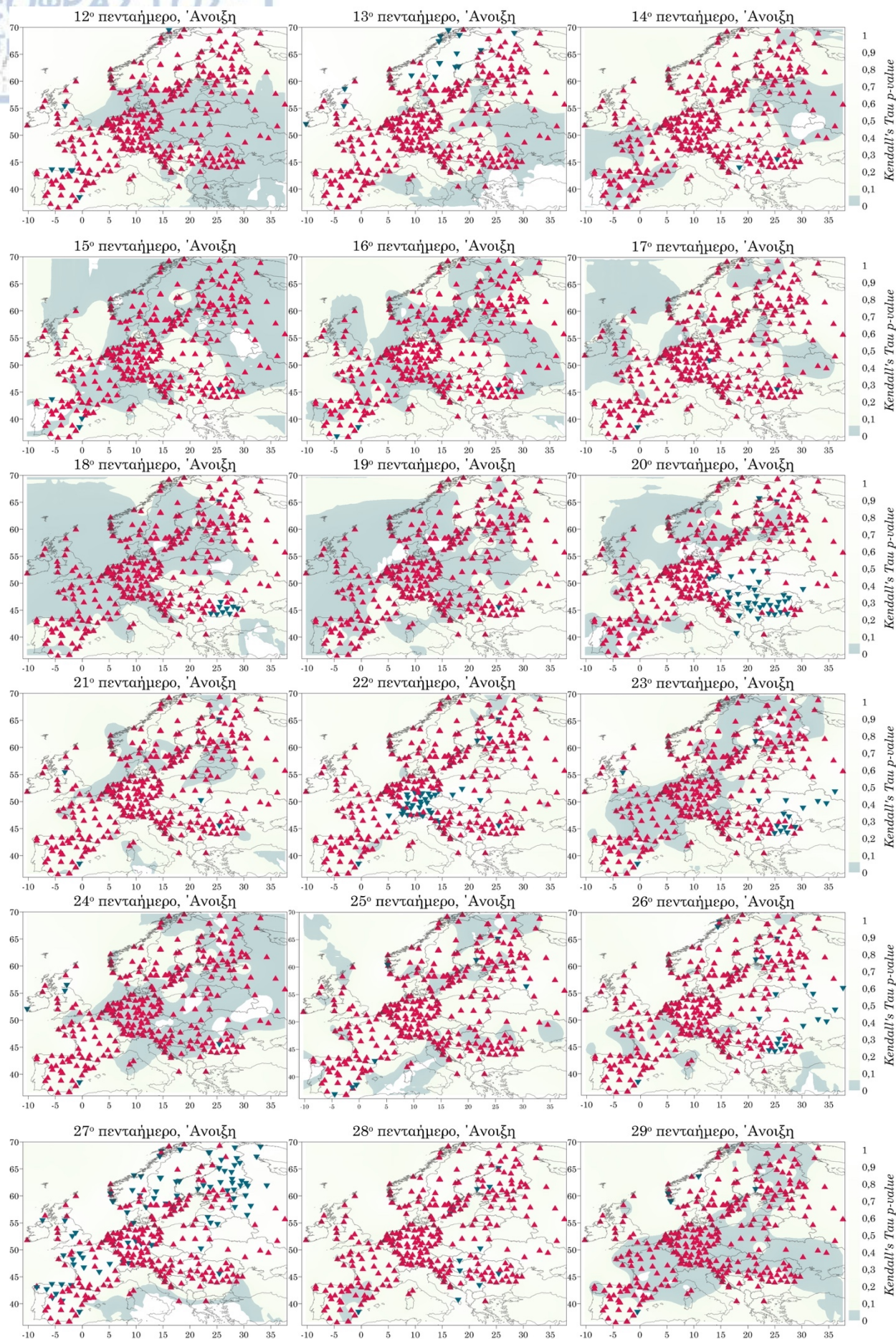
Κατά την εαρινή περίοδο παρατηρείται ότι ένα μεγάλο μέρος των τάσεων που εμφανίζονται είναι θετικές, με ελάχιστες και, κατά βάση, διάσπαρτες αρνητικές τάσεις να παρουσιάζονται σε διάφορες περιοχές. Σε πολλά πενταήμερα μεγάλο μέρος των θετικών τάσεων έχει τιμή του p-value μικρότερη του 0.05, δηλαδή είναι στατιστικά σημαντικές.

Το 12^ο πενταήμερο του έτους και πρώτο της εαρινής περιόδου εμφανίζει τις βόρειες περιοχές της κεντρικής Ευρώπης και όλη την ανατολική και νοτιοανατολική Ευρώπη με στατιστικά σημαντικές θετικές τάσεις και μόνο 5 σταθμοί της Ισπανίας και 1 του Ηνωμένου Βασιλείου εμφανίζουν μη στατιστικά σημαντικές πτωτικές τάσεις. Για τα επόμενα 2 πενταήμερα, τα δύο πρώτα πενταήμερα του Μαρτίου, το φαινόμενο αυτό περιορίζεται, στις ανατολικές και νότιες περιοχές το 13^ο πενταήμερο και στις βορειοανατολικές και νοτιοδυτικές περιοχές της Ευρώπης το 14^ο πενταήμερο. Οι πτωτικές τάσεις στους δύο αυτούς χάρτες παρουσιάζονται σε βόρειους σταθμούς της Σκανδιναβίας και σε δύο σταθμούς του Ηνωμένου Βασιλείου και σε έναν της Ιρλανδίας στο 13^ο πενταήμερο, ενώ στο 14^ο μόνο 2 σταθμοί παρουσιάζουν καθοδικές τάσεις, 1 της Ρουμανίας και ο σταθμός της Βοσνίας Ερζεγοβίνης. Στο 15^ο και 16^ο πενταήμερο, στα μέσα του Μαρτίου, η στατιστική σημαντικότητα των θετικών τάσεων των μεγίστων θερμοκρασιών επικρατούν σε όλη την Ευρώπη, εκτός από την Πολωνία, ένα μέρος των Βαλκανίων και της Αγγλίας και το βόρειο και νότιο κομμάτι της Ισπανίας (Σχήμα 17).

Το 18^ο και 19^ο πενταήμερο, το τελευταίο πενταήμερο του Μάρτη και το πρώτο του Απριλίου, δείχνουν επίσης ένα μεγάλο μέρος των, σχεδόν, μόνο θετικών τάσεων που παρουσιάζονται σε όλη την περιοχή της Ευρώπης, να είναι στατιστικά σημαντικό. Οι στατιστικά σημαντικές θετικές αυτές τάσεις παρουσιάζονται με κάποιες μικρές εξαιρέσεις στα κεντρικά της Ισπανίας και των Βαλκανίων, στις βορειότερες περιοχές τη Σκανδιναβίας και της Ρωσίας και επιπλέον ένα μικρό μέρος της Γαλλίας, μόνο για το 19^ο πενταήμερο. Στο 18^ο πενταήμερο 9 σταθμοί της Ρουμανίας εμφανίζουν πτωτική τάση, ενώ για το 19^ο πενταήμερο ισχύει το ίδιο μόνο για έναν σταθμό της Ρουμανίας (Σχήμα 17).

Από το 20^ο πενταήμερο, το δεύτερο πενταήμερο του Απριλίου, αρχίζει να περιορίζεται η στατιστική σημαντικότητα των θετικών τάσεων στις νότιες περιοχές της Σκανδιναβίας και στη δυτική Ευρώπη, ενώ τα Βαλκάνια παρουσιάζουν κατά βάση καθοδικές τάσεις. Στα επόμενα δύο πενταήμερα είναι πολύ μικρότερο το μέρος των θετικών τάσεων που είναι στατιστικά σημαντικές και στο 22^ο πενταήμερο 26 από τους σταθμούς της Γερμανίας, 3 από τους σταθμούς της Πολωνίας, 1 σταθμός της Ρουμανίας, της Γαλλίας, της Ισπανίας και 3 σταθμοί της Αυστρίας παρουσιάζουν πτωτικές τάσεις των μεγίστων θερμοκρασιών. Ωστόσο, για το 23^ο και 24^ο πενταήμερο, παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές θετικές τάσεις στην κεντρική, νοτιοδυτική και βορειοανατολική Ευρώπη, και έπειτα στην κεντρική, ανατολική, νοτιοανατολική και βορειοανατολική Ευρώπη, αντίστοιχα. Στο 23^ο πενταήμερο του έτους, και προτελευταίο πενταήμερο του Απριλίου, παρατηρούνται πτωτικές τάσεις σε έναν σταθμό της Ισπανίας και του Ηνωμένου Βασιλείου, σε 8 σταθμούς της Ρουμανίας και σε έναν σταθμό της Πολωνίας και της Ρωσίας (Σχήμα 17).

Τα επόμενα πενταήμερα δεν παρουσιάζουν εκτεταμένη στατιστική σημαντικότητα των θετικών τάσεων των μεγίστων θερμοκρασιών. Στο 25^ο πενταήμερο, το πρώτο του Μαΐου οι πτωτικές τάσεις εμφανίζονται σε διάσπαρτους σταθμούς, στο 26^ο εμφανίζονται στους ανατολικούς σταθμούς της Ευρώπης, στο 27^ο μεγάλος αριθμός σταθμών σε όλη την ευρωπαϊκή επικράτεια παρουσιάζει πτωτική τάση, ενώ στο 28^ο πενταήμερο, στα μέσα του Μαΐου, οι σταθμοί με πτωτική τάση είναι λίγοι και μεμονωμένοι χωρικά. Το 29^ο πενταήμερο εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές όλες οι θετικές τάσεις που υπολογίστηκαν εκτός από ένα μεγάλο μέρος της Ισπανίας, της Αγγλίας της Σουηδίας, της Νορβηγίας, της Ρωσίας και ένα μικρό μέρος των Βαλκανίων ενώ καθοδικές τάσης της μέγιστης θερμοκρασίας εμφανίζονται σε 3 σταθμούς της Νορβηγίας, 1 της Σουηδίας και της Ισπανίας. Το τελευταίο πενταήμερο της άνοιξης και του Μαΐου, παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές τάσεις σε ένα μέρος της κεντρικής Ευρώπης, σε όλη τη Γαλλία και την περισσότερη Ισπανία ενώ το μεγαλύτερο μέρος των σταθμών στη Φινλανδία, 6 σταθμοί στη Σουηδία και 1 στη Νορβηγία και το Ηνωμένο Βασίλειο εμφανίζουν πτωτική τάση (Σχήμα 17).





Σχήμα 17: Η τάση και η στατιστική σημαντικότητα των μεγίστων θερμοκρασιών των ευρωπαϊκών σταθμών για το κάθε πενταήμερο της εαρινής περιόδου κατά το χρονικό διάστημα 1961-2017. Με κόκκινο ανοδικό βέλος συμβολίζεται η ανοδική τάση και με μπλε καθοδικό βέλος η πτωτική τάση. Με γκρι σκιαγράφηση συμβολίζεται η στατιστική σημαντικότητα της τάσης.

Το μεγαλύτερο μέρος των τάσεων που υπολογίστηκαν για τους ευρωπαϊκούς σταθμούς παρουσιάζει άνοδο των μεγίστων θερμοκρασιών, κάτι που ενισχύει την άποψη της πρόωρης αύξησης των θερμοκρασιών κατά την εαρινή περίοδο, ίσως και την απότομη μετάβαση από τη χειμερινή περίοδο στη θερινή, τείνοντας στη συρρίκνωση της διάρκειας της άνοιξης. Ωστόσο, η άνοιξη μπορεί να μετατοπίζεται νωρίτερα στο έτος. Η επέκταση της θερινής περιόδου εις βάρος της άνοιξης επιβεβαιώνεται και από τη γενική εικόνα των μεγίστων θερμοκρασιών του τελευταίου εαρινού μήνα που φαίνεται να αυξάνονται σε σχέση με την περίοδο αναφοράς και σε πολλές περιπτώσεις η αύξηση αυτή είναι στατιστικά σημαντική. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι το 27^ο πενταήμερο των μεγίστων θερμοκρασιών διαφέρει από τα υπόλοιπα, καθώς παρουσιάζει πολλούς σταθμούς να εμφανίζουν μειωμένες θερμοκρασίες από την περίοδο αναφοράς, αν και δεν εμφανίζουν στατιστική σημαντικότητα.

Στον Πίνακα 5 είναι ξεκάθαρη η συντριπτική πλειοψηφία των σταθμών που εμφανίζουν ανοδική τάση των μεγίστων θερμοκρασιών κατά την εαρινή περίοδο επιβεβαιώνοντας την άποψη της μεγέθυνσης του καλοκαιριού, μειώνοντας τη διάρκεια της άνοιξης. Παρατηρείται ότι κατά το 20^ο πενταήμερο οι μέγιστες θερμοκρασίες έχουν πτωτική τάση σε 8 από τις Ευρωπαϊκές χώρες.

	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Αυστρία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	66.7%	100.0%	66.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Βοσνία Ερζεγοβίνη	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Λευκορωσία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ελβετία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	50.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Γερμανία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	98.1%	100.0%	100.0%	94.2%	100.0%	57.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	90.4%	100.0%	100.0%	100.0%
Δανία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Εσθονία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	80.0%	100.0%	100.0%	60.0%
Ισπανία	84.2%	100.0%	100.0%	92.1%	94.7%	97.4%	100.0%	100.0%	100.0%	97.4%	97.4%	97.4%	97.4%	92.1%	97.4%	73.7%	97.4%	97.4%	100.0%
Φινλανδία	100.0%	97.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	97.0%	100.0%	97.0%	97.0%	90.9%	97.0%	100.0%	93.9%	90.9%	63.6%	90.9%	97.0%	54.5%
Γαλλία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	89.7%	100.0%	100.0%	96.6%	100.0%	72.4%	100.0%	100.0%	100.0%
Μεγάλη Βρετανία	92.3%	84.6%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	92.3%	100.0%	92.3%	84.6%	100.0%	100.0%	76.9%	100.0%	100.0%	92.3%
Ελλάδα	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Κροατία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ουγγαρία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%
Ιρλανδία	100.0%	50.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	50.0%	100.0%	100.0%	50.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ισλανδία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ιταλία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Λιθουανία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Λουξεμβούργο	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ολλανδία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Νορβηγία	96.0%	72.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	96.0%	88.0%	60.0%	100.0%	84.0%	96.0%
Πολωνία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	66.7%	88.9%	66.7%	88.9%	100.0%	100.0%	88.9%	88.9%	88.9%	100.0%	100.0%
Ρουμανία	100.0%	100.0%	95.2%	95.2%	95.2%	95.2%	57.1%	95.2%	66.7%	95.2%	95.2%	61.9%	95.2%	100.0%	71.4%	95.2%	95.2%	100.0%	100.0%
Σερβία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	66.7%	100.0%	100.0%
Ρωσία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	92.3%	100.0%	92.3%	69.2%	61.5%	100.0%	100.0%	84.6%
Σουηδία	100.0%	79.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	98.4%	100.0%	98.4%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	72.6%	96.8%	100.0%	83.9%
Σλοβενία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	50.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Σλοβακία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	66.7%	100.0%	100.0%
Ουκρανία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Τίνακας 5: Τα ποσοστά των κυρίαρχων τάσεων της κάθε χώρας για το κάθε πεντάημερο των μεγίστων θερμοκρασιών της εαρινής περιόδου. Οι αποχρώσεις του πορτοκαλί και κόκκινου συναντώνται όταν οι περισσότεροι σταθμοί της εκάστοτε χώρας παρουσιάζουν ανοδικές τάσεις, ενώ οι αποχρώσεις του πράσινου και μπλε συναντώνται όταν οι περισσότεροι σταθμοί μιας χώρας παρουσιάζουν καθοδικές τάσεις. Το ίτρινο χρώμα συμβολίζει ισοψηφία των σταθμών.

