

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή



Χρήση της Ημερομηνίας Εμφάνισης του Πρώτου Κύματος
Ψύχους και Ζέστης ως Δείκτη Ποσοτικοποίησης της
Κλιματικής Αλλαγής

Καλλιόπη Γαβριήλ

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ Ευθύμιος Ζέρβας

Μάιος 2019

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος**

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**Χρήση της Ημερομηνίας Εμφάνισης του Πρώτου Κύματος
Ψύχους και Ζέστης ως Δείκτη Ποσοτικοποίησης της
Κλιματικής Αλλαγής**

Καλλιόπη Γαβριήλ

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ Ευθύμιος Ζέρβας**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Μάιος 2019

Περίληψη

Η κλιματική αλλαγή επιφέρει επιπτώσεις σε παγκόσμιο επίπεδο τόσο στην κοινωνία, στην οικονομία όσο και στο περιβάλλον. Για κατανόηση και αξιολόγηση του μεγέθους της κλιματικής αλλαγής υπάρχουν δείκτες προσδιορισμού της, οι οποίοι αφορούν τους τρεις πυλώνες της αειφορίας. Ένα κενό που παρατηρείται στη διεθνή βιβλιογραφία είναι ο προσδιορισμός του δείκτη της ημερομηνίας εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης και ψύχους.

Για τον προσδιορισμό της ημερομηνίας εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης εντοπίστηκε η πρώτη εμφάνιση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας (ΜΗΘ) $>20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $>25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $>30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $>33\text{ }^{\circ}\text{C}$, $>35\text{ }^{\circ}\text{C}$, $>37\text{ }^{\circ}\text{C}$, $>40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $>43\text{ }^{\circ}\text{C}$ και $>45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Αντίθετα για τον προσδιορισμό της ημερομηνίας εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους εντοπίστηκε η πρώτη εμφάνιση της ΜΗΘ $<20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $<15\text{ }^{\circ}\text{C}$, $<10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $<7\text{ }^{\circ}\text{C}$, $<5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $<3\text{ }^{\circ}\text{C}$, $<0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $<-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ και $<-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Δεδομένα συλλέχθηκαν από έξι σταθμούς στην Ελλάδα (Αλεξανδρούπολη, Άραξος, Ελληνικό, Ηράκλειο, Λάρισα και Φλώρινα) για τα έτη 1951-2016.

Τα αποτελέσματα έδειξαν πως μεταβάλλονται οι δείκτες με την πάροδο των χρόνων. Η ημερομηνία εμφάνισης τους πρώτου κύματος ζέστης και ψύχους εμφανίζονται όλο και πιο πρόωρα με την πάροδο των χρόνων, με το πρώτο κύμα ψύχους να έχει μικρότερη μεταβολή σε απόλυτες τιμές από το πρώτο κύμα ζέστης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στο μέλλον να βιώσουμε μεγαλύτερου μήκους καλοκαίρια και συντομότερους χειμώνες.

Summary

Global climate change affects the communities, the economy and the environment. One method for measuring the size of climate change is by using determination indicators. However, there are two indicators that are missing from current bibliography. These are the first time that heat and cold waves appear in through the year.

The first heat wave is determined when the average day temperature (ADT) is above 20, 25, 30, 33, 35, 37, 40, 43 and 45 °C. Similarly, the first cold wave is determined when the ADT is below 20, 15, 10, 7, 5, 3, 0, -3 °C and -5 °C. Data were selected from six meteorological stations across Greece (Alexandroupolis, Araxos, Elliniko, Iraklio, Larissa and Florina) for 1951-2016.

Results have shown that these two indicators were changing throughout the years. The first heat and cold wave appear earlier each passing year. The first cold wave shows less alterations, in absolute values, than the first heat wave. That causes longer periods of summer time and shorter periods of winter time, in the near future.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα μου Δρ Ευθύμιο Ζέρβα για την καθοδήγηση που μου παρείχε προκειμένου να εκπονηθεί η μεταπτυχιακή διατριβή. Επίσης ευχαριστίες αξίζουν στους Γεώργιο και Δημητριάνο Γαβριήλ οι οποίοι βοήθησαν σημαντικά στην επεξεργασία των δεδομένων. Ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω στην οικογένειά μου που με στήριξε κατά τη διάρκεια συγγραφής της μεταπτυχιακής μου εργασίας. Δεν θα μπορούσαν να παραληφθούν οι συγγενείς και φίλοι που έδειξαν κατανόηση όλο το χρονικό διάστημα που η μεταπτυχιακή διατριβή εκπονούνταν, αλλά ιδιαίτερα το τελευταίο χρονικό διάστημα πριν την παράδοση της μεταπτυχιακής διατριβής όπου το πρόγραμμά μου ήταν πιο πιεστικό.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	iii
Summary	iv
Ευχαριστίες.....	v
Περιεχόμενα.....	vi
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή	1
Κεφάλαιο 2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	2
2.1 Η γήινη ατμόσφαιρα και το φαινόμενο του θερμοκηπίου	2
2.2 Κλίμα	3
2.3 Κλιματική αλλαγή	4
2.4 Δείκτες κλιματικής αλλαγής	6
2.4.1 Μη μετεωρολογικοί	6
2.4.1.1 Στοιχεία της Γης	6
Στάθμη θάλασσας.....	6
Υπόγεια ύδατα.....	7
Οξίνιση ωκεανών	7
Αλατότητα ωκεανών	7
Οξυγόνο ωκεανών	7
Θαλάσσιος πάγος και παγετώνες.....	8
Διάβρωση εδάφους.....	8
2.4.1.2 Οικοσυστήματα.....	8
Μεγαοικοσυστήματα	8
Μετανάστευση γηγενών ειδών	9
Δασικές πυρκαγιές	9
Ημερομηνίες άνθισης	9
Διάρκεια βλαστικής περιόδου	10
Αλλαγές στις εξάρσεις εντόμων και ασθενειών των φυτών	10
Ξεχειμώνιασμα των πουλιών.....	11
Λειτουργία οικοσυστημάτων.....	11
Ωκεάνια οικοσυστήματα.....	11
2.4.1.3 Οικονομία και Κοινωνία.....	12
Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση	12

Καλλιεργήσιμες εκτάσεις.....	12
Εκτροφή ζώων.....	12
Τουρισμός.....	13
Αλιεία και Ιχθυοκαλλιέργεια.....	13
Αστική θερμοκησίδα.....	13
Διαθεσιμότητα νερού.....	14
Θάνατοι σχετιζόμενοι με ψηλές θερμοκρασίες.....	14
Ασθένειες σχετιζόμενες με υψηλές θερμοκρασίες.....	14
Νόσος Lyme.....	15
Ιός του Δυτικού Νείλου.....	15
Αλλεργίες.....	15
2.4.2 Μετεωρολογικοί.....	16
2.4.2.1 Βροχόπτωση.....	16
2.4.2.2 Θερμοκρασία.....	17
Κεφάλαιο 3 Μεθοδολογία.....	18
3.1 Σκοπός - Στόχοι.....	18
3.2 Ερευνητικά ερωτήματα.....	18
3.3 Περιοχή μελέτης.....	18
3.4 Μετεωρολογικοί σταθμοί.....	19
3.4.1 Κλιματικά δεδομένα σταθμών.....	20
Αλεξανδρούπολη.....	20
Άραξος.....	20
Ελληνικό.....	20
Ηράκλειο.....	21
Λάρισα.....	21
Φλώρινα.....	21
3.5 Μέθοδος συλλογής δεδομένων.....	21
3.6 Ανάλυση αποτελεσμάτων.....	22
Κεφάλαιο 4 Αποτελέσματα.....	23
4.1 Αλεξανδρούπολη.....	23
4.1.1 Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης.....	23
4.1.2 Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους.....	25
4.2 Άραξος.....	28

4.2.1	Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης	28
4.2.2	Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους	30
4.3	Ελληνικό.....	32
4.3.1	Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης	32
4.3.2	Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους	34
4.4	Ηράκλειο	37
4.4.1	Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης	37
4.4.2	Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους	39
4.5	Λάρισα	41
4.5.1	Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης	41
4.5.2	Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους	43
4.6	Φλώρινα.....	46
4.6.1	Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης	46
4.6.2	Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους	48
Κεφάλαιο 5 Συζήτηση – Συμπεράσματα - Εισηγήσεις		51
5.1	Τάσεις στην ημερομηνία πρώτης εμφάνισης ζέστης και ψύχους.....	51
5.1.1	Αλεξανδρούπολη.....	51
5.1.1.1	Πρώτο κύμα ζέστης.....	51
5.1.1.2	Πρώτο κύμα ψύχους.....	52
5.1.2	Άραξος.....	52
5.1.2.1	Πρώτο κύμα ζέστης.....	52
5.1.2.2	Πρώτο κύμα ψύχους.....	53
5.1.3	Ελληνικό.....	53
5.1.3.1	Πρώτο κύμα ζέστης.....	53
5.1.3.2	Πρώτο κύμα ψύχους.....	54
5.1.4	Ηράκλειο	54
5.1.4.1	Πρώτο κύμα ζέστης.....	54
5.1.4.2	Πρώτο κύμα ψύχους.....	54
5.1.5	Λάρισα.....	55
5.1.5.1	Πρώτο κύμα ζέστης.....	55
5.1.5.2	Πρώτο κύμα ψύχους.....	55
5.1.6	Φλώρινα.....	56
5.1.6.1	Πρώτο κύμα ζέστης.....	56