3.3.2 Φθινόπωρο (πενταήμερο 49° – 66°)

Σε γενικές γραμμές, οι περισσότερες τάσεις που εμφανίζονται στους χάρτες των φθινοπωρινών πενταημέρων είναι θετικές, με παράλληλη απεικόνιση και αρκετών επιμέρους αρνητικών τάσεων. Σε αυτή την ομάδα χαρτών η στατιστική σημαντικότητα των αποτελεσμάτων είναι σχετικά περιορισμένη, σε συνολικό επίπεδο.

Στα πρώτα δύο πενταήμερα του φθινοπώρου, που αντιπροσωπεύουν και τα δύο πρώτα πενταήμερα του Σεπτεμβρίου, παρατηρείται ότι η στατιστική σημαντικότητα των θετικών τάσεων αφορά λίγους σταθμούς. Συγκεκριμένα, οι σταθμοί της νοτιοδυτικής Ευρώπης, στο νότιο μέρος της Γαλλίας και το βόρειο της Ισπανίας, των μεσογειακών παράκτιων περιοχών και της νοτιοανατολικής Ευρώπης παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική ανοδική τάση των μεγίστων θερμοκρασιών. Οι αρνητικές τάσεις του πενταημέρου αυτού είναι σχετικά διεσπαρμένες, με κάποιες περιπτώσεις σταθμών στη Γερμανία, περισσότερες στη βόρεια και βορειοανατολική Ευρώπη, μια στην Ισπανία και την Ιρλανδία και 2 στο Ηνωμένο Βασίλειο. Στο 50° πενταήμερο του έτους, η στατιστική σημαντικότητα αυξάνει, καλύπτοντας μεγαλύτερο μέρος της Γαλλίας, των δυτικών ακτών και μέρος της Αγγλίας και μικρό μέρος της βόρειας Ευρώπης. Σε αυτό το πενταήμερο οι αρνητικές τάσεις συγκεντρώνονται στις νοτιοανατολικές και ανατολικές, κυρίως, χώρες με μικρή εξάπλωση προς τα κεντρικά. Το 51° πενταήμερο παρουσιάζει στατιστική σημαντικότητα των θετικών τάσεων σε όλη τη βόρεια Ευρώπη, των δυτικών ακτών και μέρος της Αγγλίας, καθώς επίσης στις ακτές της Μεσογείου, με πολύ μεμονωμένες εμφανίσεις καθοδικών τάσεων. Το 52° πενταήμερο, στα μέσα του Σεπτεμβρίου, εμφανίζει στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις στους σταθμούς της Σκανδιναβίας, και αρνητικές τάσεις στο μεγαλύτερο μέρος των σταθμών της Γερμανίας, σε 4 σταθμούς της Πολωνίας, σε 6 σταθμούς της Γαλλίας, και της Ισπανίας και σε 4 σταθμούς των Βαλκανίων. Στο 53° πενταήμερο του έτους οι στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις περιορίζονται στη Φινλανδία και τους βόρειους σταθμούς της Ρωσίας, και στους σταθμούς των δυτικών ακτών της Νορβηγίας, ενώ το μεγαλύτερο μέρος των σταθμών των Βαλκανίων, της Αυστρίας, κάποιοι σταθμοί της Γερμανίας, 4 σταθμοί της Ισπανίας και ένας της Αγγλίας παρουσιάζουν πτωτική τάση. Στο 54° και 55° πενταήμερο οι στατιστικά σημαντικές θετικές τάσεις χαρακτηρίζουν τους σταθμούς στις νότιες περιοχές της βόρειας Ευρώπης και σε κάποιες δυτικές περιοχές και παραμένουν εξαιρετικά περιορισμένες μέχρι και το 60° πενταήμερο. Ωστόσο σε αυτά τα πενταήμερα μεγάλο μέρος των σταθμών παρουσιάζουν πτωτική

τάση των μεγίστων θερμοκρασιών. Συγκεκριμένα, στο προτελευταίο πενταήμερο του Σεπτεμβρίου (54^ο πενταήμερο), 15 σταθμοί της Γερμανίας, 13 σταθμοί της Γαλλίας, 16 σταθμοί της Ισπανίας, 3 σταθμοί της Κροατίας και της Αυστρίας και 1 σταθμός της Ρουμανίας εμφάνισαν πτωτικές τάσεις. Στο 55^ο πενθήμερο οι σταθμοί με καθοδικές τάσεις μειώθηκαν σημαντικά, με 15 σταθμούς των Βαλκανίων και 1 της Γερμανίας, της Αυστρίας και της Ισπανίας να δείχνουν μειωμένες μέγιστες θερμοκρασίες σε σχέση με την περίοδο αναφοράς ενώ στις υπόλοιπες περιπτώσεις σταθμών συναντάται ανοδική τάση, σπανίως στατιστικά σημαντική (Σχήμα 18).

Η πλειοψηφία των σταθμών της Γερμανίας, του Ηνωμένου Βασιλείου, της Αυστρίας, της Κροατίας της Πολωνίας, της Σλοβακίας, της Ιρλανδίας, για το πρώτο πενταήμερο του Οκτωβρίου (56^ο) παρουσιάζει πτωτική τάση, ενώ στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις έχουν μόνο 9 σταθμοί της Νορβηγίας, 2 σταθμοί της Φινλανδίας και 6 σταθμοί της Ισπανίας. Το επόμενο πενταήμερο έχει στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις σε 6 σταθμούς της Ισπανίας, ενώ όλη η κεντρική και ανατολική Ευρώπη, με ένα μέρος των βόρειων χωρών της έχουν αρνητικές τάσεις. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε αυτό το πενταήμερο παρουσιάζεται ένας σταθμός της Ρουμανίας με στατιστικά σημαντική καθοδική τάση. Κάτι αντίστοιχο συναντάται στο επόμενο πενταήμερο (58^ο) όπου παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές καθοδικές τάσεις 3 σταθμών της Ρουμανίας. Σε αυτό το πενταήμερο όλοι οι σταθμοί της ανατολικής Ευρώπης έχουν καθοδική τάση μαζί με τον σταθμό της Ελλάδας, παράλληλα με κάποιους σταθμούς της Σκανδιναβίας και 8 σταθμούς της κεντρικής Ευρώπης, ενώ στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις παρατηρούνται μόνο σε 2 σταθμούς της Ισπανίας και έναν της Ρωσίας. Στο 59^ο πενθήμερο του έτους, στα μέσα του Οκτώβρη, οι περισσότεροι σταθμοί της Σκανδιναβίας και της βορειοανατολικής Ευρώπης με 6 σταθμούς της δυτικής Ευρώπης παρουσιάζουν πτωτική τάση των μεγίστων θερμοκρασιών, εκ των οποίων ένας σταθμός της Ρωσίας εμφανίζει στατιστική σημαντικότητα, ενώ μόνο 2 σταθμοί στην Κορσική εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις. Η ίδια κατάσταση διατηρείται και στο επόμενο και προτελευταίο πενταήμερο του Οκτωβρίου, με τη διαφορά ότι οι σταθμοί των μεσογειακών σταθμών και κάποιοι σταθμοί των δυτικών ακτών της Ευρώπης παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις των μεγίστων θερμοκρασιών (Σχήμα 18).

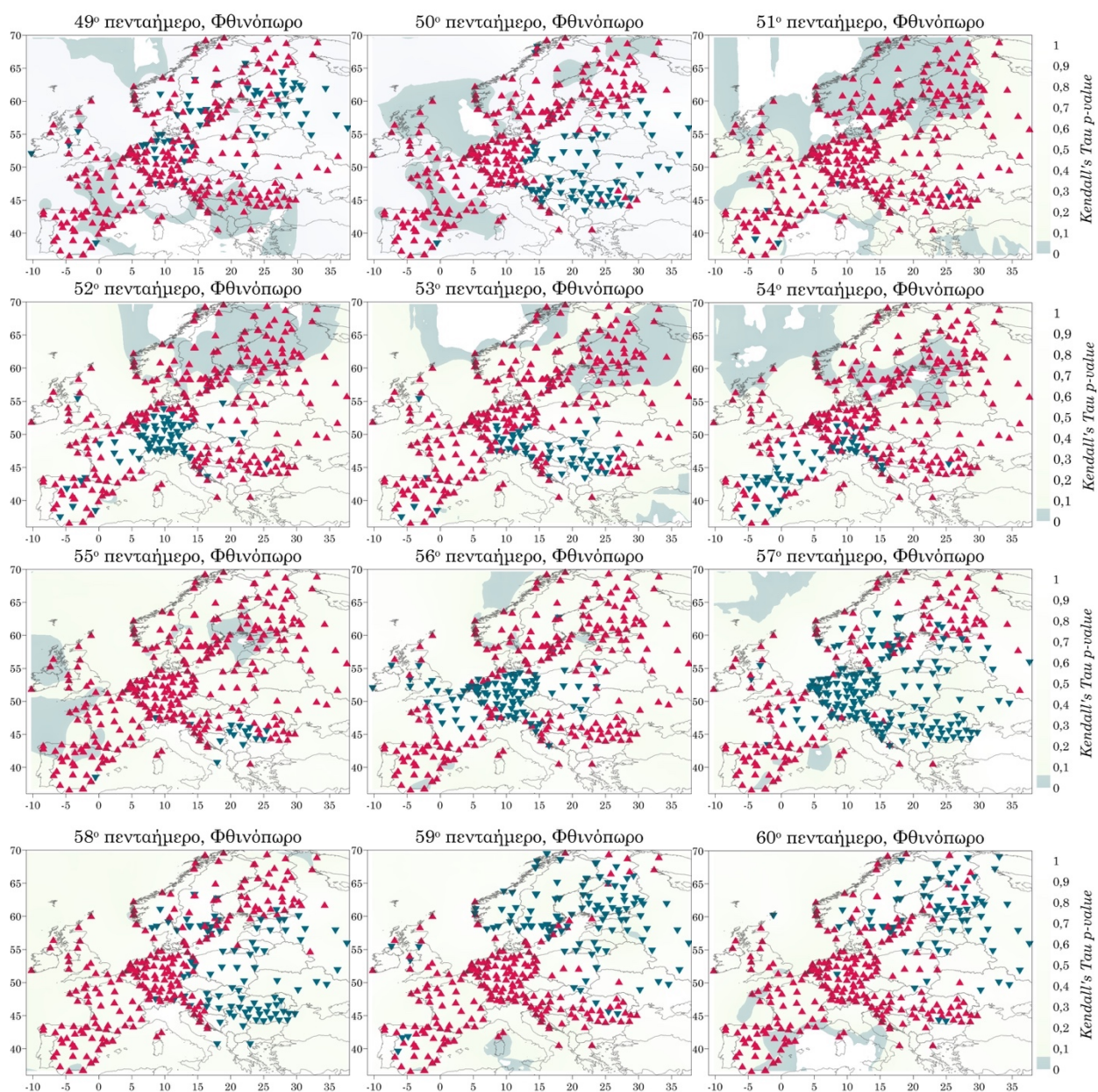
Στο 61^ο πενταήμερο, που εκπροσωπεί το τελευταίο πενταήμερο του Οκτώβρη, το μεγαλύτερο μέρος της νοτιοδυτικής και δυτικής Ευρώπης δείχνει να έχει θετικές τάσεις στατιστικά σημαντικές, ενώ οι αρνητικές τάσεις περιορίζονται στην περιοχή της

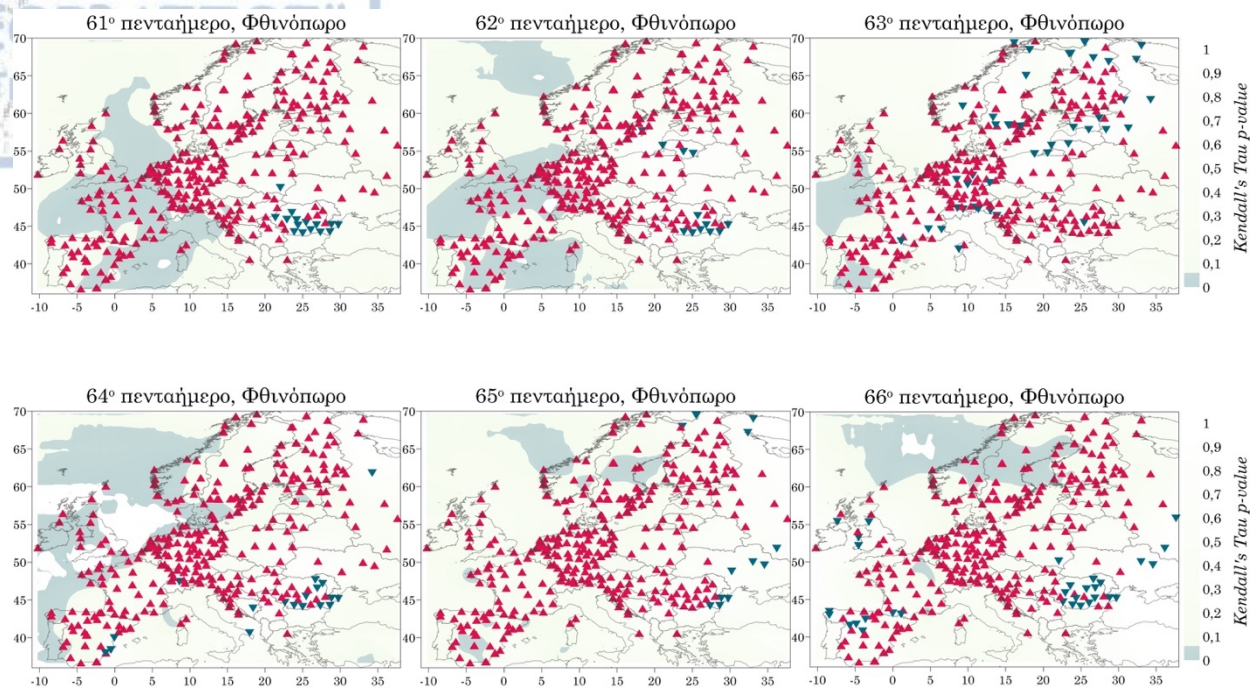
Ρουμανίας, κάτι που διατηρείται και για το επόμενο πενταήμερο. Στο 63^ο πενταήμερο, οι στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις εμφανίζονται σε σταθμούς της νότιας Ισπανίας, της δυτικής Γαλλίας και του δυτικού Ηνωμένου Βασιλείου, ενώ καθοδικές τάσεις παρουσιάζονται σε διάσπαρτους σταθμούς της Ευρώπης. Στο 64^ο πενταήμερο, στα μέσα του Νοέμβρη, οι στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις υπάρχουν στις ακτές της δυτικής Ευρώπης, ενώ 3 σταθμοί της Ισπανίας, 1 της Κροατίας, της Ιταλίας, της Σλοβενίας, της Ρωσίας και 11 σταθμοί της Ρουμανίας παρουσιάζουν πτωτικές τάσεις της μέγιστης θερμοκρασίας. Στο 66^ο πενταήμερο μόνο κάποιοι σταθμοί της βόρειας Ευρώπης παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις, καθώς 4 σταθμοί σε αυτή την περιοχή εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές τάσεις παράλληλα με 4 σταθμούς της Ρουμανίας και 3 της Ουκρανίας (Σχήμα 18).