5.1.6.2	Πρώτο κύμα ψύχους.....	56
5.2	Συγκρίσεις μεταξύ σταθμών.....	57
5.2.1	Ημερομηνία εμφάνισης πρώτου κύματος ζέστης.....	57
5.2.1.1	ΜΗΘ >20 °C.....	57
5.2.1.2	ΜΗΘ >25 °C.....	57
5.2.1.3	ΜΗΘ >30 °C.....	57
5.2.1.4	ΜΗΘ >33 °C.....	58
5.2.2	Ημερομηνία εμφάνισης πρώτου κύματος ψύχους.....	58
5.2.2.1	ΜΗΘ <20 °C.....	58
5.2.2.2	ΜΗΘ <15 °C.....	58
5.2.2.3	ΜΗΘ <10 °C.....	58
5.2.2.4	ΜΗΘ <7 °C.....	59
5.2.2.5	ΜΗΘ <5 °C.....	59
5.2.2.6	ΜΗΘ <3 °C.....	59
5.2.2.7	ΜΗΘ <0 °C.....	59
5.2.2.8	ΜΗΘ <-3 °C.....	59
5.2.2.9	ΜΗΘ <-5 °C.....	60
5.3	Συγκρίσεις μεταξύ ημερομηνίας εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους και ζέστης.....	60
5.3.1	ΜΗΘ >20 °C έναντι ΜΗΘ <20 °C.....	60
5.3.2	ΜΗΘ >25 °C έναντι ΜΗΘ <15 °C.....	61
5.3.3	ΜΗΘ >30 °C έναντι ΜΗΘ <10 °C.....	61
5.3.4	ΜΗΘ >25 °C έναντι ΜΗΘ <10 °C.....	61
5.3.5	ΜΗΘ >30 °C έναντι ΜΗΘ <5 °C.....	62
5.4	Μεταβολή της διάρκειας του καλοκαιριού.....	62
5.5	Μεταβολή της έναρξης του χειμώνα.....	63
5.6	Προβλεπόμενες μεταβολές.....	64
5.6.1	Αλεξανδρούπολη.....	64
5.6.2	Άραξος.....	65
5.6.3	Ελληνικό.....	66
5.6.4	Ηράκλειο.....	67
5.6.5	Λάρισα.....	68
5.6.6	Φλώρινα.....	69

5.7	Περιορισμοί	70
5.8	Συμπεράσματα	71
5.8.1	Φυσικά συστήματα.....	71
5.8.2	Αγροτικά συστήματα.....	71
5.8.3	Ανθρωπογενή συστήματα.....	72
5.9	Εισηγήσεις.....	72
	Παράρτημα.....	73
	Βιβλιογραφία	75

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Η κλιματική αλλαγή είναι επακόλουθο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με αέρια του θερμοκηπίου (ΑΘκ) και επηρεάζει ολόκληρο τον πλανήτη. Η κλιματική αλλαγή ως παγκόσμιας κλίμακας πρόβλημα χρειάζεται να ποσοτικοποιηθεί προκειμένου να αξιολογηθεί η υφιστάμενη κατάσταση και να γίνουν οι απαραίτητες προβλέψεις. Με τον τρόπο αυτό οι κοινωνίες και ιδιαίτερα τα άτομα που κατέχουν αξιώματα θα μπορούν να πειστούν για τις επερχόμενες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής έτσι ώστε να λάβουν δραστικά μέτρα είτε για περιορισμό είτε για προσαρμογή στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

Δείκτες για ποσοτικοποίηση της κλιματικής αλλαγής υπάρχουν πολλοί και αυτοί εκτείνονται και στους τρεις πυλώνες της αειφόρου ανάπτυξης (κοινωνία, οικονομία, περιβάλλον). Αρκετοί ασχολούνται με τα στοιχεία της Γης όπως έδαφος και νερό, άλλοι με τα οικοσυστήματα, άλλοι με την κοινωνία, οικονομία και τέλος με τη βροχόπτωση και θερμοκρασία. Παρόλο που υπάρχουν δείκτες οι οποίοι ασχολούνται με τη θερμοκρασία, κανένας δείκτης δεν προσδιορίζει τη μεταβολή στη διάρκεια του καλοκαιριού και του χειμώνα. Αυτοί είναι και οι δείκτες που αναλύονται στην παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική, η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης και ψύχους. Αναμένεται με η κλιματική να αυξήσει τη διάρκεια του καλοκαιριού και να μειώσει τη διάρκεια του χειμώνα.

Κεφάλαιο 2

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Η μεταπτυχιακή διατριβή ασχολείται με δείκτες που προσδιορίζουν την κλιματική αλλαγή. Αρχικά γίνεται αναφορά στην κλιματική αλλαγή και έπειτα αναφέρονται οι δείκτες που χρησιμοποιούνται τόσο σε Ελλάδα και Κύπρο όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο.

2.1 Η γήινη ατμόσφαιρα και το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Η Γη θερμαίνεται κυρίως από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία (Χαλδούπης, 2015). Στη Γη όμως δεν εισέρχεται όλο το φάσμα της ακτινοβολίας και αυτό οφείλεται στην ατμόσφαιρα (Μηλιαρέσης, 2003). Τα σύννεφα και η επιφάνεια της γης ανακλούν μέρος της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας (~30 %) πίσω στο διάστημα, μερική -κυρίως υπεριώδης- απορροφάται από την ατμόσφαιρα (~20 %), και η υπόλοιπη απορροφάται από την επιφάνεια της γης (NOAA, 2018). Έτσι στη Γη εισέρχεται μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία περίπου 0,3-3 μm και χωρίζεται σε υπεριώδη, ορατή και υπέρυθη (Μηλιαρέσης, 2003; NOAA, 2018).

Η ατμόσφαιρα της γης αποτελείται από κυρίως τρία αέρια, το άζωτο (78,1 %), το οξυγόνο (20,9 %) και το αργό (0,9 %). Αυτά τα τρία αέρια αποτελούν το 99,9 % της ατμόσφαιρας της γης και δεν θερμαίνουν τον πλανήτη, μιας και δεν απορροφούν ορατή ή υπέρυθη ακτινοβολία. Το 0,43 % της γήινης ατμόσφαιρας που αποτελείται από πολλά άλλα αέρια απορροφάνε υπέρυθη ακτινοβολία και συνεπώς θερμαίνουν τη Γη (NOAA, 2018).

Η ηλιακή ακτινοβολία που απορροφήθηκε από την επιφάνεια της γης ανακλάται σε μεγαλύτερο μήκος κύματος μέχρι 15 μm, την υπέρυθη ακτινοβολία (Μηλιαρέσης, 2003; NOAA, 2018). Μέρος αυτής της ακτινοβολίας διαφύγει στο διάστημα, ενώ μεγάλο μέρος (~90 %) απορροφάται από τα ΑΘκ, που επανεκπέμπεται στην επιφάνεια της Γης. Έτσι τα ΑΘκ εμποδίζουν την υπεριώδη ακτινοβολία να διαφύγει ελεύθερα στο διάστημα, με

επακόλουθο τη θέρμανση του πλανήτη (NOAA, 2018; Chapin, Matson and Vitousek, 2011).

Αθκ θεωρούνται το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄), το υποξείδιο του αζώτου (N₂O), οι υδροφθοράνθρακες (HFC), οι υπερφθοράνθρακες (PFC) και το εξαφθοριούχο θείο (PF₆) σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Κιότο (UNFCCC, 1998), ενώ έχει προστεθεί και το τριφθοριούχο άζωτο (NF₃) στην τροποποίηση της Doha (UN, 2012). Τα HFC, PFC και PF₆ είναι συνθετικά και συνεισφέρουν σε μικρότερο βαθμό στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (Βαλαβανίδης and Ευσταθίου, 2014). Το CO₂ καταλαμβάνει το 0,75% των Αθκ και έτσι είναι το κυρίαρχο Αθκ (Saikku, Rautiainen and Kauppi, 2008).

Η προαναφερθείσα διαδικασία ονομάζεται φαινόμενο του θερμοκηπίου. Γίνεται από αρχής γενομένου του κόσμου, μιας και διατηρούνται ευνοϊκές συνθήκες για τους ζώντες οργανισμούς. Χωρίς αυτή τη διεργασία η θερμοκρασία της γης θα ήταν 33°C χαμηλότερη. (Chapin, Matson and Vitousek, 2011) , με συνέπεια τη μεταβολή του κλίματος. Το πώς προσδιορίζεται το κλίμα μιας περιοχής και τα είδη των μεταβολών που υφίσταται θα αναλυθούν εκτενέστερα στην ακόλουθη παράγραφο.

2.2 Κλίμα

Αρχικά, το κλίμα μιας περιοχής προσδιορίζεται από τις μέσες τιμές 30 ετών τουλάχιστον. Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη περίοδος είναι εκείνη του 1961-1990 (WMO, 2011). Αυτό συμβαίνει διότι με το πέρασ του χρόνου παρατηρούνται διάφορες διακυμάνσεις στο κλίμα μιας περιοχής (Κατσαφάδος and Μαυροματίδης, 2015). Έτσι, για λόγους σύγκρισης μεταξύ των διάφορων περιοχών επιλέχθηκε η συγκεκριμένη περίοδος (WMO, 2011).

Ο πιο πάνω προσδιορισμός γίνεται διότι υπάρχουν αρκετές κλιματικές διακυμάνσεις. Αυτές είναι η κλιματική μεταβλητότητα και η κλιματική αλλαγή. Αυτές οι δύο κατηγορίες διακυμάνσεων διαφέρουν σε ένα κυρίως στοιχείο, την αλλαγή ή όχι των μέσων τιμών στο κλίμα μιας περιοχής. Στη μεν κλιματική αλλαγή οι μέσες τιμές αλλάζουν, ενώ στην κλιματική μεταβλητότητα οι μέσες τιμές παραμένουν σταθερές με το πέρασ του χρόνου (Κατσαφάδος and Μαυροματίδης, 2015).

Παράγοντες που προκαλούν κλιματική μεταβλητότητα, είναι αρκετοί. Ο δείκτης βορειοατλαντικής ταλάντωσης, το φαινόμενο του El Niño, η ένταση των μουσώνων στην Ασία, η ποσότητα βροχόπτωσης στην υποσαχάρια Αφρική και η Μεσογειακή ταλάντωση είναι παράγοντες κλιματικής μεταβλητότητας στο κλίμα των χωρών της Μεσογείου (Κατσαφάδος and Μαυροματίδης, 2015). Παρόλα αυτά υπάρχουν άλλοι παράγοντες που μεταβάλλουν μόνιμα το κλίμα. Αυτοί θα αναλυθούν στην επόμενη παράγραφο.