Οι μέγιστες θερμοκρασίες παρουσιάζουν κατά βάση θετικές ανωμαλίες κατά το πρώτο μήνα του φθινοπώρου, αλλά είναι αρκετές οι περιπτώσεις των αρνητικών ανωμαλιών, οι οποίες μετατοπίζονται προς τα νότια όσο προχωράει ο μήνας. Αυτό υποδηλώνει ότι η επέκταση της θερινής περιόδου πραγματοποιείται στις αρχές του Σεπτεμβρίου στις νότιες χώρες της Ευρώπης, ενώ στον βορρά οι θερμοκρασίες τείνουν να αυξάνονται σε σχέση με αυτές της περιόδου αναφοράς στο τέλος του μήνα. Στον μήνα του Οκτωβρίου συναντώνται οι περισσότερες αρνητικές ανωμαλίες του φθινοπώρου οι οποίες με το πέρασμα του μήνα μετατοπίζονται από την κεντρική προς τη βόρεια Ευρώπη, γεγονός που μπορεί να υποδηλώνει την πρόωρη άφιξη του χειμώνα για αυτές τις περιοχές. Οι περισσότερες αρνητικές ανωμαλίες συναντώνται στο 56^ο-59^ο πενταήμερο. Αντίθετα, οι θετικές ανωμαλίες συναντώνται κατά βάση στην κεντρική και νότια Ευρώπη, που σημαίνει ότι σε αυτές τις περιοχές τείνει να επεκτείνεται η διάρκεια της θερινής περιόδου. Στον τελευταίο μήνα του φθινοπώρου επικρατούν οι θετικές ανωμαλίες στην ευρωπαϊκή επικράτεια, κάτι που έρχεται σε αντίθεση με τις αρνητικές τάσεις που παρατηρήθηκαν στον μήνα του Οκτώβρη. Ωστόσο, η στατιστική σημαντικότητα των θετικών αυτών ανωμαλιών είναι σχετικά περιορισμένη.

Η εικόνα του Πίνακα 6 διαφέρει από αυτή των υπόλοιπων πινάκων μέχρι τώρα, καθώς υπάρχει μεγάλος αριθμός χωρών που παρουσιάζουν υψηλά ποσοστά πτωτικών τάσεων. Οι πτωτικές αυτές τάσεις των μεγίστων θερμοκρασιών παρατηρούνται κατά την έναρξη του φθινοπώρου αλλά, σε ακόμα μεγαλύτερο βαθμό, στη μέση της εποχής και λιγότερο στο τέλος της. Πολλές από τις χώρες που εμφανίζουν αρνητικές ανωμαλίες ανήκουν στην βόρεια Ευρώπη αλλά αυτό δεν αποτελεί κανόνα καθώς,

ειδικά κατά τα πενταήμερα του Οκτώβρη, καθώς πολλές χώρες παρουσιάζουν πτωτική τάση από όλη την Ευρώπη, εκτός από τις νοτιοδυτικές χώρες. Η επέκταση του καλοκαιριού προς το φθινόπωρο είναι λιγότερο εμφανής στις μέγιστες θερμοκρασίες, εξαιτίας της μικρότερης χωρικής έκτασης αλλά και του μικρότερου πλήθους σταθμών που παρουσιάζουν στατιστική σημαντικότητα στις ανοδικές τάσεις των μεγίστων θερμοκρασιών. Ωστόσο, δεν μπορεί να αγνοηθεί η επικράτηση των θετικών τάσεων έναντι των αρνητικών.





Σχήμα 18: Η τάση και η στατιστική σημαντικότητα των μεγίστων θερμοκρασιών των ευρωπαϊκών σταθμών για το κάθε πενταήμερο της φθινοπωρινής περιόδου κατά το χρονικό διάστημα 1961-2017. Με κόκκινο ανοδικό βέλος συμβολίζεται η ανοδική τάση και με μπλε καθοδικό βέλος η πτωτική τάση. Με γκρι σκιαγράφιση συμβολίζεται η στατιστική σημαντικότητα της τάσης

	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
Αυστρία	66.7%	50.0%	100.0%	50.0%	66.7%	50.0%	100.0%	66.7%	66.7%	50.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	66.7%	100.0%	100.0%	100.0%
Βοσνία Ερζεγοβίνη	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Λευκορωσία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ελβετία	75.0%	75.0%	75.0%	100.0%	75.0%	100.0%	75.0%	75.0%	75.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	50.0%	75.0%	100.0%	100.0%
Γερμανία	76.9%	90.4%	100.0%	71.2%	69.2%	76.9%	100.0%	78.8%	96.2%	92.3%	100.0%	98.1%	100.0%	100.0%	90.4%	100.0%	100.0%	100.0%
Δανία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Εσθονία	60.0%	80.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	80.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	60.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ισπανία	97.4%	97.4%	89.5%	78.9%	86.8%	55.3%	97.4%	100.0%	97.4%	100.0%	92.1%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	92.1%	100.0%	84.2%
Φινλανδία	63.6%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	93.9%	97.0%	84.8%	72.7%	100.0%	100.0%	90.9%	100.0%	97.0%	100.0%
Γαλλία	100.0%	100.0%	100.0%	75.9%	100.0%	58.6%	100.0%	65.5%	79.3%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	86.2%	100.0%	100.0%	93.1%
Μεγάλη Βρετανία	84.6%	100.0%	100.0%	92.3%	92.3%	100.0%	100.0%	53.8%	84.6%	100.0%	84.6%	92.3%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	76.9%
Ελλάδα	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Κροατία	100.0%	50.0%	100.0%	75.0%	75.0%	75.0%	100.0%	75.0%	87.5%	87.5%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ουγγαρία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ιρλανδία	50.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	50.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	50.0%
Ισλανδία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ιταλία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Λιθουανία	75.0%	50.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	50.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Λουξεμβούργο	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ολλανδία	88.9%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	77.8%	88.9%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Νορβηγία	96.0%	92.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	80.0%	84.0%	72.0%	88.0%	100.0%	100.0%	84.0%	100.0%	92.0%	100.0%
Πολωνία	88.9%	88.9%	100.0%	66.7%	77.8%	100.0%	100.0%	77.8%	100.0%	77.8%	55.6%	77.8%	88.9%	100.0%	88.9%	100.0%	100.0%	88.9%
Ρουμανία	100.0%	76.2%	95.2%	95.2%	52.4%	95.2%	66.7%	100.0%	100.0%	100.0%	85.7%	90.5%	66.7%	61.9%	95.2%	52.4%	81.0%	66.7%
Σερβία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ρωσία	69.2%	69.2%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	53.8%	61.5%	84.6%	92.3%	100.0%	100.0%	53.8%	92.3%	76.9%	84.6%
Σουηδία	72.6%	96.8%	100.0%	98.4%	98.4%	100.0%	100.0%	96.8%	53.2%	64.5%	82.3%	58.1%	100.0%	98.4%	85.5%	100.0%	100.0%	100.0%
Σλοβενία	100.0%	100.0%	100.0%	50.0%	50.0%	50.0%	75.0%	75.0%	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Σλοβακία	100.0%	100.0%	100.0%	66.7%	100.0%	100.0%	100.0%	66.7%	100.0%	100.0%	66.7%	66.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ουκρανία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	50.0%

Πίνακας 6: Τα ποσοστά των κυρίαρχων τάσεων της κάθε χώρας για το κάθε πενταήμερο των μεγίστων θερμοκρασιών της φθινοπωρινής περιόδου. Οι αποχρώσεις του πορτοκαλί και κόκκινου συναντώνται όταν οι περισσότεροι σταθμοί της εκάστοτε χώρας παρουσιάζουν ανοδικές τάσεις, ενώ οι αποχρώσεις του πράσινου και μπλε συναντώνται όταν οι περισσότεροι σταθμοί μιας χώρας παρουσιάζουν καθοδικές τάσεις. Το κίτρινο χρώμα συμβολίζει ισοψηφία των σταθμών.

3.4 Ελάχιστες θερμοκρασίες

3.4.1 Άνοιξη (πενταήμερα 12^ο – 30^ο)

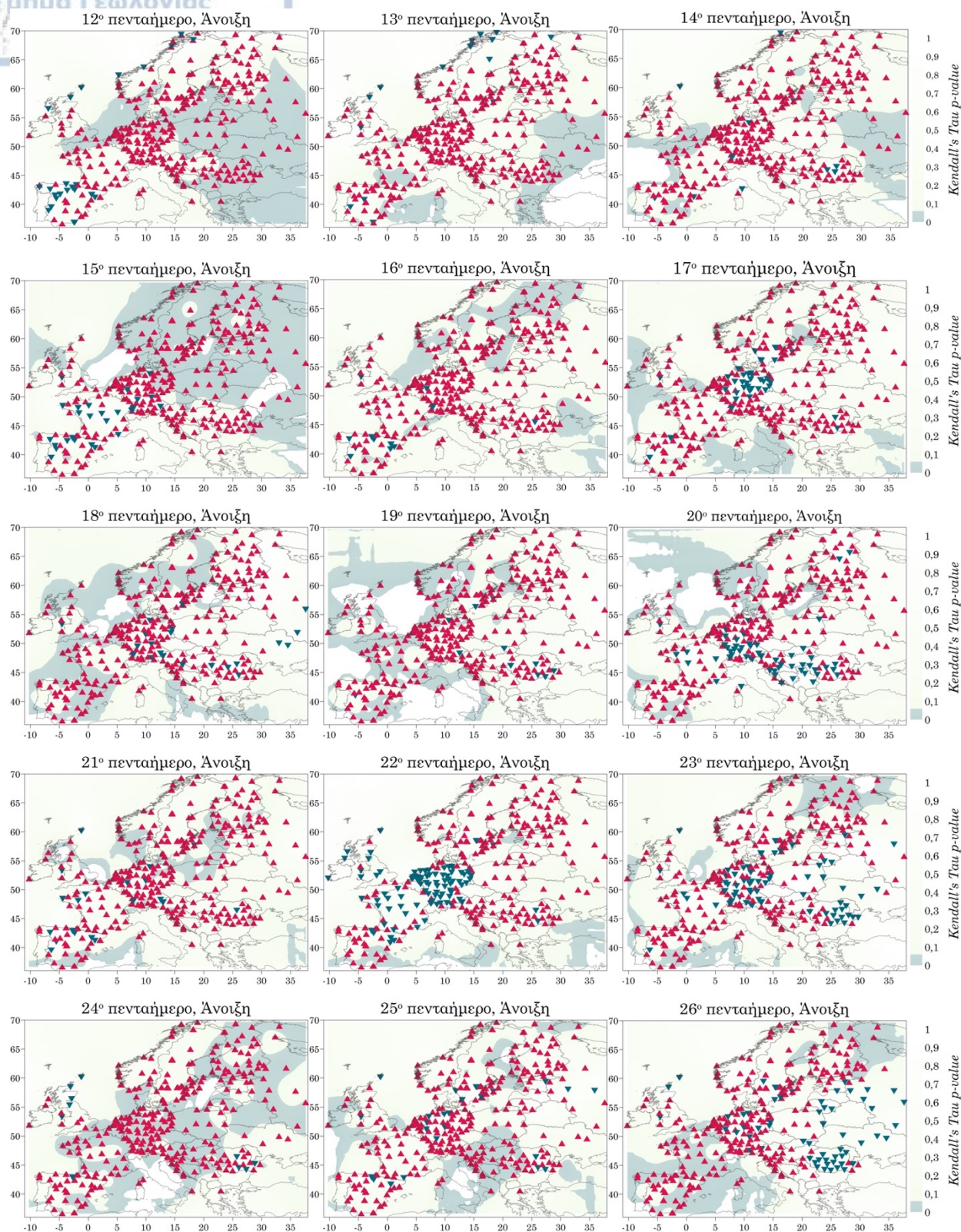
Οι ελάχιστες θερμοκρασίες τους εαρινούς μήνες παρουσιάζουν κατά κύριο λόγο ανοδική τάση, ωστόσο έχουν περισσότερες πτωτικές τάσεις από τις μέσες και μέγιστες θερμοκρασίες κατά την εαρινή περίοδο, και αυτές εμφανίζονται κατά βάση συγκεντρωμένες σε εκτεταμένες περιοχές της Ευρώπης. Η στατιστική σημαντικότητα των τάσεων δεν είναι τόσο έντονη όσο τους εαρινούς μήνες των μέσων και μεγίστων θερμοκρασιών αλλά υπάρχουν χάρτες με μεγάλες περιοχές που την παρουσιάζουν.