2.3 Κλιματική αλλαγή

Σε αντίθεση με τους παράγοντες κλιματικής μεταβλητότητας οι οποίοι δεν μεταβάλλονται από καμιά ανθρώπινη δραστηριότητα, οι παράγοντες που προκαλούν κλιματική αλλαγή επηρεάζονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Τέτοιες ανθρώπινες δραστηριότητες είναι η χρήση ορυκτών καυσίμων για παραγωγή ενέργειας, οι βιομηχανικές δραστηριότητες, η κτηνοτροφία, η λίπανση, η άρδευση και η συνεχόμενη αποψίλωση των δασών. Όλες αυτές οι δραστηριότητες εκλύουν Αθκ και κατά κύριο λόγο CO₂. Η κύρια δραστηριότητα όμως, που επιδεινώνει δραματικά το φαινόμενο του θερμοκηπίου, είναι η χρήση ορυκτών καυσίμων. Αυτό συμβαίνει διότι μετά τη Βιομηχανική Επανάσταση το 1750 υπάρχει έντονη χρήση ορυκτών καυσίμων και απελευθέρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα από την καύση τους. Επιπλέον, η συνεχόμενη αποψίλωση των δασών εμποδίζει τη δέσμευση του CO₂ μέσω της φωτοσύνθεσης, γεγονός που επιδεινώνει την κατάσταση. Όσο λοιπόν αυτά τα αέρια αυξάνονται, τόσο περισσότερη ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος παγιδεύεται στη γη και συνεπώς αυξάνεται περαιτέρω η θερμοκρασία (Chapin, Matson and Vitousek, 2011; Βαλαβανίδης and Ευσταθίου, 2014).

Στην επιστημονική βιβλιογραφία το αποτέλεσμα των ανθρωπογενών αυτών ενεργειών ονομάζεται κλιματική αλλαγή, φαινόμενο του θερμοκηπίου ή παγκόσμια υπερθέρμανση του πλανήτη. Ο πρώτος επιστήμονας που μίλησε για την κλιματική αλλαγή ήταν ο χημικός Arrhenius. Συγκεκριμένα είχε πει ότι η καύση ορυκτών καυσίμων πιθανώς να οδηγήσει σε αύξηση της θερμοκρασίας της γης. Υποστήριζε ότι με το διπλασιασμό της συγκέντρωσης του CO₂ η θερμοκρασία της γης θα ανέβει κατά 5 °C (Enzler, 2018).

Πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι το επίπεδο των Αθκ το 2016 έχουν ανέβει στα 145 %, 257 % και 122 % για CO₂, CH₄ και N₂O αντίστοιχα, από τα επίπεδα προ της βιομηχανικής επανάστασης το 1750. Το CO₂ έχει ξεπεράσει τα 400 ppm και οι ερευνητές αναμένουν περαιτέρω άνοδο τις επόμενες δεκαετίες αν δεν εφαρμοστεί κάποια άμεση λύση. Τα Αθκ που έχουν τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής έχουν αυξηθεί κατά 40 % με το CO₂ να συμμετέχει στο 80 % αυτής της αύξησης (WMO, 2017).

Για τη μείωση των Αθκ που προκαλούν την κλιματική αλλαγή εφαρμόστηκε το Πρωτόκολλο του Κιότο. Το Πρωτόκολλο απαιτούσε τη μείωση των αερίων θερμοκηπίου που προκαλούνται από τον άνθρωπο κατά 5 % χαμηλότερα από τα επίπεδα του 1990. Αυτό θα ίσχυε για την περίοδο 2008-2012 (UNFCCC, 1998).

Άλλες νομοθετικές ρυθμίσεις έχουν τεθεί μετά το Πρωτόκολλο του Κιότο. Με τη λήξη του Πρωτοκόλλου εφαρμόστηκε η τροποποίηση της Doha το 2012, η οποία θα ισχύσει μέχρι το 2020, δυστυχώς με αρκετές χώρες να έχουν αποσυρθεί (UN, 2012). Το 2015 έχει υπογραφεί η συμφωνία του Παρισιού η οποία αφορά περίπου 200 χώρες παγκοσμίως. Αυτή σκοπεύει κυρίως στο να κρατήσει την αύξηση στη μέση παγκόσμια θερμοκρασία (ΜΠΘ) κάτω των 2 °C εν συγκρίσει με τα προ βιομηχανικής επανάστασης επίπεδα και ακολούθως συνέχιση των προσπαθειών για περαιτέρω μείωση στους 1,5 °C πάνω από τα προβιομηχανικής επανάστασης επίπεδα. Στοχεύει επίσης στην καλύτερη προσαρμογή των χωρών στις δυσμενείς επιπτώσεις που προκαλούνται λόγω κλιματικής αλλαγής, στην ανάπτυξη ανθεκτικότητας στις κλιματικές μεταβολές και στην προώθηση της ανάπτυξης σε μια κοινωνία με χαμηλές εκπομπές Αθκ, χωρίς όμως να απειλείται η παραγωγή τροφίμων (United Nations, 2015b; a).

Τα Ηνωμένα Έθνη έχουν θεσπίσει 17 στόχους με σκοπό τη βιώσιμη ανάπτυξη και ο 13^{ος} στόχος αφορά τη δράση για το κλίμα. Σύμφωνα με αυτόν οι χώρες αναμένεται να ενισχύσουν την ανθεκτικότητα και την ικανότητα προσαρμογής έναντι των κινδύνων και φυσικών καταστροφών που προκαλούνται από την κλιματική αλλαγή. Επίσης ενθαρρύνεται να ενσωματωθούν μέτρα για την κλιματική αλλαγή σε εθνικές πολιτικές, στρατηγικές και σχεδιασμούς. Η τρίτη επιδίωξη του Στόχου είναι η βελτίωση της

ευαισθητοποίησης και εκπαίδευσης σε θέματα μετριασμού, προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή και μείωσης των εκπομπών Αθκ (United Nations, 2019).

Η κλιματική αλλαγή σε παγκόσμια κλίμακα επέφερε και θα επιφέρει σημαντικές μεταβολές. Ακραία καιρικά φαινόμενα όπως καύσωνες, πλημμύρες και καταιγίδες αναμένεται να επιδεινωθούν με το πέρασ των χρόνων (Zachariadis, 2016). Στην επόμενη ενότητα ακολουθούν δείκτες που ασχολούνται ακριβώς με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο περιβάλλον, στην κοινωνία και στην οικονομία.

2.4 Δείκτες κλιματικής αλλαγής

Οι άνθρωποι προκειμένου να ποσοτικοποιήσουν την κλιματική αλλαγή και τις επιπτώσεις της, έχουν προσδιορίσει συγκεκριμένους δείκτες οι οποίοι είναι ευρέως αποδεκτοί. Με βάση αυτούς τους δείκτες μπορεί κάποιος να υπολογίσει/προβλέψει το πόσο επηρεάζει η κλιματική αλλαγή τον κάθε μελετώμενο τομέα.

2.4.1 Μη μετεωρολογικοί

Σε αυτή την υποενότητα θα παρουσιαστούν οι δείκτες της κλιματικής αλλαγής οι οποίοι αφορούν μη μετεωρολογικά στοιχεία. Αυτοί θα κατανεμηθούν ανάλογα με το αν αφορούν τη Γη, τα οικοσυστήματα ή τον άνθρωπο.

2.4.1.1 Στοιχεία της Γης

Στο παρόν στάδιο θα μελετηθούν δείκτες που αφορούν στοιχεία της Γης όπως το έδαφος και το νερό.

Στάθμη θάλασσας

Η παγκόσμια στάθμη της θάλασσας όλο και αυξάνει με το πέρασμα των χρόνων. Συγκεκριμένα αυξήθηκε με ρυθμό 1,7 mm ανά έτος για τον 20^ο αιώνα και 3,2 mm ανά έτος από το 1990 μέχρι το 2012. Αυτό επήλθε ως αποτέλεσμα από το λιώσιμο των πάγων και την αύξηση της θερμοκρασίας (IPCC, 2013). Ο ρυθμός αύξησης της μέσης στάθμης

της θάλασσας από το 1993 μέχρι τα μέσα του 2014 ανέρχεται στα 2,6-2,9 mm/χρόνο (Watson et al., 2015).

Υπόγεια ύδατα

Η κλιματική αλλαγή θα μειώσει σημαντικά τα υπόγεια ύδατα στις περισσότερες υποτροπικές περιοχές (Jiménez Cisneros et al., 2014). Το 2 % της παγκόσμιας εδαφικής έκτασης προβλέπεται να υποφέρει από μείωση στις ανανεώσιμες πηγές υπόγειου νερού πάνω από το 70 % στους 2 °C. Μείωση των υπόγειων υδάτων περισσότερο από το 10 % αναμένεται με την άνοδο της ΜΠΘ κατά 1,5 °C στο 20 % της παγκόσμιων εδαφών (Portmann et al., 2013).

Οξίνιση ωκεανών

Η κλιματική αλλαγή επιδρά θετικά στην περαιτέρω οξίνιση των ωκεανών. Η οξίνιση των ωκεανών προέρχεται από την αυξανόμενη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), διότι στους ωκεανούς συσσωρεύεται το 30% των εκπομπών CO₂. Λόγω, λοιπόν, της απορρόφησης του CO₂ από τους ωκεανούς ελευθερώνονται H⁺, με αποτέλεσμα τη μείωση του pH. Το pH των ωκεανών έχει μειωθεί κατά 0,1 μονάδες (από 8,2 σε 8,1) από τη βιομηχανική επανάσταση και αναμένεται να μειωθεί σε pH 7,8 μέχρι το 2100 (IPCC, 2013; Ahmed, Thompson and Glaser, 2019).