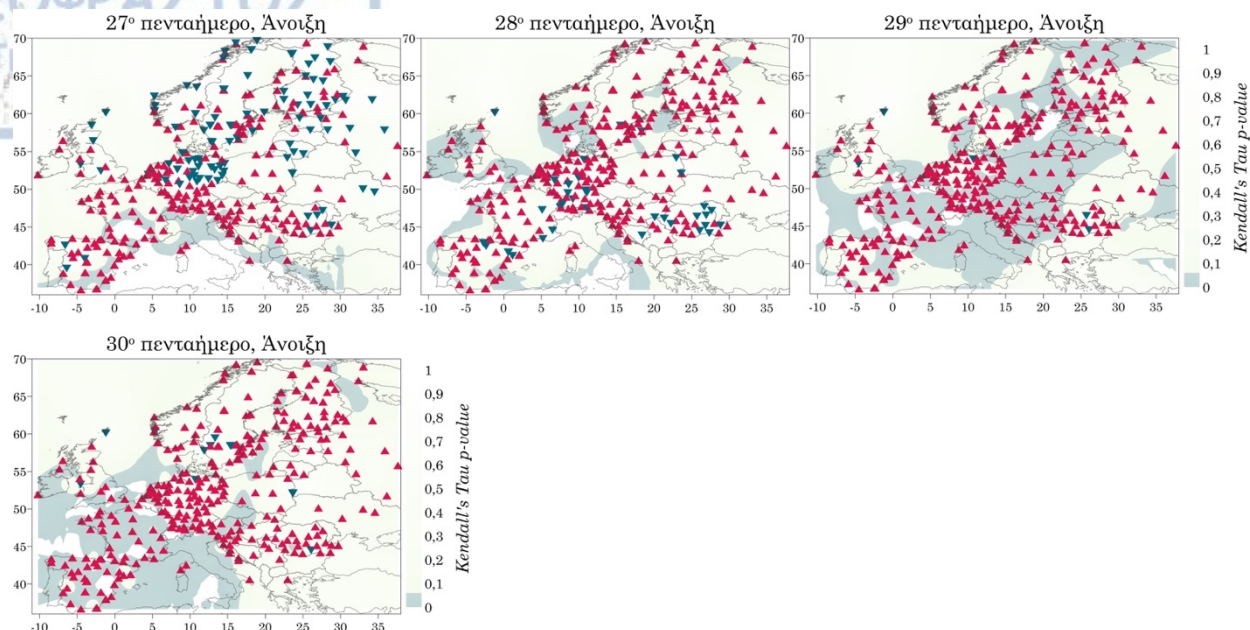
Πιο συγκεκριμένα, στο 12^ο πενταήμερο μεγάλες περιοχές της δυτικής Ευρώπης, μικρές της κεντρικής και μεγάλες περιοχές της ανατολικής και νοτιοανατολικής Ευρώπης παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις των ελαχίστων θερμοκρασιών. Οι αρνητικές τάσεις για το πενταήμερο αυτό τοποθετούνται στην Ισπανία και στα βορειοδυτικά παράλια της Ευρώπης. Για το 13^ο και 14^ο πενταήμερο, τα δύο πρώτα πενταήμερα του Μαρτίου, στατιστικά σημαντικές θετικές τάσεις φαίνονται μόνο στην ανατολική Ευρώπη και σε μικρή περιοχή της Γαλλίας και Ισπανίας, ενώ οι αρνητικές ανωμαλίες είναι εξαιρετικά περιορισμένες και διάσπαρτες. Στο 15^ο πενταήμερο όλες οι βόρειες και ανατολικές περιοχές έχουν στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις, γεγονός που περιορίζεται δραματικά στο 16^ο πενταήμερο μόνο σε κάποιους βόρειους σταθμούς. Οι αρνητικές ανωμαλίες στο 15^ο πενταήμερο συναντώνται σε 7 σταθμούς της Γερμανίας, σε 9 σταθμούς της Γαλλίας και της Ισπανίας και σε έναν του Ηνωμένου Βασιλείου, και δεν χαρακτηρίζονται από στατιστική σημαντικότητα. Στο 17^ο πενταήμερο, παρατηρούνται αρνητικές ανωμαλίες σε μεγάλο μέρος των σταθμών της Γερμανίας, σε 3 σταθμούς της Ισπανίας, 5 σταθμούς της νότιας Σουηδίας και σε 2 της Ρουμανίας, ενώ στατιστικά σημαντικές θετικές ανωμαλίες εμφανίζονται περιορισμένες και μη συγκεντρωμένες χωρικά (Σχήμα 19).

Το 18^ο και 19^ο πενταήμερο, το τελευταίο πενταήμερο του Μαρτίου και το πρώτο του Απριλίου, ομοιάζουν ως προς τη στατιστικά σημαντική ανοδική τάση που παρουσιάζεται σε περιοχές της Γαλλίας και Ισπανίας, σε περιοχές της Αγγλίας καθώς και σε δυτικούς σταθμούς της Νορβηγίας και της Σουηδίας και τα νότια παράλια της Φινλανδίας. Η πτωτική τάση των χαρτών αυτών αφορά σε μεμονωμένες περιπτώσεις σταθμών της κεντρικής Ευρώπης και των Βαλκανίων που ελαττώνονται σημαντικά στο 19^ο πενταήμερο. Η Νορβηγία, οι δυτικές περιοχές της Σουηδίας και οι νότιοι παράκτιοι

σταθμοί της Φινλανδίας διατηρούν τη στατιστικά σημαντική ανοδική τους τάση και στο 20^ο πενταήμερο μαζί με κάποιους νότιους σταθμούς της Ισπανίας, στο οποίο παρατηρούνται αρνητικές ανωμαλίες σε κεντρικές και νοτιοανατολικές περιοχές της Ευρώπης, παράλληλα με 5 σταθμούς της Γαλλίας, και 1 της Σικελίας και του Ηνωμένου Βασιλείου. Πολλοί λίγοι είναι οι σταθμοί με στατιστικά σημαντικές θετικές ανωμαλίες στο 21^ο, 22^ο και 23^ο πενταήμερο, σε βόρειες και νοτιοδυτικές περιοχές της Ευρώπης, ενώ παρατηρείται σημαντικός αριθμός σταθμών με μη στατιστικά σημαντικές πτωτικές τάσεις στο 22^ο πενταήμερο σε σχεδόν όλους τους σταθμούς της Γερμανίας, της Γαλλίας, του Ηνωμένου Βασιλείου και της Ιρλανδίας, παράλληλα με 5 σταθμούς της Ισπανίας και 2 της Ρουμανίας. Στο 23^ο πενταήμερο οι αρνητικές ανωμαλίες τοποθετούνται πάλι σε ένα πολύ μεγάλο μέρος της Γερμανίας σε 3 σταθμούς της Γαλλίας, 1 της Ισπανίας και της Ρωσίας, 3 της Πολωνίας, 14 της Ρουμανίας, 3 της Ουκρανίας και σε άλλους μεμονωμένους σταθμούς. Στο 24^ο πενταήμερο, και τελευταίο του Απριλίου, οι μόνες περιοχές που δεν έχουν στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις είναι λίγοι σταθμοί της Ισπανίας και της Γαλλίας, η Ιρλανδία και το Ηνωμένο Βασίλειο, μέρος της Ρουμανίας, καθώς και το μεγαλύτερο μέρος της Νορβηγίας και της Σουηδίας. Οι πτωτικές τάσεις σε αυτό το πενταήμερο είναι στο σύνολο 10, και αφορά σταθμούς της Ισπανίας, Ρουμανίας και του Ηνωμένου Βασιλείου (Σχήμα 19).

Οι επόμενοι χάρτες δείχνουν τη στατιστική σημαντικότητα να περιορίζεται σε μεγάλο μέρος των Βαλκανίων, στα δυτικά της Φινλανδίας και του Ηνωμένου Βασιλείου και στην Ιρλανδία (25^ο) με λίγους διάσπαρτους σταθμούς με αρνητική ανωμαλία. Έπειτα, στο δεύτερο πενταήμερο του Μαΐου, μεγάλο μέρος της Γαλλίας και της Ισπανίας και οι σταθμοί ανατολικά των πολύ μεγάλων γεωγραφικών πλατών της Ευρώπης και στο 27^ο πενταήμερο στατιστική σημαντικότητα παρουσιάζουν μόνο οι ανοδικές τάσεις της Μεσογείου. Στα δύο τελευταία αυτά πενταήμερα οι αρνητικές ανωμαλίες εμφανίζονται στα κεντρικά και ανατολικά της Ευρώπης και στα κεντρικά και βορειοανατολικά της Ευρώπης, αντίστοιχα. Στο 28^ο πενταήμερο, στα μέσα του Μαΐου, λίγοι σταθμοί των δυτικών ακτών έχουν στατιστικά σημαντική άνοδο στις ελάχιστες θερμοκρασίες και διάσπαρτοι σταθμοί έχουν πτωτική τάση στην κεντρική και νότια Ευρώπη, ενώ στο 29^ο μόνο μικρές περιοχές της Ισπανίας, μεγάλο μέρος της Αγγλίας, η Νορβηγία και οι περισσότεροι Σουηδικοί σταθμοί, μαζί με τη Ρωσία, την Ουκρανία, μέρος της Γερμανίας και τη Ρουμανία δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές θετικές τάσεις, καθώς όλες οι υπόλοιπες χώρες χαρακτηρίζονται από



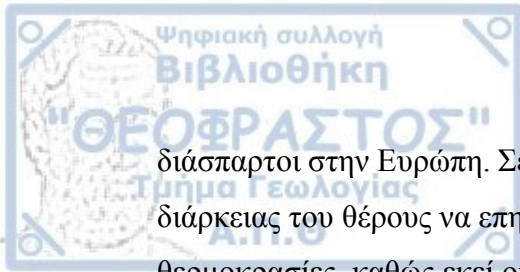


Σχήμα 19: Η τάση και η στατιστική σημαντικότητα των ελαχίστων θερμοκρασιών των ευρωπαϊκών σταθμών για το κάθε πενταήμερο της εαρινής περιόδου κατά το χρονικό διάστημα 1961-2017. Με κόκκινο ανοδικό βέλος συμβολίζεται η ανοδική τάση και με μπλε καθοδικό βέλος η πτωτική τάση. Με γκρι σκιαγράφιση συμβολίζεται η στατιστική σημαντικότητα της τάσης

ανοδική τάση που είναι στατιστικά σημαντική. Στο τελευταίο πενταήμερο της άνοιξης οι νοτιοδυτικές περιοχές και κάποιες νότιες της κεντρικής Ευρώπης παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική ανοδική τάση των ελαχίστων θερμοκρασιών (Σχήμα 19).

Οι ελάχιστες θερμοκρασίες φαίνεται να αυξάνονται σε σχέση με τις θερμοκρασίες της περιόδου αναφοράς, καθώς κυριαρχούν οι θετικές ανωμαλίες, γεγονός που επιβεβαιώνει τη αύξηση της διάρκειας της θερινής περιόδου και την πρόωρη άφιξή της. Ωστόσο, παρατηρείται ότι κατά το 22ο και 27ο πενταήμερο υπάρχουν πολλές αρνητικές ανωμαλίες στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη που δηλώνει πως σε αυτό το χρονικό διάστημα δεν επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό οι περιοχές αυτές από την πρόωρη αύξηση θερμοκρασιών. Τον τελευταίο μήνα της άνοιξης φαίνεται να κυριαρχούν, επίσης, οι θετικές ανωμαλίες των ελαχίστων θερμοκρασιών, επιβεβαιώνοντας την επέκταση της θερινής περιόδου εις βάρος της άνοιξης.

Σε επίπεδο χωρών, ο Πίνακας 7 δείχνει την πλειοψηφία των ανοδικών τάσεων κατά τη διάρκεια της άνοιξης, που υποστηρίζει τη θεωρία περί επέκτασης της θερινής περιόδου, και από τη σκοπιά των ελαχίστων θερμοκρασιών. Εδώ διακρίνεται το 26ο πενταήμερο, ως αυτό με τις περισσότερες χώρες με αρνητικές τάσεις, που σε μορφή χάρτη δεν ήταν εύκολο να ξεχωρίσει καθώς οι σταθμοί με αρνητική ανωμαλία ήταν



διάσπαρτοι στην Ευρώπη. Σε γενικά πλαίσια, ο πίνακας παρουσιάζει την επέκταση της διάρκειας του θέρους να επηρεάζει περισσότερο την έναρξη της άνοιξης στις ελάχιστες θερμοκρασίες, καθώς εκεί οι πτωτικές τάσεις είναι εξαιρετικά λίγες.