Αλατότητα ωκεανών

Η περιεκτικότητα αλάτων στους ωκεανούς διαφοροποιείται με την κλιματική αλλαγή. Αυτό συμβαίνει λόγω αλλαγών στον κύκλο του νερού (εξάτμιση, βροχοπτώσεις, λιώσιμο πάγων). Συγκεκριμένα, η διαφορά μεταξύ περιοχών με υψηλή και χαμηλή αλατότητα αυξήθηκε 0,13 από το 1950 μέχρι το 2008. Έτσι ο Ατλαντικός Ωκεανός έγινε αλμυρότερος, ενώ οι Ειρηνικός, Νότιος και Αρκτικός Ωκεανοί έγιναν λιγότερο αλμυροί (IPCC, 2013; Durack, Wijffels and Matear, 2012).

Οξυγόνο ωκεανών

Το οξυγόνο στους ωκεανούς ποικίλει ανάλογα με το βάθος και την περιοχή, παρόλα αυτά η κλιματική αλλαγή επηρέασε τις συγκεντρώσεις του στους ωκεανούς. Στις πολικές

περιοχές το οξυγόνο έχει τη μέγιστη συγκέντρωση, ενώ στις ανατολικές ακτές των Ατλαντικό και Ειρηνικό Ωκεανών, και στο βόρειο Ινδικό Ωκεανό είναι η ελάχιστη (Doney, Bopp and Long, 2014; Karstensen et al., 2015; Schmidtko, Stramma and Visbeck, 2017). Η αύξηση των θερμοκρασιών οδήγησε σε μείωση του οξυγόνου των ωκεανών κατά 2% από το 1960 (Schmidtko, Stramma and Visbeck, 2017; Hoegh-Guldberg et al., 2018).

Θαλάσσιος πάγος και παγετώνες

Το λιώσιμο των θαλάσσιων πάγων και των παγετώνων αποτελούν δύο δείκτες για ποσοτικοποίηση της κλιματικής αλλαγής. Η μέση έκταση πάγου στην Αρκτική θάλασσα το καλοκαίρι κατά την περίοδο 1979-1996 μειώθηκε κατά 36.000 Km² το έτος, ενώ την περίοδο 1997-2014 μειώθηκε κατά 130.000 Km² ανά έτος (Serreze and Stroeve, 2015). Το πάχος του πάγου στην Αρκτική θάλασσα μειώθηκε κατά 65% την περίοδο 1975-2012, φτάνοντας τα 1,25m (Lindsay and Schweiger, 2015). Οι παγετώνες στις Άλπεις προβλέπεται να λιώσουν εντελώς με την άνοδο της ΜΠΘ κατά 2 °C (Ciscar et al., 2014).

Διάβρωση εδάφους

Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να επιδεινώσει το φαινόμενο της διάβρωσης του εδάφους τόσο άμεσα όσο και έμμεσα. Άμεσα φαίνεται να το επηρεάζει η αύξηση των ακραίων καιρικών φαινομένων όπως καταιγίδες, ενώ έμμεσα επηρεάζεται από την αύξηση της θερμοκρασίας (Valdez et al., 2017).

2.4.1.2 Οικοσυστήματα

Πιο κάτω αναλύονται δείκτες που αφορούν στοιχεία των οικοσυστημάτων όπως δάση, χλωρίδα και πανίδα.

Μεγαοικοσυστήματα

Μετατόπιση των μεγαοικοσυστημάτων παρατηρείται σε όλες τις περιοχές (Larsen et al., 2014; Settele et al., 2014). Η ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή είναι ένας παράγοντας που συνεισφέρει σημαντικά σε αυτήν την μετατόπιση (Settele et al., 2014). Έχει αποδειχθεί ότι ο περιορισμός της ανόδου στην ΜΠΘ στους 1,5 °C παρά στους 2 °C θα εμποδίσει τη

μετακίνηση των μεγαοικοσυστημάτων από Αρκτική, Θιβέτ, Ιμαλαία, νότιες περιοχές της Αφρικής και Αυστραλία (Gerten et al., 2013).

Μετανάστευση γηγενών ειδών

Η γεωγραφική κατανομή πολλών θαλάσσιων και χερσαίων φυτών και ζώων μετακινήθηκε τις τελευταίες δεκαετίες ως απόκριση στην κλιματική αλλαγή. Συγκεκριμένα, μετακινήθηκαν ανά δεκαετία σχεδόν 17 Km προς τους πόλους και ανέβηκαν υψομετρικά 11 m (Settele et al., 2014). Το 47% από 976 μελετώμενα είδη εξαφανίστηκαν τοπικά σε διάφορες περιοχές της Γης κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα. Το προαναφερθέν φαινόμενο εντοπίζεται εκτενέστερα στις τροπικές περιοχές, στα ζώα παρά στα φυτά και σε οικοτόπους γλυκού νερού (Wiens, 2016).

Δασικές πυρκαγιές

Η περιστασιακή εμφάνιση των δασικών πυρκαγιών είναι φυσικό φαινόμενο και απαραίτητο συστατικό για την ανάπτυξη της βλάστησης. Η κλιματική αλλαγή φαίνεται να επηρεάζει σημαντικά την έξαρση δασικών πυρκαγιών που προκαλούνται από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Το 84% όλων των δασικών πυρκαγιών που σημειώθηκαν από το 1992-2012 στις ΗΠΑ ξεκίνησαν από ανθρώπινη αιτία. Αυτές οι πυρκαγιές διήρκησαν τριπλάσιο χρονικό διάστημα από τις φυσικά δημιουργημένες πυρκαγιές (The complexities of wildfires, 2019). Αυτό οφείλεται λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας και της μεταβολής των κατακρημνίσεων. Στην προ-βιομηχανικής επανάστασης εποχή η έκταση των δασικών πυρκαγιών βασιζόνταν στη βροχόπτωση ενώ τον 21^ο αιώνα επηρεάζονται από τη θερμοκρασία (Pechony and Shindell, 2010).

Ημερομηνίες άνθισης

Οι ημερομηνίες άνθισης διαφοροποιούνται με την κλιματική αλλαγή. Οι κερασιές (*Prunus avium* L.) ανθίζουν γρηγορότερα εν συγκρίσει με τις ημερομηνίες άνθισης πριν 30 χρόνια στη βόρεια Ελλάδα (Drogoudi, Kazantzis and Blanke, 2017). Επίσης η άνθιση στις αμυγδαλιές (*Prunus dulcis* Mill.) καθυστερεί με την άνοδο των θερμοκρασιών του χειμώνα τα τελευταία 30 χρόνια (Benmoussa et al., 2017a). Στις φιστικιές Αιγίνης (*Pistacia vera* L.) παρατηρείται καθυστέρηση στην άνθιση όταν οι χειμώνες είναι πιο ήπιοι (Benmoussa et al., 2017b). Στις ροδακινιές (*Prunus persica* L., *Prunus davidiana*

(Carr.) Franch, *Prunus ferganensis* Kost. et Riab) η ημερομηνία άνθισης μετακινήθηκε 11,1 μέρες πιο μπροστά (Li et al., 2016). Το γεγονός αυτό αποδεικνύει ότι η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τα φαινολογικά στάδια των δένδρων.

Διάρκεια βλαστικής περιόδου

Επιμήκυνση παρατηρείται στη διάρκεια βλαστικής περιόδου με την άνοδο της ΜΠΘ. Η βλαστική περίοδος σε ευρωπαϊκά δάση την περίοδο 1999-2013 μετατοπίστηκε κατά 0,22 μέρες/χρόνο νωρίτερα και η διάρκειά της επεκτάθηκε κατά 0,42 μέρες/χρόνο (Han et al., 2018). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την επιμήκυνση της βλαστικής περιόδου, κάτι το οποίο εντόπισαν και άλλοι ερευνητές (Zhang et al., 2018).

Αλλαγές στις εξάρσεις εντόμων και ασθενειών των φυτών

Τα έντομα επηρεάζονται από την κλιματική αλλαγή. Οι υψηλές θερμοκρασίες οδήγησαν στη μεταβολή του χρόνου μεταμόρφωσης των άγριων πεταλούδων, αναλόγως του σταδίου ανάπτυξης στο οποίο παρουσιάστηκαν. Αν κατά το τέλος του προνυμφικού/αρχές του νυμφικού σταδίου ανάπτυξης ή μετά τη διάπαυση υπήρξαν ψηλές θερμοκρασίες, τότε τα τέλεια έντομα μεταμορφώθηκαν πιο γρήγορα. Αν, αντίθετα, οι ψηλές θερμοκρασίες επικράτησαν κατά τη διάπαυση, τότε οι πεταλούδες καθυστέρησαν να μεταμορφωθούν (Davies, 2019). Ακόμη, αρκετά είδη μελισσών παρουσιάζουν νωρίτερα τα διάφορα φαινολογικά τους στάδια, κάτι που παρατηρήθηκε και σε νυχτοπεταλούδες (Rafferty, 2017). Σε αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂ τα λουλούδια παράγουν απομίμηση νέκταρος και όταν τρέφονται με αυτό οι εργάτες βομβίνοι (*Bombus terrestris*) πεθαίνουν γρηγορότερα. Κάτω από τις ίδιες συνθήκες η συγκέντρωση πρωτεΐνης στη γύρη μειώνεται, με αποτέλεσμα να επηρεάζονται αρνητικά οι μέλισσες (Rafferty, 2017).

Οι ασθένειες των φυτών θα έχουν έξαρση με την κλιματική αλλαγή. Σε ψηλές συγκεντρώσεις CO₂ τα συμπτώματα στα φύλλα σιταριού (*Triticum aestivum* L.) από τον ιό του κίτρινου νανισμού του κριθαριού (BYDV) αυξήθηκαν κατά 38% (Vassiliadis et al., 2018). Με την αύξηση των φαινομένων ξηρασίας και καταιγίδων αναμένεται να αυξηθούν οι εξάρσεις εδαφογενών ασθενειών των φυτών (Meisner and De Boer, 2018). Η αύξηση της ευαισθησίας των φυτών και η ύπαρξη ευνοϊκότερων συνθηκών για

επιβίωση των παθογόνων μικροοργανισμών αυξάνουν τις εξάρσεις στις ασθένειες των φυτών σε συνθήκες κλιματικής αλλαγής (Kashevarov et al., 2018).

Ξεχειμώνιασμα των πουλιών

Τα αποδημητικά νυχτόβια πουλιά παρουσιάζουν μεταβολή στις τοποθεσίες μετανάστευσης (La Sorte et al., 2019). Τα πουλιά την άνοιξη αποδημούν 1 βδομάδα νωρίτερα με το πέρας 5 δεκαετιών (1959-2015) περίπου. Η διάρκεια της περιόδου που αποδημούν τα πουλιά κατά την άνοιξη αυξήθηκε με τις ψηλές θερμοκρασίες (Lehikoinen et al., 2019).

Λειτουργία οικοσυστημάτων

Η παραγωγικότητα των οικοσυστημάτων της ξηράς σε παγκόσμια κλίμακα αυξήθηκε σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή. Επίσης σε βόρειες περιοχές η αλλαγή στην παραγωγικότητα των οικοσυστημάτων έχει μικρότερη επιτάχυνση από την αύξηση της θερμοκρασίας (Hoegh-Guldberg et al., 2018). Η ολική αναπνοή των οικοσυστημάτων σε παγκόσμια κλίμακα έχει αυξηθεί λόγω αύξησης των νυχτερινών θερμοκρασιών (Anderegg et al., 2015).

Ωκεάνια οικοσυστήματα

Η κλιματική αλλαγή σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες ευνοούν ή εμποδίζουν την ανάπτυξη συγκεκριμένων μορφών ζωής στους ωκεανούς. Αναμένεται αύξηση της παραγωγικότητας του φυτοπλαγκτόν και αύξηση των μικροβιακών αποικιών (Boyd, 2015; Bakun et al., 2015; Altieri and Gedan, 2015; Hoegh-Guldberg et al., 2018). Οργανισμοί με κελύφη ή εξωσκελετούς τα οποία είναι φτιαγμένα από ανθρακικό ασβέστιο κινδυνεύουν με την αύξηση της οξύτητας των ωκεανών, παρόλο που κάποια είδη έδειξαν μικρή ευαισθησία στις αλλαγές CO₂, pH και ανθρακικών αλάτων (Dove et al., 2013; Fang et al., 2013; Kroeker et al., 2013; Pörtner et al., 2014; Gattuso et al., 2015). Επίσης, αυξήθηκε η συχνότητα εμφάνισης νεκρών ζωνών στους ωκεανούς από το 1990, μιας περιοχής που λόγω αρκετά χαμηλής συγκέντρωσης οξυγόνου είναι αδύνατη η υποστήριξη ζωής (Diaz and Rosenberg, 2008; Altieri and Gedan, 2015; Schmidtko, Stramma and Visbeck, 2017).

2.4.1.3 Οικονομία και Κοινωνία

Ακολουθούν οι δείκτες που άπτονται με οικονομικούς τομείς και δείκτες που αφορούν τον άνθρωπο.

Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση

Η κλιματική αλλαγή φαίνεται να επηρεάζει σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση. Ο δείκτης κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση (ΔΚΕΘ) έχει μία πτωτική τάση σε όλη την Ευρώπη, ενώ ο δείκτης κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη (ΔΚΕΨ) έχει αυξητική τάση από το 1981 μέχρι το 2010 για την περιοχή της Μεσογείου (Spinoni, Vogt and Barbosa, 2015). Επίσης εξετάστηκε η τάση στους δύο δείκτες από το 1981 μέχρι το 2100 και πάλι για την Ευρώπη. Συγκεκριμένα ο ΔΚΕΘ παρουσιάζει πτωτική τάση ιδιαίτερα στις περιοχές της Σκανδιναβίας και της Ευρωπαϊκής Ρωσίας, ενώ ο ΔΚΕΨ αυξάνεται με το μέγιστο να βρίσκεται στις περιοχές της Μεσογείου και των Βαλκανίων (Spinoni et al., 2018).

Καλλιεργήσιμες εκτάσεις

Η κλιματική αλλαγή επηρέασε αρνητικά την παραγωγή των καλλιεργειών. Σε παγκόσμια παραγωγή η μείωση στο σιτάρι ανήλθε το 6 %, στο ρύζι το 3,2 %, στο καλαμπόκι το 7,4%, και στη σόγια το 3,1 % για κάθε βαθμό Κελσίου που αυξάνεται η ΜΠΘ (Asseng et al., 2015; Zhao et al., 2017). Στο αμπέλι τα φαινολογικά στάδια θα εμφανίζονται πιο νωρίς επηρεάζοντας έτσι την ποιότητα των σταφυλιών και την καταλληλότητα της περιοχής για την κάθε ποικιλία (Alikadic et al., 2019).

Εκτροφή ζώων

Η κλιματική αλλαγή προβλέπεται να επηρεάσει άμεσα την παραγωγή και ποσότητα ζωικών προϊόντων (Notenbaert et al., 2017) και έμμεσα την υγεία και διατροφή των ζώων (Kipling et al., 2016). Με την αύξηση των ακραίων θερμοκρασιών αναμένονται αλλαγές στη φυσιολογικές διαδικασίες των ζώων όπως υψηλός ρυθμός αναπνοής (Mortola and Frappell, 2000), ακόμα αναμένονται αλλαγές στο ρυθμό ανάπτυξης, στη διατροφή των ζώων (André et al., 2011; Renaudeau, Gourdine and St-Pierre, 2011; Collier and Gebremedhin, 2015) και αναπαραγωγή (De Rensis, Garcia-Ispierto and López-Gatius,

2015). Παρατηρείται επίσης μείωση στη γαλακτοπαραγωγή και αυξημένη θνησιμότητα στις αγελάδες ως αποτέλεσμα του θερμικής καταπόνησης (Wall et al., 2010).

Τουρισμός

Ο τουριστικός τομέας δεν θα μπορούσε να μείνει ανεπηρέαστος από την κλιματική αλλαγή. Οι περισσότερες από τις πόλεις της δυτικής Ευρώπης αναμένεται να επηρεαστούν θετικά με την αύξηση της ΜΠΘ κατά 1,5 °C. Στην αντίπερα όχθη αναμένεται να βρίσκεται η περιοχή της Μεσογείου και χώρες όπως την Ισπανία με μείωση κατά 8 % του τουρισμού και την Κύπρο με μείωση της τάξης του 2% (Jacob et al., 2018). Με την άνοδο της ΜΠΘ κατά 2 °C ο τουρισμός στις ευρωπαϊκές χώρες θα μειωθεί κατά 5 % με συνολικές απώλειες 15 δισεκατομμυρίων ευρώ ανά έτος (Ciscar et al., 2014).

Αλιεία και Ιχθυοκαλλιέργεια

Η αλιεία και η ιχθυοκαλλιέργεια είναι ένας οικονομικός τομέας ο οποίος με την κλιματική αλλαγή επηρεάζεται σημαντικά. Αύξηση των κινδύνων για τα δίθυρα παρατηρείται σε περιοχές μέσου ΓΠ. Αυτές έχουν συνδεθεί με την αύξηση της θερμοκρασίας, την οξίνιση των ωκεανών, με νέα είδη, ασθένειες και άλλες αιτίες (Parker et al., 2017; Clements et al., 2017; Clements and Chopin, 2017; Lacoue-Labarthe et al., 2016). Η εισβολή νέων παρασίτων και παθογόνων λόγω αύξησης της οξύτητας των ωκεανών αυξάνει επιπλέον τους κινδύνους για την αλιεία και ιχθυοκαλλιέργεια (Castillo et al., 2017; Asplund et al., 2014).

Αστική θερμονησίδα

Οι αστικές περιοχές υπό την επίδραση της κλιματικής αλλαγής θα βιώσουν εντονότερα φαινόμενα ζέστης. Με την αύξηση του πληθυσμού και του μεγέθους των πόλεων οι αστικές θερμονησίδες γίνονται όλο και πιο έντονες (Hoegh-Guldberg et al., 2018). Στα δυτικά μέρη της Αθήνας, όπου η περιοχή είναι πιο πυκνοκατοικημένη και δεν υπάρχουν χώροι πρασίνου, η διαφορά θερμοκρασίας από την περιφέρεια της πόλης μπορεί να ξεπεράσει τους 6-7 °C. Οι αστικές θερμονησίδες αυξάνουν την κατανάλωση ενέργειας το καλοκαίρι κατά 0,45 % ως 4,6 % για κάθε βαθμό αύξησης της θερμοκρασίας (Kyriakodis and Santamouris, 2018).

Διαθεσιμότητα νερού

Το διαθέσιμο νερό προς χρήση για τις ανθρώπινες ανάγκες προβλέπεται να μειωθεί σημαντικά με την άνοδο της θερμοκρασίας. Ο πληθυσμός που υποφέρει από ανεπάρκεια νερού έχει αυξηθεί από 14% τη δεκαετία του 1900 στο 58% τη δεκαετία του 2000. Το 17% του παγκόσμιου πληθυσμού ο οποίος ζει στην Νότια και Ανατολική Ασία, τη Βόρεια Αφρική και τη Μέση Ανατολή αντιμετώπισαν σημαντικά προβλήματα αποθήκευσης και ψηλή υδατική καταπόνηση κατά τη δεκαετία του 2000 (Kummu et al., 2016).

2.4.1.3.1 Υγεία

Η υγεία των ανθρώπων επηρεάζεται και αυτή από την κλιματική αλλαγή, όπως παρουσιάζονται πιο κάτω.