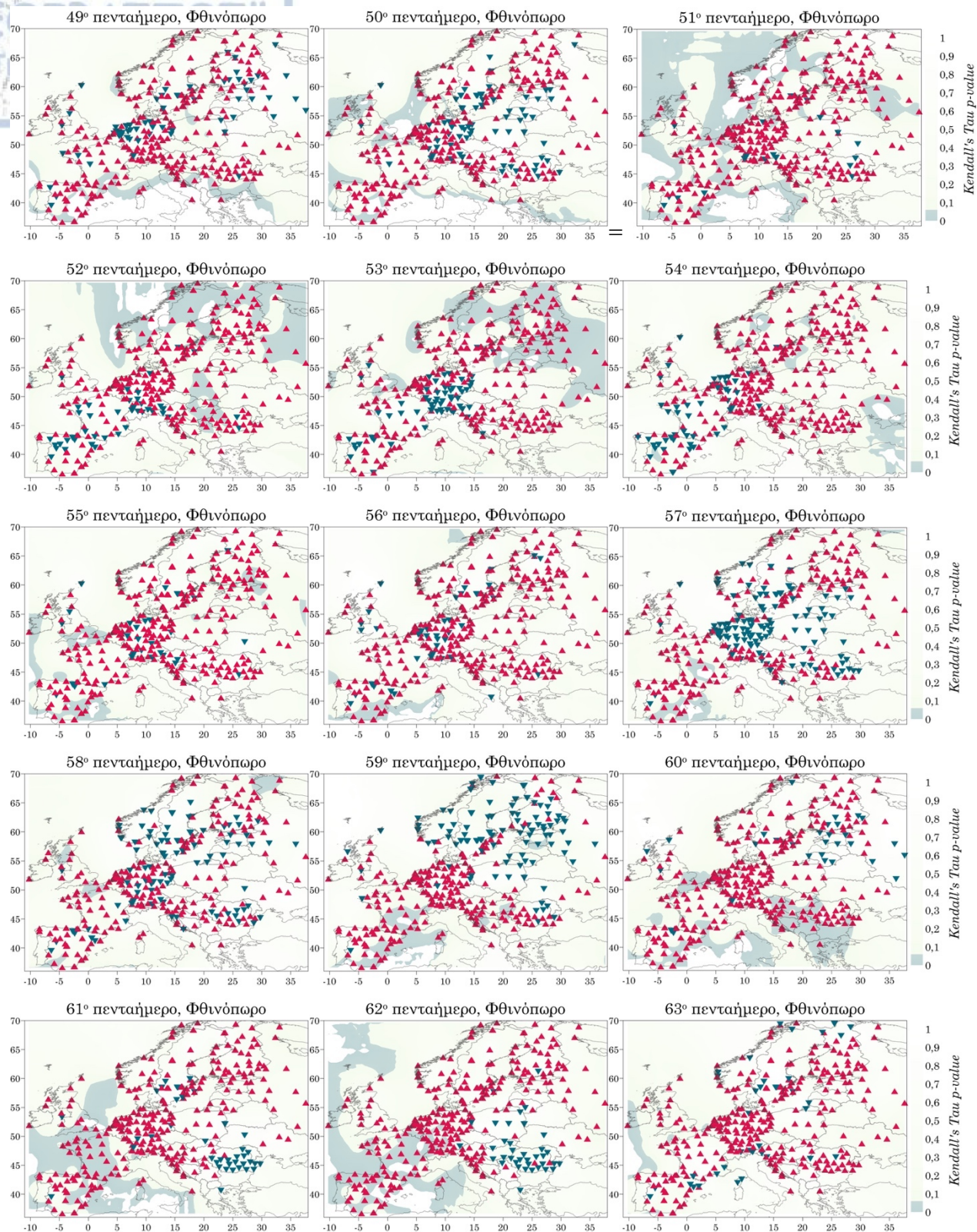
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Αυστρία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	83.3%	83.3%	100.0%	50.0%	83.3%	83.3%	66.7%	100.0%	100.0%	83.3%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Βοσνία Ερζεγοβίνη	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Λευκορωσία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ελβετία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	50.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Γερμανία	100.0%	100.0%	96.2%	86.5%	96.2%	50.0%	80.8%	96.2%	63.5%	88.5%	82.7%	55.8%	100.0%	88.5%	78.8%	57.7%	80.8%	98.1%	98.1%
Δανία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Εσθονία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	80.0%	100.0%	80.0%	60.0%	60.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ισπανία	50.0%	92.1%	94.7%	71.1%	73.7%	89.5%	100.0%	97.4%	100.0%	76.3%	81.6%	97.4%	94.7%	86.8%	100.0%	92.1%	84.2%	100.0%	100.0%
Φινλανδία	100.0%	97.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	93.9%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	51.5%	100.0%	100.0%	100.0%
Γαλλία	100.0%	100.0%	96.6%	65.5%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	72.4%	89.7%	55.2%	86.2%	100.0%	96.6%	100.0%	100.0%	86.2%	100.0%	100.0%
Μεγάλη Βρετανία	76.9%	76.9%	92.3%	92.3%	92.3%	92.3%	92.3%	100.0%	92.3%	84.6%	61.5%	84.6%	61.5%	84.6%	76.9%	61.5%	92.3%	84.6%	84.6%
Ελλάδα	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Κροατία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	87.5%	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ουγγαρία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%
Ιρλανδία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ισλανδία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ιταλία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Λιθουανία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	50.0%	100.0%	100.0%	75.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Λουξεμβούργο	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ολλανδία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	94.4%	100.0%	88.9%	94.4%	100.0%	94.4%	100.0%	94.4%	100.0%	100.0%	100.0%
Νορβηγία	84.0%	72.0%	92.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	96.0%	100.0%	96.0%	100.0%	52.0%	100.0%	96.0%	96.0%
Πολωνία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	88.9%	100.0%	100.0%	66.7%	100.0%	100.0%	77.8%	66.7%	77.8%	100.0%	88.9%
Ρουμανία	100.0%	100.0%	85.7%	100.0%	95.2%	90.5%	81.0%	76.2%	66.7%	95.2%	90.5%	66.7%	81.0%	85.7%	85.7%	76.2%	52.4%	90.5%	95.2%
Σερβία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ρωσία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	84.6%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	92.3%	100.0%	84.6%	53.8%	53.8%	100.0%	100.0%	100.0%
Σουηδία	98.4%	93.5%	98.4%	100.0%	100.0%	88.7%	96.8%	96.8%	100.0%	98.4%	95.2%	83.9%	100.0%	88.7%	87.1%	66.1%	96.8%	100.0%	91.9%
Σλοβενία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Σλοβακία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	66.7%	66.7%	100.0%	100.0%	66.7%	100.0%	100.0%	66.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ουκρανία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	50.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	50.0%	100.0%	100.0%	100.0%

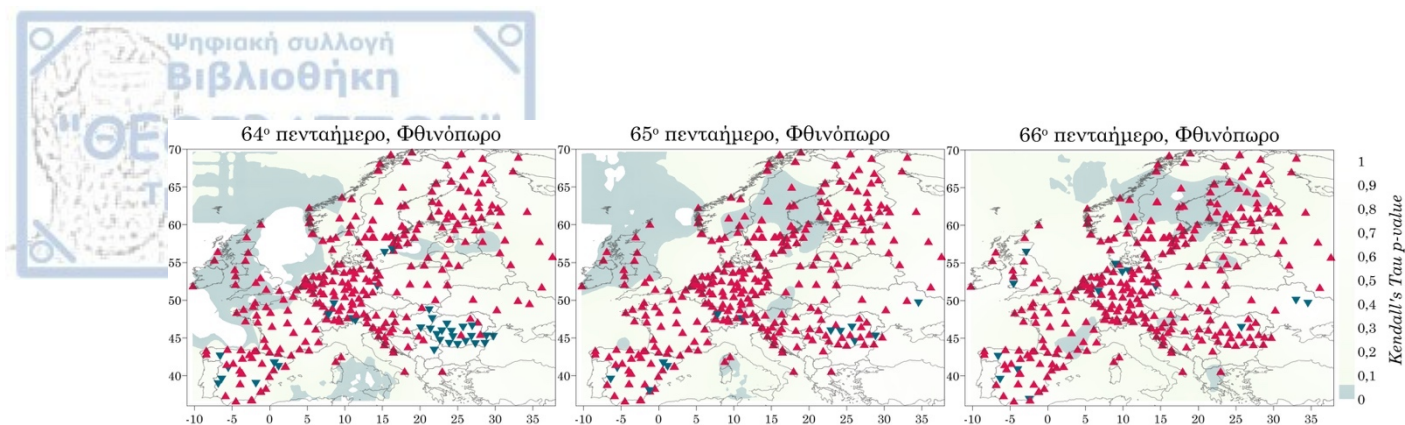
Τίνακας 7: Τα ποσοστά των κυρίαρχων τάσεων της κάθε χώρας για το κάθε πενταήμερο των ελαχίστων θερμοκρασιών της εαρινής περιόδου. Οι αποχρώσεις του πορτοκαλί και κόκκινου ντσαντώνται όταν οι περισσότεροι σταθμοί της εκάστοτε χώρας παρουσιάζουν ανοδικές τάσεις, ενώ οι αποχρώσεις του πράσινου και μπλε συναντώνται όταν οι περισσότεροι σταθμοί μιας χώρας παρουσιάζουν καθοδικές τάσεις. Το κίτρινο χρώμα συμβολίζει ισοψηφία των σταθμών.

3.4.2 Φθινόπωρο (πενταήμερα 49^ο – 66^ο)

Οι τάσεις των ανωμαλιών των ελαχίστων θερμοκρασιών είναι κατά κύριο λόγο θετικές αλλά παρουσιάζονται και πολλές περιπτώσεις καθοδικών τάσεων, συγκεντρωμένες και μη, που συναντώνται σε όλα τα πενταήμερα, σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό. Η στατιστική σημαντικότητα των τάσεων είναι σχετικά περιορισμένη, όπως σε όλες τις περιπτώσεις των φθινοπωρινών περιόδων, και αφορά κατά βάση τις θετικές τάσεις των ανωμαλιών.

Στα δύο πρώτα πενταήμερα, που εκπροσωπούν τα δύο πρώτα πενταήμερα του Σεπτεμβρίου, παρατηρείται πολύ μικρό μέρος των σταθμών να εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές θετικές τάσεις, στα παράλια της Μεσογείου και στο δεύτερο πενταήμερο προστίθενται και κάποιοι σταθμοί στα δυτικά παράλια της Ευρώπης. Οι πτωτικές τάσεις είναι πολυάριθμες και αφορούν σε διάσπαρτους σταθμούς που βρίσκονται σε όλη την Ευρώπη (Γαλλία, Γερμανία, Ισπανία, Ηνωμένο Βασίλειο, Σουηδία, Ρουμανία, Κροατία, Πολωνία, Εσθονία, Λιθουανία). Στο 51^ο πενταήμερο διατηρείται η ίδια κατάσταση σχετικά με τις θετικές ανωμαλίες, με κάποιους επιπλέον σταθμούς της βόρειας Ευρώπης, της Ρωσίας και της Γαλλίας να παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις των ελαχίστων θερμοκρασιών και με μειωμένο τον αριθμό των σταθμών με αρνητικές ανωμαλίες σε 5 σταθμούς της νότιας Γερμανίας, 4 σταθμούς της Ισπανίας 3 της Ρουμανίας και άλλους 7 σταθμούς σε όλη την Ευρώπη. Στο 52^ο πενταήμερο, στα μέσα του Σεπτεμβρίου, η στατιστική σημαντικότητα των θετικών ανωμαλιών χαρακτηρίζει ένα μέρος της βόρειας Ευρώπης και ένα μικρό των Βαλκανίων. Οι πτωτικές τάσεις του πενταημέρου αυτού αφορούν σε σταθμούς της νότιας Γερμανίας, σε 2 σταθμούς της Ρουμανίας, σε 10 σταθμούς της Γαλλίας και σε 11 της Ισπανίας. Στο 53^ο πενταήμερο οι βορειότερες περιοχές παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις μαζί με τους σταθμούς της Ρωσίας και κάποιους σταθμούς των δυτικών ακτών, ενώ η ίδια εικόνα παρατηρείται για τις αρνητικές ανωμαλίες, με τη διαφορά ότι τώρα το μεγαλύτερο μέρος των σταθμών της Γερμανίας χαρακτηρίζεται από αρνητικές ανωμαλίες. Από το 54^ο πενταήμερο μέχρι το 59^ο δεν παρατηρείται κάποια ιδιαίτερης έκτασης στατιστική σημαντικότητα στις ανοδικές τάσεις των ανωμαλιών των ελαχίστων θερμοκρασιών των σταθμών της Ευρώπης, παρά μόνο σε πολύ μεμονωμένες περιπτώσεις και κατά βάση σε λίγους σταθ-





Σχήμα 20: Η τάση και η στατιστική σημαντικότητα των ελαχίστων θερμοκρασιών των ευρωπαϊκών σταθμών για το κάθε πενταήμερο της φθινοπωρινής περιόδου κατά το χρονικό διάστημα 1961-2017. Με κόκκινο ανοδικό βέλος συμβολίζεται η ανοδική τάση και με μπλε καθοδικό βέλος η πτωτική τάση. Με γκρι σκιαγράφιση συμβολίζεται η στατιστική σημαντικότητα της τάσης.

μούς της νοτιοδυτικής περιφέρειας. Αντίθετα, ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι πτωτικές τάσεις των ανωμαλιών σε αυτά τα πενταήμερα του Σεπτεμβρίου και του Οκτώβρη (Σχήμα 20).

Στο 54^ο πενταήμερο αρνητικές τάσεις χαρακτηρίζουν την κεντρική και νοτιοδυτική Ευρώπη, ενώ στα επόμενα δύο πενταήμερα οι πτωτικές τάσεις χαρακτηρίζουν διάσπαρτους σταθμούς κεντρικά και με το πέρασμα του χρόνου οι σταθμοί με αρνητικές τάσεις γίνονται όλο και περισσότεροι καθώς γίνονται και βορειότεροι, μέχρι που στο 59^ο πενταήμερο, στα μέσα του Οκτώβρη, οι πτωτικές τάσεις αφορούν κατά βάση σταθμούς της βόρειας Ευρώπης. Στο 60^ο πενταήμερο διακρίνεται ένα μέρος των θετικών τάσεων στο νότιο τμήμα των κεντρικών περιοχών και στις νοτιοανατολικές περιοχές μαζί με τα υπόλοιπα μεσογειακά παράλια να χαρακτηρίζονται από στατιστική σημαντικότητα και οι σταθμοί με αρνητικές ανωμαλίες είναι 1 στη Γερμανία, 2 στην Ισπανία, 3 στο Ηνωμένο Βασίλειο και 24 στη βόρεια και βορειοανατολική Ευρώπη. Στα δύο επόμενα πενταήμερα, που αποτελούν και τη μετάβαση από τον Οκτώβρη στον Νοέμβρη, μεγάλο μέρος της Γαλλίας και της δυτικής Μεσογείου παρουσιάζει στατιστική σημαντικότητα στις ανοδικές τάσεις που υπολογίστηκαν. Στο 61^ο πενταήμερο παρατηρούνται 9 σταθμοί της Σουηδίας, 2 της Πολωνίας, 1 της Ουκρανίας, 20 της Ρουμανίας, ο ένας της Ελλάδας, 1 της Ισπανίας και του Ηνωμένου Βασιλείου και 4 της Γερμανίας με μη στατιστικά σημαντικές αρνητικές τάσεις ενώ στο 62^ο παράλληλα με την πλειοψηφία των σταθμών της Ρουμανίας πτωτικές τάσεις παρατηρούνται και σε σταθμούς της Ουγγαρίας, της Σλοβακίας και της Πολωνίας (Σχήμα 20).

Στο 64^ο πενταήμερο, στα μέσα του Νοέμβρη, τα δυτικά ευρωπαϊκά παράλια με το Ηνωμένο Βασίλειο και την Ιρλανδία, με μεμονωμένους σταθμούς της βόρειας

Ευρώπης χαρακτηρίζονται από στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις, ενώ κάτι παρόμοιο φαίνεται και στο επόμενο πενταήμερο με περισσότερους σταθμούς των βόρειων περιοχών να έχουν αντικαταστήσει τις δυτικές ακτές. Το μεγαλύτερο μέρος της Ρουμανίας χαρακτηρίζεται από αρνητικές τάσεις στο 64^ο πενταήμερο, ενώ στο 65^ο και στο 66^ο οι σταθμοί αυτοί είναι ολιγάριθμοι και διάσπαρτοι. Στο τελευταίο πενταήμερο μόνο οι ανοδικές τάσεις της Σκανδιναβίας, μαζί με κάποιους σταθμούς της Γαλλίας και τον σταθμό της Θεσσαλονίκης παρουσιάζουν στατιστική σημαντικότητα (Σχήμα 20).

Οι θετικές ανωμαλίες συναντώνται συχνότερα στον ευρωπαϊκό χώρο από ότι οι αρνητικές κατά τη φθινοπωρινή περίοδο, υποστηρίζοντας την αύξηση της διάρκειας της θερινής περιόδου προς τον χειμώνα, που έχει ως απώτερη συνέπεια την καθυστερημένη έναρξη του φθινοπώρου και ίσως τη μείωση της διάρκειάς του. Η παρουσία, ωστόσο, των σταθμών που παρουσιάζουν αρνητική τάση των ανωμαλιών των ελαχίστων θερμοκρασιών γίνεται ευδιάκριτη σε πολλούς χάρτες και έχει μια τάση με το πέρασμα του χρόνου να χαρακτηρίζει τις βόρειες και βορειοδυτικές περιοχές της Ευρώπης ολοένα και περισσότερο. Αυτό ενδεχομένως να σημαίνει ότι οι περιοχές αυτές δεν επηρεάζονται από την επέκταση του καλοκαιριού, ειδικά από το μέσο του φθινοπώρου, ή ότι ο χειμώνας αρχίζει πρόωρα.