Θάνατοι σχετιζόμενοι με ψηλές θερμοκρασίες

Η κλιματική αλλαγή αυξάνει τους θανάτους που οφείλονται στη ζέστη. Οι θάνατοι που σχετίζονται με τις υψηλές θερμοκρασίες ορίζονται ως ο μεγάλος αριθμός θανάτων, οι οποίοι παρατηρούνται σε περιόδους καύσωνα και δεν μπορεί να προσδιοριστεί πειστική διάγνωση. Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (ΗΠΑ) κατά το 2006, όπου υπήρξε δεκαήμερος καύσωνα, παρατηρήθηκαν αυξημένοι αριθμοί θανάτων. Από αυτούς οι 40 προκλήθηκαν λόγω θερμοπληξίας και επιπλέον 100 σχετίστηκαν με το κύμα καύσωνα (Kinney et al., 2015). Στην Αυστραλία παρατηρήθηκε αύξηση στους θανάτους όταν υπήρχε καύσωνα. Ο καύσωνα φαίνεται να αύξησε το ποσοστό θανάτων κατά 28%, ενώ σε πιο έντονους καύσωνες το ποσοστό αυξανόταν ακόμη περισσότερο (Cheng et al., 2018).

Ασθένειες σχετιζόμενες με υψηλές θερμοκρασίες

Αύξηση παρατηρείται επίσης στις ασθένειες που σχετίζονται με τις υψηλές θερμοκρασίες. Τέτοιες είναι οι καρδιοπάθεια, διάρροια, έγκαυμα, θερμοπληξία και καρκίνος του δέρματος. Κάποιες από αυτές τις ασθένειες μπορούν να θανατώσουν γρηγορότερα από τη φυματίωση και τον ιό του AIDS τόσο σε αναπτυγμένες όσο και σε αναπτυσσόμενες χώρες. Ειδικότερα, η αύξηση της θερμοκρασίας και της ακτινοβολίας

θεωρούνται οι κύριες αιτίες κάποιων από αυτές τις ασθένειες όπως καρκίνος του δέρματος, θερμοπληξία, διάρροια και καρδιοπάθεια (Orimoloye et al., 2019).

Νόσος Lyme

Η νόσος Lyme παρουσιάζει έξαρση λόγω κλιματικής αλλαγής. Συγκεκριμένα, η νόσος αυτή μεταδίδεται μέσω των κροτώνων και το παθογόνο αίτιο είναι η σπειροχαίτη *Borrelia burgdorferi*. Στην Ευρώπη φορέας της ασθένειας είναι οι κρότωνες (τσιμπούρια) του προβάτου *Ixodes ricinus*, ενώ στην Αμερική είναι οι κρότωνες *Ixodes scapularis* (Baylis, 2017; Hoegh-Guldberg and Bruno, 2010). Αυτή η ασθένεια εμφανίζεται όλο και συχνότερα λόγω κλιματικής αλλαγής. Αυτό συμβαίνει διότι ο φορέας, λόγω ηπιότερων χειμώνων, αυξάνει σε πυκνότητα και εξάπλωση στα υψηλότερα υψόμετρα, κάτι που παρατηρήθηκε στη Σουηδία (Baylis, 2017).

Ιός του Δυτικού Νείλου

Η κλιματική αλλαγή αυξάνει τη συχνότητα εμφάνισης του ιού του Δυτικού Νείλου. Ο ιός μεταδίδεται με τα κουνούπια του είδους *Culex*, τα οποία είναι ενδημικά σε χώρες της νότιας και ανατολικής Ευρώπης. Τα περιστατικά που εμφανίζουν συμπτώματα αυτού του ιού, αυξάνονται όλο και περισσότερο. Τα κουνούπια φορείς του ιού είναι ευαίσθητα σε αλλαγές της θερμοκρασίας (Baylis, 2017), με την άνοδό της θερμοκρασίας να ευνοεί την ανάπτυξή τους (Ciota et al., 2014). Η βροχόπτωση επίσης επηρεάζει θετικά την ανάπτυξη των κουνουπιών *Culex* (Valdez et al., 2017).

Αλλεργίες

Οι αλλεργικές αντιδράσεις φαίνεται να επιδεινώνονται με την κλιματική αλλαγή λόγω επιμήκυνσης της ανθοφορίας των φυτών. Το φυτό Αμβροσία (*Ambrosia* spp.) είναι ένα από τα ζιζάνια του οποίου η γύρη προκαλεί αλλεργικές αντιδράσεις όπως αλλεργική ρινίτιδα και άσθμα. Σε μία έρευνα που έγινε στην Νότιο Αμερική, η περίοδος απελευθέρωσης της γύρης της Αμβροσίας φαίνεται να αυξάνει (Ziska et al., 2011). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την επιπλέον επιβάρυνση της δημόσιας υγείας. Στη διάρκεια 1994-2016 μελετήθηκαν στην Ισπανία δώδεκα είδη φυτών που παράγουν αερομεταφερόμενη γύρη, τα οποία προκαλούν αλλεργικές αντιδράσεις. Εννιά στα δώδεκα είδη είχαν ψηλό

ως πολύ ψηλό αλλεργικό δυναμικό. Παρατηρήθηκε στα περισσότερα φυτά αύξηση της διάρκειας παραγωγής της γύρης και της ποσότητας της γύρης κατά τα έτη 2007-2016 σε σχέση με τα έτη 1994-2006 (Ruiz-Valenzuela and Aguilera, 2018).

2.4.2 Μετεωρολογικοί

Οι μετεωρολογικοί δείκτες που προσδιορίζουν την κλιματική αλλαγή ασχολούνται με μετρήσεις οι οποίες παίρνονται από μετεωρολογικούς σταθμούς. Αυτοί οι δείκτες χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες: σχετιζόμενους με τη βροχόπτωση και τη θερμοκρασία.

2.4.2.1 Βροχόπτωση

Οι δείκτες που σχετίζονται με τη βροχόπτωση επηρεάζονται από την κλιματική αλλαγή και αυτό αποδεικνύεται σε Κύπρο και Ελλάδα. Στη Θεσσαλονίκη η μέση ετήσια βροχόπτωση παρουσιάζει μείωση τα τελευταία χρόνια (Stathis and Manromatis, 2009). Η ποσότητα βροχόπτωσης που καταγράφεται σε 1 ώρα αυξάνει με το πέρασμα των χρόνων στην Κύπρο. Επίσης ο ετήσιος αριθμός ξηρών ημερών, δηλαδή ο αριθμός των ημερών με βροχόπτωση μικρότερη του 0,5 mm αναμένεται να αυξηθεί στην Κύπρο κατά 30 μέρες/έτος (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2018), ενώ στην ανατολική ηπειρωτική Ελλάδα και βόρεια Κρήτη θα αυξηθεί κατά 20 μέρες μέχρι το 2021-2050 (ΕΜΕΚΑ, 2011). Ακόμη, ο δείκτης της ετήσιας μέγιστης συνολικής βροχόπτωσης πάνω από 3 μέρες στην Κύπρο αναμένεται να μειωθεί κατά 10 mm (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2018). Η μέγιστη ποσότητα βροχόπτωσης σε διάστημα έως 3 μέρες θα αυξηθεί μέχρι 30% για Στερεά Ελλάδα και ΒΔ Μακεδονία, ενώ θα μειωθεί ως 20% για δυτική Ελλάδα (ΕΜΕΚΑ, 2011). Οι ξηρές περιόδους αφορούν το δείκτη συνεχόμενων ξηρών ημερών, δηλαδή του μέγιστου αριθμού συνεχόμενων ημερών με ημερήσια ποσότητα βροχόπτωσης μικρότερη του 1 mm. Στην Ελλάδα αυτός ο δείκτης παρουσιάζει αυξητική τάση. Αντιθέτως, οι υγρές περιόδους σχετίζονται με το δείκτη συνεχόμενων υγρών ημερών. Ο δείκτης αυτός αφορά το μέγιστο αριθμό συνεχόμενων ημερών με ημερήσια βροχόπτωση μεγαλύτερη ή ίση του 1 mm. Στην Ελλάδα παρατηρείται πτωτική τάση στο συγκεκριμένο δείκτη (Nastos and Zerefos, 2009).

2.4.2.2 Θερμοκρασία

Αρκετοί δείκτες που σχετίζονται με τη θερμοκρασία θα αυξηθούν σε Κύπρο και Ελλάδα. Αυτοί είναι οι: *θερμοκρασία του αέρα, αριθμός των καλοκαιρινών ημερών, αριθμός των ζεστών ημερών, αριθμός των ημερών με καύσωνα, τροπικές νύχτες, μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία* καθώς και *μέγιστες τιμές ανά έτος της ελάχιστης και μέγιστης θερμοκρασίας*. Καλοκαιρινές μέρες θεωρούνται οι μέρες με μέγιστη θερμοκρασία μεγαλύτερη από 25 °C, ζεστές μέρες είναι εκείνες με μέγιστη θερμοκρασία μεγαλύτερη των 30 °C, ημέρες καύσωνα εκείνες με μέγιστη θερμοκρασία μεγαλύτερη των 35 °C και τροπικές νύχτες θεωρούνται οι ημέρες με ελάχιστη θερμοκρασία μεγαλύτερη των 20 °C. Πιο συγκεκριμένα, αναμένονται για την Κύπρο 30-45 περισσότερες καλοκαιρινές μέρες ετησίως, 25-45 περισσότερες ζεστές μέρες και 20-60 περισσότερες ημέρες καύσωνα για την περίοδο 2071-2100 (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2018). Στην Ελλάδα η θερμοκρασία του αέρα θα αυξηθεί περίπου 3-4,5 °C, οι ημέρες καύσωνα θα αυξηθούν στα ηπειρωτικά κατά 35-40 σε σχέση με την περίοδο 2071-2100 και οι τροπικές νύχτες κατά 50 ημέρες σε ολόκληρη την επικράτεια (ΕΜΕΚΑ, 2011). Επίσης παρατηρήθηκε στις περισσότερες περιοχές της Ελλάδας αύξηση στην ελάχιστη θερμοκρασία με ψηλότερο ρυθμό από η μέγιστη θερμοκρασία (Koufos et al., 2018). Η πιο ψηλή τιμή της μέγιστης θερμοκρασίας θα αυξηθεί κατά 1,6-2 °C ανά έτος και της ελάχιστης θερμοκρασίας κατά 1,8-2,3 °C ανά έτος με την μεγαλύτερη αύξηση να παρατηρείται στο Σαϊττά της Κύπρου (Hadjinicolaou et al., 2011).

Αντιθέτως, στην Ελλάδα πτωτική τάση παρουσιάζουν οι δείκτες: *αριθμός των ημερών με νυχτερινό παγετό και ημερήσιο θερμοκρασιακό εύρος*. Μείωση ως και 40 μέρες προβλέπεται στη Βόρεια Ελλάδα μέχρι το τέλος του αιώνα (ΕΜΕΚΑ, 2011). Το ημερήσιο θερμοκρασιακό εύρος μειώθηκε σε όλη την επικράτεια με την πάροδο των ετών (Eleftheriou et al., 2018; Koufos et al., 2018).

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία υπάρχουν πάρα πολλοί δείκτες για προσδιορισμό της κλιματικής αλλαγής όπως αυτοί καταγράφηκαν πιο πάνω. Αυτοί αφορούν όλους τους πυλώνες της αειφορίας (κοινωνία, οικονομία, περιβάλλον) και χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: μετεωρολογικούς και μη. Κάποιοι από αυτούς μελετήθηκαν σε Κύπρο και Ελλάδα με σκοπό την ποσοτικοποίηση της κλιματικής αλλαγής. Παρόλα αυτά παρατηρούνται κενά στη βιβλιογραφία όπως θα εξηγηθεί παρακάτω εκτενέστερα.

Κεφάλαιο 3

Μεθοδολογία

3.1 Σκοπός - Στόχοι

Σκοπός της εργασίας είναι να ελεγχθεί κατά πόσο η ημερομηνία κατά την οποία εμφανίζεται το πρώτο κρύο και η πρώτη ζέστη συνδέεται με την κλιματική αλλαγή. Αν η μεταβολή της ημερομηνίας έχει παρόμοια τάση στους μελετώμενους σταθμούς, τότε θα μπορεί να προσδιοριστεί ως δείκτης κλιματικής αλλαγής. Για επίτευξη του πιο πάνω στόχου χρησιμοποιήθηκε η περιοχή της Ελλάδας.

3.2 Ερευνητικά ερωτήματα

Στο 2^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι δείκτες ποσοτικοποίησης της κλιματικής αλλαγής. Παρόλο που είναι πάρα πολλοί, εντούτοις υπάρχει έλλειψη/αδυναμία στην ποσοτικοποίηση της μεταβολής του πρώτου κύματος ψύχους και ζέστης. Δηλαδή, δεν υπάρχουν δείκτες που να δείχνουν τη μεταβολή της διάρκειας του καλοκαιριού και του χειμώνα. Έτσι τίθενται τα παρακάτω ερωτήματα τα οποία πρόκειται να απαντηθούν:

- Πώς μεταβάλλεται το πρώτο κύμα ζέστης και ψύχους με την επίδραση της κλιματικής αλλαγής;
- Μεταβάλλεται καθόλου η διάρκεια του καλοκαιριού και του χειμώνα κάτω από την επίδραση της κλιματικής αλλαγής;

3.3 Περιοχή μελέτης

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με μεσογειακό κλίμα, δηλαδή παρουσιάζει θερμά, ξηρά καλοκαίρια και ήπιους, υγρούς χειμώνες. Η χειμερινή περίοδος αρχίζει από τα μέσα Οκτωβρίου μέχρι και τα τέλη Μαρτίου, ενώ η καλοκαιρινή περίοδος αρχίζει από αρχές

Απριλίου μέχρι τα μέσα Οκτωβρίου. Ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος είναι οι ψυχρότεροι μήνες με ελάχιστη θερμοκρασία 5-10 °C στις παραθαλάσσιες, 0-5 °C στις ηπειρωτικές και μικρότερη από 0 °C στις βόρειες περιοχές. Στις νησιώτικες περιοχές ο χειμώνας είναι ηπιότερος. Θερμότερη περίοδος είναι το τελευταίο δεκαήμερο του Ιουλίου με τη μέση μέγιστη θερμοκρασία να φτάνει τους 29-35 °C. Η άνοιξη στην Ελλάδα είναι μικρής διάρκειας λόγω όψιμου χειμώνα και πρώιμου καλοκαιριού, ενώ το φθινόπωρο είναι θερμό και μακράς διάρκειας (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2019).

3.4 Μετεωρολογικοί σταθμοί

Η Ελλάδα χωρίζεται σε τέσσερις κλιματικές περιοχές/ζώνες με βάση τις βαθμομέρες θέρμανσης. Αρχίζοντας από τη θερμότερη, οι ζώνες κατατάσσονται ως Ζώνη Α, Ζώνη Β, Ζώνη Γ, Ζώνη Δ και παρουσιάζονται στην Εικόνα 3.1 (Εθνικό Τυπογραφείο, 2010). Οι έξι μετεωρολογικοί σταθμοί που επιλέγηκαν εκτείνονται σε όλη την ελληνική επικράτεια και σε όλες τις κλιματικές ζώνες, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.1.



Εικόνα 3.1: Σχηματική απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας με τους μελετώμενους μετεωρολογικούς σταθμούς. Κόκκινο: Ζώνη Α, Πράσινο: Ζώνη Β, Κίτρινο: Ζώνη Γ, Μπλε: Ζώνη Δ (Αρχιτεκτονικό Γραφείο Δημήτρη Ν. Ρίζου, 2012; Google, 2019)

Όλοι οι σταθμοί καταγράφουν δεδομένα οκτώ φορές τη μέρα εκτός της Φλώρινας που καταγράφει μόνο τέσσερις φορές τη μέρα, η ώρα 6:00, 9:00, 12:00 και 18:00. Τέτοια δεδομένα είναι πίεση, άνεμος, νέφωση, θερμοκρασία, μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία, υγρασία, υετός και καιρός. Τα πιο πάνω καταγράφονται από όλους τους σταθμούς. Οι σταθμοί του Αράξου και του Ελληνικού καταγράφουν επιπλέον ηλιοφάνεια. Ο σταθμός Ηρακλείου μετρά επιπρόσθετα ηλιοφάνεια και εξάτμιση. Για τους σταθμούς Λαρίσης και

Αλεξανδρούπολης οι μετρήσεις συμπληρώνονται με ηλιοφάνεια, εξάτμιση και θερμοκρασία εδάφους (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2019).

Ο σταθμός της Αλεξανδρούπολης βρίσκεται σε υψόμετρο 3 m, του Ελληνικού σε 10 m, του Αράξου σε 15 m, του Ηρακλείου σε 37 m, της Λάρισας σε 71 m και της Φλώρινας σε 689 m. Αρχαιότερος μετεωρολογικός σταθμός από τους παρόντες θεωρείται της Αλεξανδρούπολης αφού λειτουργεί από το 1951. Πιο πρόσφατοι κατά 4 χρόνια είναι του Αράξου, του Ελληνικού, του Ηρακλείου και της Λάρισας. Ο σταθμός της Φλώρινας είναι ο πιο πρόσφατος με έτος λειτουργίας το 1961 (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2019).

3.4.1 Κλιματικά δεδομένα σταθμών

Η υψομετρική διαφορά ανάμεσα στους μελετώμενους μετεωρολογικούς σταθμούς και η επίδραση της θάλασσας παρουσιάζουν μικροδιαφορές στα κλιματικά δεδομένα της κάθε περιοχής. Αυτές οι κλιματικές διαφορές στις θερμοκρασίες του κάθε σταθμού αναμένεται να αναλυθούν στη συνέχεια.

Αλεξανδρούπολη

Στην Αλεξανδρούπολη καταγράφονται ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία από 1,3 °C και μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία να καταλήγει στους 30,3 °C. Η μέση μηνιαία θερμοκρασία κυμαίνεται από 5 °C μέχρι 25,8 °C (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2019).

Άραξος

Ο Άραξος παρουσιάζει μέση μηνιαία θερμοκρασία που κυμαίνεται από 10,2 °C μέχρι 26,8 °C. Η χαμηλότερη ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία που παρατηρείται είναι 6,3 °C και η μεγαλύτερη μέγιστη θερμοκρασία οι 31,4 °C (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2019).

Ελληνικό

Στο Ελληνικό η ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία αρχίζει από τους 7 °C και μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία να έχει ως μεγαλύτερη τιμή τους 31,8 °C. Η ελάχιστη μέση μηνιαία θερμοκρασία καταγράφεται στους 10,3 °C τον Ιανουάριο και η μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία φτάνει τους 28 °C τον Ιούλιο (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2019).

Ηράκλειο

Στο Ηράκλειο η ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία κυμάνθηκε από 9 °C μέχρι 21,8 °C. Όσον αφορά τη μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία, αυτή άγγιξε μέχρι και τους 28,7 °C. Η μέση μηνιαία θερμοκρασία έχει εύρος από 12,1 °C μέχρι 26,1 °C (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2019).

Λάρισα

Η Λάρισα καταγράφει ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία ως 0,7 °C και μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία μέχρι και 33,1 °C. Η μέση μηνιαία θερμοκρασία που παρουσιάζει ο σταθμός κυμαίνεται από 5,2 °C μέχρι 27,2 °C (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2019).

Φλώρινα

Στο μετεωρολογικό σταθμό της Φλώρινας η χαμηλότερη ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία καταγράφεται στους -3,5 °C και μεγαλύτερη μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία στους 28,8 °C. Η μέση μηνιαία θερμοκρασία κυμαίνεται από 0,5 °C μέχρι 23,1 °C (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2019).