Ο Πίνακας 8 παρουσιάζει την κυριαρχία των ανοδικών τάσεων των ελαχίστων θερμοκρασιών στην Ευρώπη με την παρουσία διακριτικών πτωτικών τάσεων κατά τη διάρκεια του Οκτώβρη. Οι πτωτικές τάσεις είναι πολύ λιγότερες από αυτές του φθινοπώρου για τις μέγιστες θερμοκρασίες και έτσι η επέκταση του καλοκαιριού από τη σκοπιά των ελαχίστων θερμοκρασιών είναι επικρατέστερη σε χωρικό επίπεδο, καθώς φαίνεται να είναι πολύ λίγες οι χώρες που δεν επηρεάζονται. Δεν είναι φανερό η διάθεση του χειμώνα σε αυτή την περίπτωση, καθώς δεν φαίνεται οι θερμοκρασίες να έχουν αρνητική ανωμαλία στο τέλος του φθινοπώρου.

	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
Αυστρία	100.0%	83.3%	83.3%	66.7%	50.0%	100.0%	66.7%	100.0%	66.7%	83.3%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	66.7%	83.3%	100.0%	100.0%
Βοσνία Ερζεγοβίνη	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Λευκορωσία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ελβετία	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	50.0%	100.0%	100.0%	75.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Γερμανία	71.2%	59.6%	88.5%	76.9%	63.5%	80.8%	75.0%	76.9%	71.2%	63.5%	92.3%	98.1%	92.3%	96.2%	94.2%	92.3%	96.2%	90.4%
Δανία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Εσθονία	60.0%	80.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	60.0%	80.0%	100.0%	80.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ισπανία	92.1%	100.0%	86.8%	65.8%	71.1%	52.6%	89.5%	78.9%	94.7%	78.9%	97.4%	92.1%	97.4%	100.0%	84.2%	78.9%	84.2%	89.5%
Φινλανδία	75.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	93.9%	100.0%	81.8%	72.7%	81.8%	100.0%	97.0%	93.9%	100.0%	100.0%	100.0%
Γαλλία	89.7%	93.1%	96.6%	62.1%	72.4%	55.2%	93.1%	93.1%	100.0%	86.2%	96.6%	100.0%	100.0%	100.0%	82.8%	100.0%	100.0%	100.0%
Μεγάλη Βρετανία	76.9%	84.6%	92.3%	92.3%	84.6%	76.9%	76.9%	61.5%	84.6%	92.3%	76.9%	76.9%	92.3%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	84.6%
Ελλάδα	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Κροατία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	87.5%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	62.5%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ουγγαρία	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	50.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	100.0%	50.0%	100.0%	100.0%
Ιρλανδία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ισλανδία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ιταλία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Λιθουανία	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	50.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Λουξεμβούργο	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ολλανδία	61.1%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	55.6%	100.0%	83.3%	77.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Νορβηγία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	96.0%	96.0%	68.0%	56.0%	72.0%	100.0%	100.0%	100.0%	76.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Πολωνία	77.8%	55.6%	88.9%	100.0%	88.9%	100.0%	100.0%	100.0%	88.9%	88.9%	55.6%	100.0%	88.9%	55.6%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Ρουμανία	95.2%	61.9%	85.7%	90.5%	100.0%	100.0%	95.2%	95.2%	52.4%	52.4%	71.4%	100.0%	95.2%	90.5%	90.5%	81.0%	76.2%	95.2%
Σερβία	100.0%	66.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	66.7%	100.0%	66.7%	100.0%	100.0%
Ρωσία	53.8%	76.9%	92.3%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	84.6%	69.2%	61.5%	61.5%	100.0%	100.0%	92.3%	100.0%	100.0%	100.0%
Σουηδία	83.9%	62.9%	96.8%	96.8%	96.8%	98.4%	90.3%	87.1%	56.5%	53.2%	69.4%	90.3%	82.3%	98.4%	82.3%	93.5%	100.0%	100.0%
Σλοβενία	100.0%	75.0%	100.0%	75.0%	75.0%	100.0%	75.0%	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Σλοβακία	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	66.7%	100.0%	100.0%	100.0%	66.7%	100.0%	100.0%	66.7%	100.0%	100.0%
Ουκρανία	100.0%	75.0%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	100.0%	75.0%	75.0%	75.0%	100.0%	75.0%	75.0%	100.0%	100.0%	75.0%	50.0%

Πίνακας 8: Τα ποσοστά των κυρίαρχων τάσεων της κάθε χώρας για το κάθε πενταήμερο των ελαχίστων θερμοκρασιών της φθινοπωρινής περιόδου. Οι αποχρώσεις του πορτοκαλί και κόκκινου συναντώνται όταν οι περισσότεροι σταθμοί της εκάστοτε χώρας παρουσιάζουν ανοδικές τάσεις, ενώ οι αποχρώσεις του πράσινου και μπλε συναντώνται όταν οι περισσότεροι σταθμοί μιας χώρας παρουσιάζουν καθοδικές τάσεις. Το κίτρινο χρώμα συμβολίζει ισοψηφία των σταθμών.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα ευρήματα της εργασίας αυτής παρουσιάζουν την τάση των μέσων, ελαχίστων και μεγίστων θερμοκρασιών να αυξάνουν στα περισσότερα από τα πενταήμερα της άνοιξης και του φθινοπώρου. Αρχικά, τα 15 διαγράμματα με τις μέσες θερμοκρασίες τις Ευρώπης παρουσιάζουν ένα μοτίβο σε όλες τις μεταβλητές της θερμοκρασίας, στη μέση, την ελάχιστη και τη μέγιστη, και σε ετήσια αλλά και εποχιακή βάση, κατά το οποίο μέχρι το 1990 περίπου παρατηρούνται αρνητικές ανωμαλίες στις τρεις παραμέτρους της θερμοκρασίας, ενώ από το 1990 και έπειτα παρουσιάζονται θετικές ανωμαλίες. Ο χειμώνας είναι η εποχή όπου το γεγονός αυτό, ενώ είναι εμφανές και επιβεβαιώνεται, παρουσιάζεται με τις περισσότερες αρνητικές ανωμαλίες μετά το 1990, οι οποίες όμως και πάλι είναι πολύ περιορισμένες σε αριθμό, καθώς το πλήθος των ετών με αρνητική ανωμαλία φτάνει 7 κατά το μέγιστο. Αντίθετα, το φθινόπωρο έχει τις λιγότερες αρνητικές ανωμαλίες σε όλη την περίοδο μελέτης, από το 1961-2017, και τις μεγαλύτερες σε ένταση θετικές ανωμαλίες καθώς συχνά φτάνουν τους 2.5°C, γεγονός που επιβεβαιώνει τα ευρήματα προηγούμενης μελέτης τα οποία παρουσιάζουν αύξηση πάνω από 2°C κατά το φθινόπωρο και 1-2°C τον χειμώνα (Giannakopoulos et al., 2009). Από τον Πίνακα 2 είναι ευδιάκριτη η αύξηση των τριών παραμέτρων της θερμοκρασίας τα 57 έτη της μελέτης, σε ετήσια και εποχιακή βάση, με τη συντριπτική πλειοψηφία των ανοδικών τάσεων να χαρακτηρίζονται από στατιστική σημαντικότητα, σε όλες τις υπό μελέτης χώρες της Ευρώπης. Οι μη στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις παρατηρούνται κατά τους φθινοπωρινούς μήνες, ως επί το πλείστον, κυρίως στις μέγιστες θερμοκρασίες.

Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε μερική αντίθεση με τις πληροφορίες που αντλήθηκαν από τη διεθνή βιβλιογραφία, κατά την οποία, σε παγκόσμιο επίπεδο, η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του 20^{ου} αιώνα σχετίζεται περισσότερο με τις μέσες ελάχιστες ημερήσιες θερμοκρασίες παρά με τις μέσες μέγιστες θερμοκρασίες (Menzel et al., 2003). Οι διαφοροποιήσεις που παρατηρούνται ενδεχομένως να οφείλονται στη μεγάλη διαφορά χωρικής κλίμακας μεταξύ της παρούσας μελέτης και των υπολοίπων, καθώς οι άλλες έρευνες πραγματοποιήθηκαν σε παγκόσμιο και ημισφαιρικό επίπεδο αντίστοιχα. Επίσης, σε μελέτες έχει αναφερθεί ότι η αύξηση των μέσων ελαχίστων θερμοκρασιών ήταν τρεις φορές μεγαλύτερη από αυτή των μεγίστων από το 1951-1990, σε ότι αφορά στο βόρειο ημισφαίριο (Karl et al. 1993, Menzel et al., 2003). Το

συμπέρασμα αυτό δεν μπορεί να συγκριθεί με τα αντίστοιχα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας καθώς το χρονικό και χωρικό πλαίσιο διαφέρει σημαντικά.

Η εικόνα των μέσων, ελαχίστων και μεγίστων θερμοκρασιών κατά τους εαρινούς μήνες είναι σχετικά κοινή καθώς στις περισσότερες εκ των περιπτώσεων παρατηρείται η άνοδος των θερμοκρασιών στο μεγαλύτερο μέρος των ευρωπαϊκών σταθμών, με συνοδευόμενη στατιστική σημαντικότητα των περισσοτέρων από τις τάσεις αυτές. Με τον τρόπο αυτό εκφράζεται η πρώιμη έναρξη του θέρους, ειδικά στις μέσες θερμοκρασίες, καθώς οι μέγιστες και οι ελάχιστες εμφανίζουν κάποια πενταήμερα τα οποία παρουσιάζουν μεγάλο μέρος των σταθμών στην Ευρώπη με αρνητική τάση, ωστόσο μη στατιστικά σημαντική. Αυτό επίσης, υποδηλώνει την απότομη μετάβαση από τη χειμερινή εποχή στη θερινή, με απώτερη επίπτωση την ενδεχόμενη εξάλειψη της άνοιξης. Η επέκταση της θερινής περιόδου, η οποία προδίδεται από πρώιμη έναρξη των υψηλών θερμοκρασιών κατά την άνοιξη, έχει μελετηθεί προηγουμένως σε μεγάλο βαθμό μέσω της φαινολογίας, ή μέσω της μελέτης της διάρκειας της καλλιεργητικής περιόδου. Μεγάλο εύρος των φυτικών και ζωικών ειδών σε πολλές γεωγραφικές τοποθεσίες παρουσιάζουν τα φαινόμενα της άνοιξης να εμφανίζονται νωρίτερα τις τελευταίες δεκαετίες στο Βόρειο Ημισφαίριο (Sparks & Menzel, 2002, Menzel et al., 2003, Linderholm, 2006, Hochman et al., 2018, Gallinat et al., 2015, Schwartz et al., 2006). Ταυτόχρονα, έχει γίνει εμφανής η επέκταση της καλλιεργητικής περιόδου, η οποία καλύπτει την εαρινή και θερινή περίοδο, σαν αποτέλεσμα πολλών μελετών επιβεβαιώνοντας τα ευρήματα της παρούσας εργασίας σχετικά με την πρώιμη αύξηση των θερμοκρασιών (Sparks & Menzel, 2002, Menzel et al., 2003, Linderholm, 2006, Brinkmann, 1979, Carter, 1998, Danielewska et al., 2015, Jones & Briffa, 1995, Jones et al., 2002, Menzel et al., 2003, Mueller et al., 2015, Robeson, 2002, Walther & Linderholm, 2006, White et al., 1999). Οι μεταβολές αυτές, στις εργασίες που μελετήθηκαν, γίνονται περισσότερο εμφανείς στις φαινολογικές φάσεις που εμφανίζονται νωρίτερα τους πρώτους μήνες κάθε έτους, γεγονός που ενισχύει την άποψη ότι οι μεταβολές που υφίσταται η θερμοκρασία αφορούν περισσότερο στη χειμερινή και εαρινή περίοδο που ξεκινούν νωρίτερα από ότι παλιότερα, και όχι τόσο στην καθυστερημένη έναρξη του φθινοπώρου (Sparks & Menzel, 2002).

Διατυπώθηκε, επίσης, από τον Linderholm (2006) η παρατήρηση ότι η πρώιμη έναρξη της άνοιξης ήταν εμφανέστερη στις παράκτιες περιοχές από ότι στις ηπειρωτικές. Το φαινόμενο αυτό επιβεβαιώνεται εν μέρει από τα ευρήματα της

παρούσας μελέτης κυρίως για κάποια από τα πενταήμερα των μεγίστων και ελαχίστων θερμοκρασιών, που κυρίως οι ανοδικές τάσεις των παράκτιων περιοχών παρουσιάζουν στατιστική σημαντικότητα, ενώ οι μέσες θερμοκρασίες εμφανίζουν κατά κύριο λόγο στατιστικά σημαντικές ανοδικές τάσεις και στις ηπειρωτικές περιοχές.

Η κυριαρχία των ανοδικών τάσεων στις μέσες, μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες του φθινοπώρου υποδηλώνει την επέκταση της θερινής περιόδου και την τάση της να συρρικνώσει τη φθινοπωρινή περίοδο. Ταυτόχρονα, παρατηρείται μείωση του πλήθους των σταθμών που παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική ανοδική τάση. Ωστόσο, ο αριθμός περιπτώσεων, ακόμα και μη στατιστικά σημαντικών, πτωτικών τάσεων που παρουσιάζουν πολλοί σταθμοί, είναι μεγαλύτερος στο φθινόπωρο από ότι στην εαρινή περίοδο, κάτι που σημαίνει ότι η έκταση του φαινομένου αυτού είναι περιορισμένη σε σχέση με την επέκταση του καλοκαιριού εις βάρος της άνοιξης. Η εμφάνιση πτωτικών τάσεων σε πολλές περιοχές μπορεί να υποδεικνύει την πρόωρη έναρξη του χειμώνα σε αυτές και συνεπώς τη συρρίκνωση του φθινοπώρου από τη χειμερινή, αυτή τη φορά, περίοδο.

Η μελέτη της μεταβολής της διάρκειας του φθινοπώρου είναι υποβαθμισμένη σε σχέση με αυτή της άνοιξης εξαιτίας της έλλειψης των διαθέσιμων δεδομένων, των φαινομένων του φθινοπώρου που χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη πολυπλοκότητα και συνεπώς είναι δυσκολότερο να οριστούν. Οι περιβαλλοντικές αποκρίσεις των φαινομένων που εμφανίζονται το φθινόπωρο παρουσιάζουν μια τάση προς την καθυστέρηση ειδικά στην κεντρική και νότια Ευρώπη (Menzel, 2000, Sparks & Menzel, 2002, Menzel et al., 2003) κάτι το οποίο επιβεβαιώνεται στα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, ειδικότερα στην περίπτωση των μεγίστων θερμοκρασιών.

Η αύξηση των τριών παραμέτρων της θερμοκρασίας είναι φανερή σε κάθε ένα από τα ευρήματα της εργασίας αυτής, καθώς αυτή παράλληλα επιβεβαιώνεται από τη στατιστική σημαντικότητα από την οποία χαρακτηρίζεται σε μεγάλο βαθμό. Ωστόσο, η παρούσα μελέτη εστίασε στις δύο ενδιαμέσες εποχές, του φθινοπώρου και της άνοιξης. Συνεπώς, είναι απαραίτητη η μετέπειτα μελέτη των δύο κυρίαρχων εποχών προκειμένου να είναι δυνατή η διεξαγωγή ασφαλέστερων και πιο ολοκληρωμένων συμπερασμάτων ως προς τη μεταβολή της διάρκειας των εποχών. Σαν ενδεχόμενη μελλοντική επέκταση της εργασίας αυτής είναι η διεξοδική μελέτη της μεταβολής της θερμοκρασίας εποχιακά με μεγαλύτερη λεπτομέρεια, έτσι ώστε να μελετηθεί κατά πόσο έχει αυξηθεί ή μειωθεί η εκάστοτε παράμετρος της θερμοκρασίας στον κάθε

σταθμό. Φυσικά, δεν μπορεί να αποκλειστεί η αύξηση της χωρικής κλίμακας και να μελετηθεί η μεταβολή της διάρκειας των εποχών σε ημισφαιρικό ή και σε παγκόσμιο επίπεδο, κάτι που θα ήταν ιδιαίτερα επικερδές στην ευρύτερη έρευνα της κλιματικής μεταβολής.

Είναι, επίσης, μεγάλης σημασίας η περαιτέρω ανάπτυξη του λογισμικού που δημιουργήθηκε, το οποίο παράγει βάση δεδομένων για τις χρονοσειρές που δεν συνοδεύονται από τα απαραίτητα μεταδεδομένα, προκειμένου να γίνει η διανομή του στην επιστημονική κοινότητα. Σκοπός είναι το λογισμικό αυτό να αποκτήσει μορφή τέτοια ώστε να είναι προσιτό και να αποτελέσει βασικό πρακτικό εργαλείο για κάθε χρήστη των μετεωρολογικών και κλιματολογικών δεδομένων του ECAD, καθώς και άλλων οργανισμών που παρέχουν αντίστοιχα δεδομένα. Έτσι, θα παρέχεται στον χρήστη η δυνατότητα επίβλεψης, ελέγχου και γνώσης εις βάθος των χρονοσειρών που μελετά επιτρέποντάς του να τις διαχειριστεί, με περαιτέρω επεξεργασία και τροποποιήσεις.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Agnew, M.D. and Viner, D. (2001). Potential Impacts of Climate Change on International Tourism. *Tourism and Hospitality Research*, 3(1), pp.37–60.
- Alpert, P., Osetinsky, I., Ziv, B. and Shafir, H. (2004). A New Seasons Definition Based on Classified Daily Synoptic Systems: An Example for the Eastern Mediterranean. *International Journal of Climatology*, 24(8), pp.1013–1021.
- Amelung, B., Nicholls, S. and Viner, D. (2007). Implications of Global Climate Change for Tourism Flows and Seasonality. *Journal of Travel Research*, 45(3), pp.285–296.
- Apadula, F., Bassini, A., Elli, A. and Scapin, S. (2012). Relationships between Meteorological Variables and Monthly Electricity Demand. *Applied Energy*, 98, pp.346–356.
- Arctic Climate Impact Assessment (2004). *Impacts of a warming Arctic*. New York: Cambridge University Press, p.140.
- Axelsen, J.B., Yaari, R., Grenfell, B.T. and Stone, L. (2014). Multiannual Forecasting of Seasonal Influenza Dynamics Reveals Climatic and Evolutionary Drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(26), pp.9538–9542.
- Aziz-Boaron, O., Klausner, Z., Hasoksuz, M., Shenkar, J., Gafni, O., Gelman, B., David, D. and Klement, E. (2012). Circulation of Bovine Ephemeral Fever in the Middle East—Strong Evidence for Transmission by Winds and Animal Transport. *Veterinary Microbiology*, 158(3–4), pp.300–307.
- Bajat, B., Blagojević, D., Kilibarda, M., Luković, J. and Tošić, I. (2014). Spatial Analysis of the Temperature Trends in Serbia during the Period 1961–2010. *Theoretical and Applied Climatology*, 121(1–2), pp.289–301.
- Barford, C.C., Wofsy, S.C., Goulden, M.L., Munger, J.W., Pyle, E.H., Ubranski, S.P., Hutyrá, L., Saleska, S.R., Fitzjarrald, D. and Moore, K. (2001). Factors Controlling Long- and Short-Term Sequestration of Atmospheric CO₂ in a Mid-latitude Forest. *Science*, 294(5547), pp.1688–1691.
- BarOn, R.R.V. (1975). *Seasonality in Tourism: A Guide to the Analysis of Seasonality and Trends for Policy Making. Technical Series No 2*. London: Economist Intelligence Unit Ltd.
- Bessec, M. and Fouquau, J. (2008). The Non-Linear Link between Electricity Consumption and Temperature in Europe: A Threshold Panel Approach. *Energy Economics*, 30(5), pp.2705–2721.
- Bigano, A., Hamilton, J.M. and Tol, R.S.J. (2006). The Impact of Climate on Holiday Destination Choice. *Climatic Change*, 76(3–4), pp.389–406.
- Brázdil, R., Budíková, M., Auer, I., Böhm, R., Cegnar, T., Fako, P., Lapin, M., Gajić-Čapka, M., Zaninović, K., Koleva, E., Niedzwiedz, T., Ustrnul, Z., Szalai, S. and Weber, R.O. (1996). Trends of Maximum and Minimum Daily Temperatures in Central and Southeastern Europe. *International Journal of Climatology*, 16(7), pp.765–782.
- Brázdil, R., Chromá, K., Dobrovolný, P. and Tolasz, R. (2009). Climate Fluctuations in the Czech Republic during the Period 1961–2005. *International Journal of Climatology*, 29(2), pp.223–242.
- Brinkmann, W.A.R. (1979). Growing Season Length as an Indicator of Climatic Variations? *Climatic Change*, 2(2), pp.127–138.
- Brown, J.A. (1976). Shortening of Growing Season in the US Corn Belt. *Nature*, 260(5550), pp.420–421.
- Butler, R. (2001). Seasonality in Tourism: Issues and Implications. In: *Seasonality in Tourism*. Oxford: Pergamon.

- Carter, T.R. (1998). Changes in the Thermal Growing Season in Nordic Countries during the past Century and Prospects for the Future. *Agricultural and Food Science*, 7(2), pp.161–179.
- Cassarino, T.G., Sharp, E. and Barrett, M. (2018). The Impact of Social and Weather Drivers on the Historical Electricity Demand in Europe. *Applied Energy*, 229, pp.176–185.
- Cavanaugh, N.R. and Shen, S.S.P. (2014). Northern Hemisphere Climatology and Trends of Statistical Moments Documented from GHCN-Daily Surface Air Temperature Station Data from 1950 to 2010. *Journal of Climate*, 27(14), pp.5396–5410.
- Chmielewski, F. and Rötzer, T. (2002). Annual and Spatial Variability of the Beginning of Growing Season in Europe in Relation to Air Temperature Changes. *Climate Research*, 19, pp.257–264.
- Chyhareva, A. (2017). Seasons' length and dates of temperature transition under the climate change. 10.13140/RG.2.2.18589.92644.
- Coursolle, C., Margolis, H.A., Giasson, M.-A., Bernier, P.-Y., Amiro, B.D., Arain, M.A., Barr, A.G., Black, T.A., Goulden, M.L., McCaughey, J.H., Chen, J.M., Dunn, A.L., Grant, R.F. and Lafleur, P.M. (2012). Influence of Stand Age on the Magnitude and Seasonality of Carbon Fluxes in Canadian Forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 165, pp.136–148.
- Cox, N.J. and Subbarao, K. (2000). Global Epidemiology of Influenza: Past and Present. *Annual Review of Medicine*, 51(1), pp.407–421.
- Danielewska, A., Urbaniak, M. and Olejnik, J. (2015). Growing Season Length as a Key Factor of Cumulative Net Ecosystem Exchange over the Pine Forest Ecosystems in Europe. *International Agrophysics*, 29(2), pp.129–135.
- del Río, S., Fraile, R., Herrero, L. and Penas, A. (2007). Analysis of Recent Trends in Mean Maximum and Minimum Temperatures in a Region of the NW of Spain (Castilla Y León). *Theoretical and Applied Climatology*, 90(1–2), pp.1–12.
- de Luis, M., Čufar, K., Saz, M.A., Longares, L.A., Ceglar, A. and Kajfež-Bogataj, L. (2012). Trends in Seasonal Precipitation and Temperature in Slovenia during 1951–2007. *Regional Environmental Change*, 14(5), pp.1801–1810.
- Domonkos, P. and Tar, K. (2003). Long-term Changes in Observed Temperature and Precipitation Series 1901–1998 from Hungary and Their Relations to Larger Scale Changes. *Theoretical and Applied Climatology*, 75(3–4), pp.131–147.
- Dukes, J.S., Pontius, J., Orwig, D., Garnas, J.R., Rodgers, V.L., Brazee, N., Cooke, B., Theoharides, K.A., Stange, E.E., Harrington, R., Ehrenfeld, J., Gurevitch, J., Lerda, M., Stinson, K., Wick, R. and Ayres, M. (2009). Responses of Insect Pests, Pathogens, and Invasive Plant Species to Climate Change in the Forests of Northeastern North America: What Can We Predict? *Canadian Journal of Forest Research*, 39(2), pp.231–248.
- Dumitrescu, A., Bojariu, R., Birsan, M.-V., Marin, L. and Manea, A. (2014). Recent Climatic Changes in Romania from Observational Data (1961–2013). *Theoretical and Applied Climatology*, 122(1–2), pp.111–119.
- Easterling, D.R. (1997). Maximum and Minimum Temperature Trends for the Globe. *Science*, 277(5324), pp.364–367.
- Easterling, D.R., Evans, J.L., Groisman, P.Y., Karl, T.R., Kunkel, K.E. and Ambenje, P. (2000). Observed Variability and Trends in Extreme Climate Events: A Brief Review. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81(3), pp.417–425.
- El Kenawy, A., López-Moreno, J.I. and Vicente-Serrano, S.M. (2012). Trend and Variability of Surface Air Temperature in Northeastern Spain (1920–2006): Linkage to Atmospheric Circulation. *Atmospheric Research*, 106, pp.159–180.
- Fält-Nardmann, J.J.J., Tikkanen, O.-P., Ruohomäki, K., Otto, L.-F., Leinonen, R., Pöyry, J., Saikkonen, K. and Neuvonen, S. (2018). The Recent Northward Expansion of *Lymnaea*

Monacha in Relation to Realised Changes in Temperatures of Different Seasons. *Forest Ecology and Management*, 427, pp.96–105.

Falvey, M. and Garreaud, R.D. (2009). Regional Cooling in a Warming World: Recent Temperature Trends in the Southeast Pacific and along the West Coast of Subtropical South America (1979–2006). *Journal of Geophysical Research*, 114.

Feidas, H., Makrogiannis, T. and Bora-Senta, E. (2004). Trend Analysis of Air Temperature Time Series in Greece and Their Relationship With Circulation Using Surface and Satellite Data: 1955–2001. *Theoretical and Applied Climatology*, 79(3–4), pp.185–208.

Ferrante, M., Lo Magno, G.L. and De Cantis, S. (2018). Measuring Tourism Seasonality across European Countries. *Tourism Management*, 68, pp.220–235.

Fraenkel, M., Yitshak-Sade, M., Beacher, L., Carmeli, M., Mandelboim, M., Siris, E. and Novack, V. (2017). Is the Association between Hip Fractures and Seasonality Modified by Influenza Vaccination? An Ecological Study. *Osteoporosis International*, 28(9), pp.2611–2617.

Franke, J., Goldberg, V., Eichelmann, U., Freydank, E. and Bernhofer, C. (2004). Statistical Analysis of Regional Climate Trends in Saxony, Germany. *Climate Research*, 27, pp.145–150.

Friedlingstein, P., Dufresne, J.-L., Cox, P.M. and Rayner, P. (2003). How Positive Is the Feedback between Climate Change and the Carbon Cycle? *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, 55(2), pp.692–700.

Gallinat, A.S., Primack, R.B. and Wagner, D.L. (2015). Autumn, the Neglected Season in Climate Change Research. *Trends in Ecology & Evolution*, 30(6), p.364.

Giannakopoulos, C. and Psiloglou, B. (2006). Trends in Energy Load Demand for Athens, Greece: Weather and Non-Weather Related Factors. *Climate Research*, 31, pp.97–108.

Giannakopoulos, C., Le Sager, P., Bindi, M., Moriondo, M., Kostopoulou, E. and Goodess, C.M. (2009). Climatic Changes and Associated Impacts in the Mediterranean Resulting from a 2 °C Global Warming. *Global and Planetary Change*, 68(3), pp.209–224.

Gómez Martín, M.B. (2005). Weather, Climate and Tourism: A Geographical Perspective. *Annals of Tourism Research*, 32(3), pp.571–591.

Gould, E.A. and Higgs, S. (2009). Impact of Climate Change and Other Factors on Emerging Arbovirus Diseases. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 103(2), pp.109–121.

Haines, A., McMichael, A.J. and Epstein, P.R. (2000). Environment and Health: 2. Global Climate Change and Health. *Canada Medical Association J.*, 163, pp.729–734.

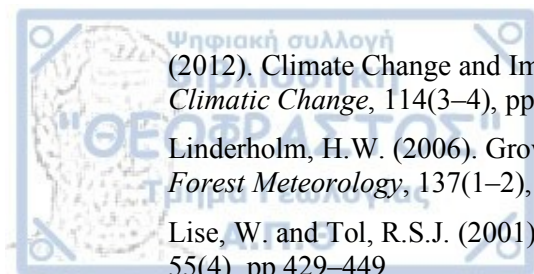
Hamilton, J.M. (2002). Climate and the Destination Choice of German Tourists: Working Papers FNU-15, Research unit Sustainability and Global Change, Hamburg University, revised Aug 2003.

Hamilton, J.M. and Lau, M.A. (2005). The Role of Climate Information in Tourist Destination Choice Decision - Making. In: *Tourism and Global Environmental Change : Ecological, Social, Economic and Political Interrelationships*. London, England: Routledge, pp.229–250.

Hancock, P.A., Brackley, R. and Palmer, S.C.F. (2011). Modelling the Effect of Temperature Variation on the Seasonal Dynamics of Ixodes Ricinus Tick Populations. *International Journal for Parasitology*, 41(5), pp.513–522.

Heino, R., Brázdil, R., Førland, E., Tuomenvirta, H., Alexandersson, H., Beniston, M., Pfister, C., Rebetez, M., Rosenhagen, G., Rösner, S. and Wibig, J. (1999). Progress in the Study of Climate Extremes in Northern and Central Europe. *Climatic Change*, 42(1), pp.151–181.

- Hochman, A., Harpaz, T., Saaroni, H. and Alpert, P. (2018). The Seasons' Length in 21st Century CMIP5 Projections over the Eastern Mediterranean. *International Journal of Climatology*, 38(6), pp.2627–2637.
- Huschke, R.E. (1959). *Glossary of Meteorology*. Boston, Mass.: American Meteorological Society, p.638.
- Huth, R. and Pokorná, L. (2005). Simultaneous Analysis of Climatic Trends in Multiple Variables: An Example of Application of Multivariate Statistical Methods. *International Journal of Climatology*, 25(4), pp.469–484.
- Hu, Z.-Z. (2003). Long-Term Climate Variations in China and Global Warming Signals. *Journal of Geophysical Research*, 108(D19).
- IPCC (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Jones, P.D. (1995). Maximum and Minimum Temperature Trends in Ireland, Italy, Thailand, Turkey and Bangladesh. *Atmospheric Research*, 37(1–3), pp.67–78.
- Jones, P.D. and Briffa, K.R. (1995). Growing Season Temperatures over the Former Soviet Union. *International Journal of Climatology*, 15(9), pp.943–959.
- Jones, P.D. and Moberg, A. (2003). Hemispheric and Large-Scale Surface Air Temperature Variations: An Extensive Revision and an Update to 2001. *Journal of Climate*, 16(2), pp.206–223.
- Jones, P.D., Briffa, K.R., Osborn, T.J., Moberg, A. and Bergström, H. (2002). Relationships between Circulation Strength and the Variability of Growing-Season and Cold-Season Climate in Northern and Central Europe. *The Holocene*, 12(6), pp.643–656.
- Karl, T.R., Jones, P.D., Knight, R.W., Kukla, G., Plummer, N., Razuvayev, V., Gallo, K.P., Lindsey, J., Charlson, R.J. and Peterson, T.C. (1993). Asymmetric Trends of Daily Maximum and Minimum Temperature. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 74, pp.1007–1023.
- Keeling, C.D., Chin, J.F.S. and Whorf, T.P. (1996). Increased Activity of Northern Vegetation Inferred from Atmospheric CO₂ Measurements. *Nature*, 382(6587), pp.146–149.
- Keevallik, S. and Russak, V. (2001). Changes in the Amount of Low Clouds in Estonia. *International Journal of Climatology*, 21(3), pp.389–397.
- Kostopoulou, E. and Jones, P.D. (2005). Assessment of Climate Extremes in the Eastern Mediterranean. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 89(1–4), pp.69–85.
- Kozak, M. (2002). Comparative Analysis of Tourist Motivations by Nationality and Destinations. *Tourism Management*, 23(3), pp.221–232.
- Kramer, K., Leinonen, I. and Loustau, D. (2000). The Importance of Phenology for the Evaluation of Impact of Climate Change on Growth of Boreal, Temperate and Mediterranean Forests Ecosystems: An Overview. *International Journal of Biometeorology*, 44(2), pp.67–75.
- Kruger, A.C. and Shongwe, S. (2004). Temperature Trends in South Africa: 1960–2003. *International Journal of Climatology*, 24(15), pp.1929–1945.
- Lamb, H.H. (1950). Types and Spells of Weather around the Year in the British Isles : Annual Trends, Seasonal Structure of the Year, Singularities. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 76(330), pp.393–429.
- Lamb, H.H. (1972). *Climate. Vol. 2 : Present, Past and Future*. London: Methuen.
- Lelieveld, J., Hadjinicolaou, P., Kostopoulou, E., Chenoweth, J., El Maayar, M., Giannakopoulos, C., Hannides, C., Lange, M.A., Tanarhte, M., Tyrllis, E. and Xoplaki, E.



- (2012). Climate Change and Impacts in the Eastern Mediterranean and the Middle East. *Climatic Change*, 114(3–4), pp.667–687.
- Linderholm, H.W. (2006). Growing Season Changes in the Last Century. *Agricultural and Forest Meteorology*, 137(1–2), pp.1–14.
- Lise, W. and Tol, R.S.J. (2001). Impact of Climate on Tourist Demand. *Climatic Change*, 55(4), pp.429–449.
- Lohmann, M. and Kaim, E. (1999). Weather and Holiday Preference—Image, Attitude and Experience. *The Tourist Review*, 54(2), pp.54–64.
- Maddison, D. (2001). In Search of Warmer Climates? The Impact of Climate Change on Flows of British Tourists. *Climatic Change*, 49(1/2), pp.193–208.
- Mamara, A., Argiriou, A.A. and Anadranistakis, M. (2015). Recent Trend Analysis of Mean Air Temperature in Greece Based on Homogenized Data. *Theoretical and Applied Climatology*, 126(3–4), pp.543–573.
- McCarthy, J.P. (2001). Ecological Consequences of Recent Climate Change. *Conservation Biology*, 15(2), pp.320–331.
- Menzel, A. (2000). Trends in Phenological Phases in Europe between 1951 and 1996. *International Journal of Biometeorology*, 44(2), pp.76–81.
- Menzel, A. (2002). Phenology: Its Importance to the Global Change Community. *Climatic Change*, 54(4), pp.379–385.
- Menzel, A., Jakobi, G., Ahas, R., Scheifinger, H. and Estrella, N. (2003). Variations of the Climatological Growing Season (1951–2000) in Germany Compared with Other Countries. *International Journal of Climatology*, 23(7), pp.793–812.
- Mikkonen, S., Laine, M., Mäkelä, H.M., Gregow, H., Tuomenvirta, H., Lahtinen, M. and Laaksonen, A. (2014). Trends in the Average Temperature in Finland, 1847–2013. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 29(6), pp.1521–1529.
- Mintel International Group (1991). *Special Report - Holidays*. London, England: Leisure Intelligence, Mintel International Group.
- Moriondo, M., Good, P., Durao, R., Bindi, M., Giannakopoulos, C. and Corte-Real, J. (2006). Potential Impact of Climate Change on Fire Risk in the Mediterranean Area. *Climate Research*, 31, pp.85–95.
- Myneni, R.B., Keeling, C.D., Tucker, C.J., Asrar, G. and Nemani, R.R. (1997). Increased Plant Growth in the Northern High Latitudes from 1981 to 1991. *Nature*, 386(6626), pp.698–702.
- Pan, Z., Arritt, R.W., Takle, E.S., Gutowski, W.J., Anderson, C.J. and Segal, M. (2004). Altered Hydrologic Feedback in a Warming Climate Introduces a “Warming Hole”. *Geophysical Research Letters*, 31(17).
- Pellizzaro G., Arca B., Dubrovsky M., Ventura A., Bortolu S., Duce P. (2013) Local impact assessment of climate change on fire season length. in: proceedings "Climate change and its implications on ecosystem and society" (First Annual Conference of SICS, Lecce, Italy, 23–24.9.2013), ISBN 978–88–97666–08–0. p.670–684.
- Penuelas, J. and Fillela, I. (2001). Responses to a Warming World. *Science*, 294(5543), pp.793–795.
- Perry, A.H. (2000). Impacts of Climate Change on Tourism in the Mediterranean: Adaptive Responses. *SSRN Electronic Journal*, FEEM Working Paper No. 35.00.
- Perry, A.H. (2001) More Heat and Drought - Can Mediterranean Tourism Survive and Prosper? Paper presented at the First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation, Halkidiki, Greece, 5–10 October.

- Perry, A.H. (2006). Will Predicted Climate Change Compromise the Sustainability of Mediterranean Tourism? *Journal of Sustainable Tourism*, 14(4), pp.367–375.
- Piñol, J., Terradas, J. and Lloret, F. (1998). Climate Warming, Wildfire Hazard, and Wildfire Occurrence in Coastal Eastern Spain. *Climatic Change*, 38(3), pp.345–357.
- Pokorná, L., Kučerová, M. and Huth, R. (2018). Annual Cycle of Temperature Trends in Europe, 1961–2000. *Global and Planetary Change*, 170, pp.146–162.
- Psiloglou, B.E., Giannakopoulos, C., Majithia, S. and Petrakis, M. (2009). Factors Affecting Electricity Demand in Athens, Greece and London, UK: A Comparative Assessment. *Energy*, 34(11), pp.1855–1863.
- Ridderstaat, J., Oduber, M., Croes, R., Nijkamp, P. and Martens, P. (2014). Impacts of Seasonal Patterns of Climate on Recurrent Fluctuations in Tourism Demand: Evidence from Aruba. *Tourism Management*, 41, pp.245–256.
- Robeson, S.M. (2002). Increasing Growing-Season Length in Illinois during the 20th Century. *Climatic Change*, 52(1/2), pp.219–238.
- Romero, R., Ramis, C. and Guijarro, J.A. (1999). Daily Rainfall Patterns in the Spanish Mediterranean Area: An Objective Classification. *International Journal of Climatology*, 19(1), pp.95–112.
- Rutty, M. and Scott, D. (2010). Will the Mediterranean Become “Too Hot” for Tourism? a Reassessment. *Tourism and Hospitality Planning & Development*, 7(3), pp.267–281.
- Sandels, C., Widén, J. and Nordström, L. (2014). Forecasting Household Consumer Electricity Load Profiles with a Combined Physical and Behavioral Approach. *Applied Energy*, 131, pp.267–278.
- Schwartz, M.D., Ahas, R. and Aasa, A. (2006). Onset of Spring Starting Earlier across the Northern Hemisphere. *Global Change Biology*, 12(2), pp.343–351.
- Scott, D., Gössling, S., & de Freitas, C. (2008). Climate Preferences for Tourism: Evidence from Canada, New Zealand and Sweden. *Climate Research*, 38, pp. 61–73.
- Serquet, G., Marty, C., Dulex, J.-P. and Rebetez, M. (2011). Seasonal Trends and Temperature Dependence of the Snowfall/Precipitation-day Ratio in Switzerland. *Geophysical Research Letters*, 38(7).
- Smith, J., Schellnhuber, H.J., Mirza, M.M., Fankhauser, S., Leemans, R., Lin, E., Ogallo, L., Pittock, B., Richels, R., Rosenzweig, C., Tol, R.S., Weyant, J. and Yohe, G. (2001). Vulnerability to Climate Change and Reasons for Concern: A Synthesis. In: *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [online] Cambridge: Cambridge University Press, pp.913–967. Available at: <https://research.vu.nl/en/publications/vulnerability-to-climate-change-and-reasons-for-concern-a-synthes> [Accessed 5 May 2019].
- Spano, D., Cesaraccio, C., Duce, P. and Snyder, R.L. (1999). Phenological Stages of Natural Species and Their Use as Climate Indicators. *International Journal of Biometeorology*, 42(3), pp.124–133.
- Sparks, T.H. and Carey, P.D. (1995). The Responses of Species to Climate over Two Centuries: An Analysis of the Marsham Phenological Record. *Journal of Ecology*, 83(2), pp.321–329.
- Sparks, T.H. and Menzel, A. (2002). Observed changes in seasons: An overview. *International Journal of Climatology*, 22(14), pp.1715–1725.
- Thornton, H.E., Hoskins, B.J. and Scaife, A.A. (2016). The Role of Temperature in the Variability and Extremes of Electricity and Gas Demand in Great Britain. *Environmental Research Letters*, 11.

Ψηφιακή συλλογή
"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"
Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

Trenberth, K.E. (1983). What Are the Seasons? *Bulletin of the American Meteorological Society*, 64(11), pp.1276–1282.

Türkes, M. (1998). Influence of Geopotential Heights, Cyclone Frequency and Southern Oscillation on Rainfall Variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, 18(6), pp.649–680.

United Nations World Tourism Organization (UNWTO) (2007). *Tourism Market Trends: Europe*. Madrid, Spain: United Nations.

United Nations World Tourism Organization (UNWTO) (2009). *World Tourism Barometer*. Madrid, Spain: United Nations.

Valor, E., Meneu, V. and Caselles, V. (2001). Daily Air Temperature and Electricity Load in Spain. *Journal of Applied Meteorology*, 40(8), pp.1413–1421.

Vedin, H. (1990). Frequency of Rare Weather Events during Periods of Extreme Climate. *Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography*, 72(2), pp.151–155.

Walther, A. and Linderholm, H.W. (2006). A Comparison of Growing Season Indices for the Greater Baltic Area. *International Journal of Biometeorology*, 51(2), pp.107–118.

Wenz, L., Levermann, A. and Auffhammer, M. (2017). North–South Polarization of European Electricity Consumption under Future Warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(38), pp.E7910–E7918.

White, M.A., Running, S.W. and Thornton, P.E. (1999). The Impact of Growing-Season Length Variability on Carbon Assimilation and Evapotranspiration over 88 Years in the Eastern US Deciduous Forest. *International Journal of Biometeorology*, 42(3), pp.139–145.

Wilks, D. S. (2011), *Statistical methods in the atmospheric sciences*, Elsevier Academic Press, Amsterdam; Boston.

Xoplaki, E., Luterbacher, J., Burkard, R., Patrikas, I. and Maheras, P. (2000). Connection between the Large Scale 500 hPa Geopotential Height Fields and Precipitation over Greece during Wintertime. *Climate Research*, 14, pp.129–146.

Xoplaki, E., Luterbacher, J., Paeth, H., Dietrich, D., Steiner, N., Grosjean, M. and Wanner, H. (2005). European Spring and Autumn Temperature Variability and Change of Extremes over the Last Half Millennium. *Geophysical Research Letters*, 32(15).

Yaari, R., Katriel, G., Huppert, A., Axelsen, J.B. and Stone, L. (2013). Modelling Seasonal Influenza: The Role of Weather and Punctuated Antigenic Drift. *Journal of The Royal Society Interface*, 10(84).

Zhang, X., Vincent, L.A., Hogg, W.D. and Niitsoo, A. (2000). Temperature and Precipitation Trends in Canada during the 20th Century. *Atmosphere-Ocean*, 38(3), pp.395–429.

Zhao, N., Cao, G., Vanos, J.K. and Vecellio, D.J. (2017). The Effects of Synoptic Weather on Influenza Infection Incidences: A Retrospective Study Utilizing Digital Disease Surveillance. *International Journal of Biometeorology*, 62(1), pp.69–84.