3.5 Μέθοδος συλλογής δεδομένων

Τα πρωτογενή μετεωρολογικά δεδομένα πάρθηκαν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία της Ελλάδος. Συγκεκριμένα επιλέγηκε η θερμοκρασία ξηρού αέρα για τα έτη 1951-2016 από τους έξι μετεωρολογικούς σταθμούς που αναφέρονται πιο πάνω. Συλλέχθηκαν όλες οι διαθέσιμες μετρήσεις προκειμένου η έρευνα να είναι πιο αξιόπιστη.

Οι μετρήσεις αξιολογήθηκαν για τυχόν σφάλματα πριν γίνει η κατάλληλη επεξεργασία. Σφάλματα υπάρχουν στις μετρήσεις λόγω πιθανής βλάβης στα συστήματα καταγραφής της θερμοκρασίας εξαιτίας της κακοκαιρίας ή της υπερθέρμανσης των μηχανημάτων. Μπορεί να υπάρχουν τυχόν τυπογραφικά λάθη. Σφάλματα επίσης μπορεί να υπάρχουν λόγω διακοπής της παροχής ηλεκτρικού ρεύματος και επομένως να μην καταγράφηκαν κάποιες μετρήσεις. Σχετικά όμως, τα θερμόμετρα της Υπηρεσίας και οι μετρήσεις που αυτά παρέχουν είναι αρκετά αξιόπιστα και έγκυρα.

3.6 Ανάλυση αποτελεσμάτων

Μετά την αξιολόγηση των δεδομένων για τυχόν σφάλματα, με τη βοήθεια της γλώσσας προγραμματισμού C++ προσδιορίστηκε η μέση ημερήσια θερμοκρασία. Ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε φαίνεται στο Παράρτημα. Με το πρόγραμμα Microsoft Excel υπολογίστηκε η πρώτη εμφάνιση του κρύου και της ζέστης και έγιναν τα κατάλληλα γραφήματα. Η πρώτη εμφάνιση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας (ΜΗΘ) μικρότερης από 20, 15, 10, 7, 5, 3, 0, -3, -5 °C αξιολογήθηκε για τους μήνες Αύγουστο μέχρι Φεβρουάριο. Για τους μήνες Φεβρουάριο μέχρι Αύγουστο εντοπίστηκε η πρώτη εμφάνιση της ΜΗΘ μεγαλύτερης από 20, 25, 30, 33, 35, 37, 40, 43, 45 °C.

Τα γραφήματα που δημιουργήθηκαν έχουν στον άξονα x τα έτη και στον άξονα y τις ημερομηνίες. Δημιουργήθηκαν συνολικά 18 γραφήματα για τον κάθε σταθμό ένα για την κάθε θερμοκρασιακή μεταβολή, αν καταγράφηκαν όλες οι θερμοκρασιακές μεταβολές. Επειδή, το έτος αλλάζει τον Ιανουάριο βάση του ημερολογίου και η μελέτη εξετάζει την πρώτη εμφάνιση ψύχους μετά το καλοκαίρι ή ζέστης μετά το χειμώνα ήταν αναγκαίο να γίνουν κάποιες παραδοχές στα γραφήματα ώστε να επιτευχθεί ο στόχος αυτός. Επομένως, στα γραφήματα που αφορούν ΜΗΘ μικρότερες από ένα όριο, στον άξονα x αναγράφεται μία χρονιά και εννοείται το εύρος από τον Αύγουστο της ίδιας χρονιάς μέχρι το Φεβρουάριο της επόμενης. Για παράδειγμα αν αναγράφεται το έτος 1960 εννοείται η περίοδος Αύγουστος του 1960 μέχρι Φεβρουάριος του 1961. Με αυτό τον τρόπο φαίνεται η διαφορά στην ημερομηνία της πρώτης εμφάνισης με το πέρας των χρόνων.

Γενικά, στα γραφήματα μελετώνται τρεις περίοδοι και για αυτό το λόγο δημιουργήθηκαν τρεις γραμμές τάσης. Η πρώτη αφορά την περίοδο 1951-1989, η δεύτερη την περίοδο 1990-2016 και η τρίτη την περίοδο 1951-2016. Οι τρεις αυτές γραμμές παρουσιάζονται γραμμικά με εξισώσεις του τύπου $y=ax+b$ με διαφορετικό χρώμα η καθεμιά. Το μπλε χρώμα αντιπροσωπεύει την περίοδο 1955-1989, το πορτοκαλί την περίοδο 1990-2016 και το πράσινο χρώμα την περίοδο 1955-2016. Από τις γραμμές τάσης δόθηκε σημασία στο πρόσημο και την τιμή του παράγοντα a . Αυτό έγινε διότι το πρόσημο μας δείχνει αν οι ημερομηνίες εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης και ψύχους εμφανίζονται πιο νωρίς ή πιο αργά με το πέρασμα των χρόνων και η αριθμητική τιμή του παράγοντα a δείχνει την ποσότητα μεταβολής ανά έτος (σε μέρες). Για αυτό το λόγο ο παράγοντας a των εξισώσεων για τον κάθε σταθμό απεικονίζεται σε πίνακες.

Κεφάλαιο 4

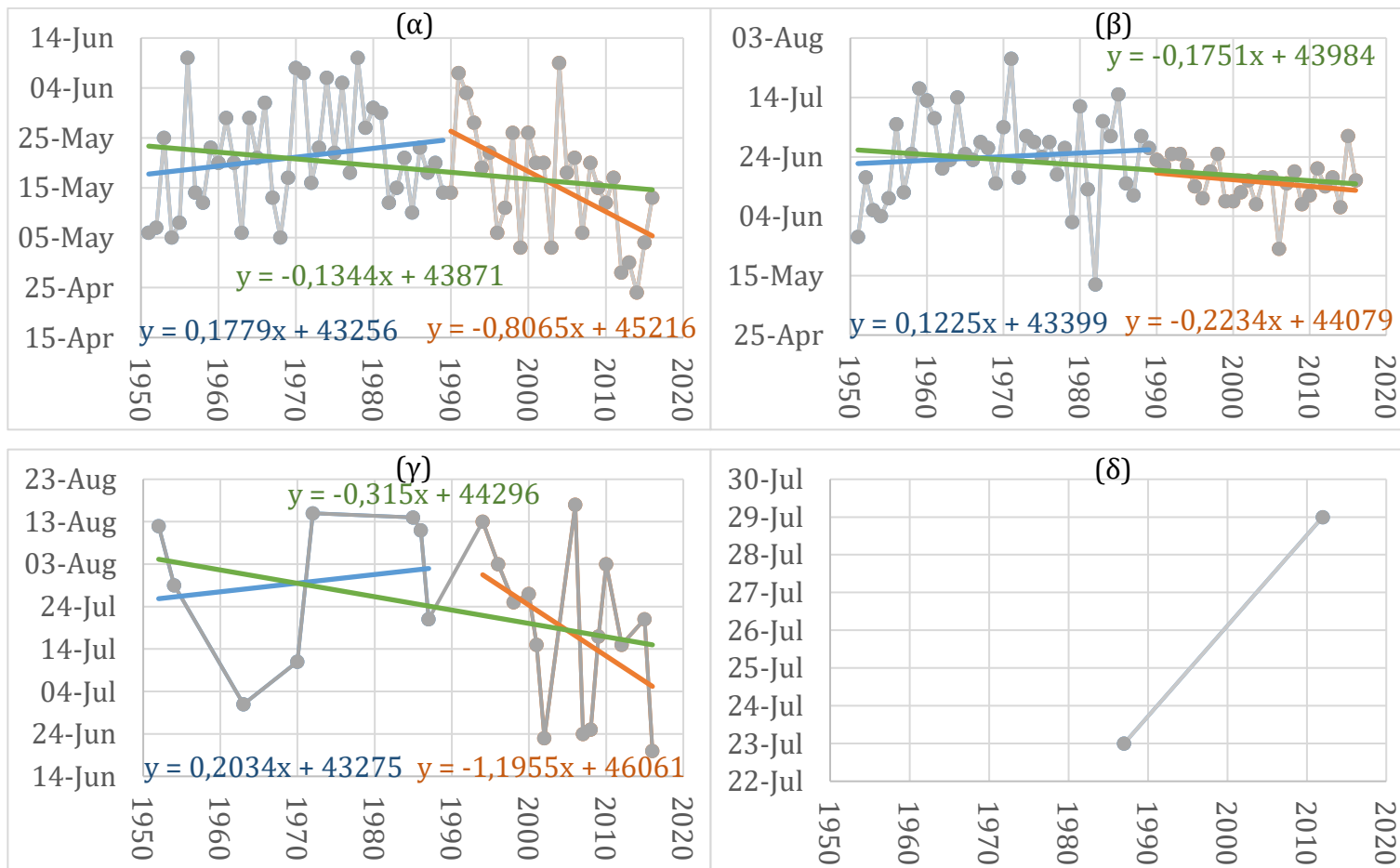
Αποτελέσματα

4.1 Αλεξανδρούπολη

Στο μετεωρολογικό σταθμό της Αλεξανδρούπολης εντοπίστηκαν οι ημερομηνίες πρώτης εμφάνισης της ζέστης και του ψύχους για τα έτη 1951-2016 όπως φαίνονται πιο κάτω.

4.1.1 Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης

Η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης στην Αλεξανδρούπολη απεικονίζεται διαγραμματικά στο Διαγράμματα 4.1. Οι ΜΗΘ κυμαίνονταν από >20 °C μέχρι και >33 °C. Γενικά παρατηρείται νωρίτερα η εμφάνιση του πρώτου κύματος ζέστης για όλες τις ΜΗΘ την περίοδο 1951-2016. Η ΜΗΘ >33 °C καταγράφηκε μόνο 2 φορές σε χρονική διάρκεια 65 ετών. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο δεν δημιουργήθηκαν γραμμές τάσης για καμία μελετώμενη περίοδο της ΜΗΘ >33 °C. Οκτώ έτη από την περίοδο 1951-1989 καταμετρήθηκε ΜΗΘ >30 °C, αρκετά λιγότερα από την περίοδο 1990-2016. Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζονται τα συνοπτικά αποτελέσματα για τον σταθμό της Αλεξανδρούπολης.



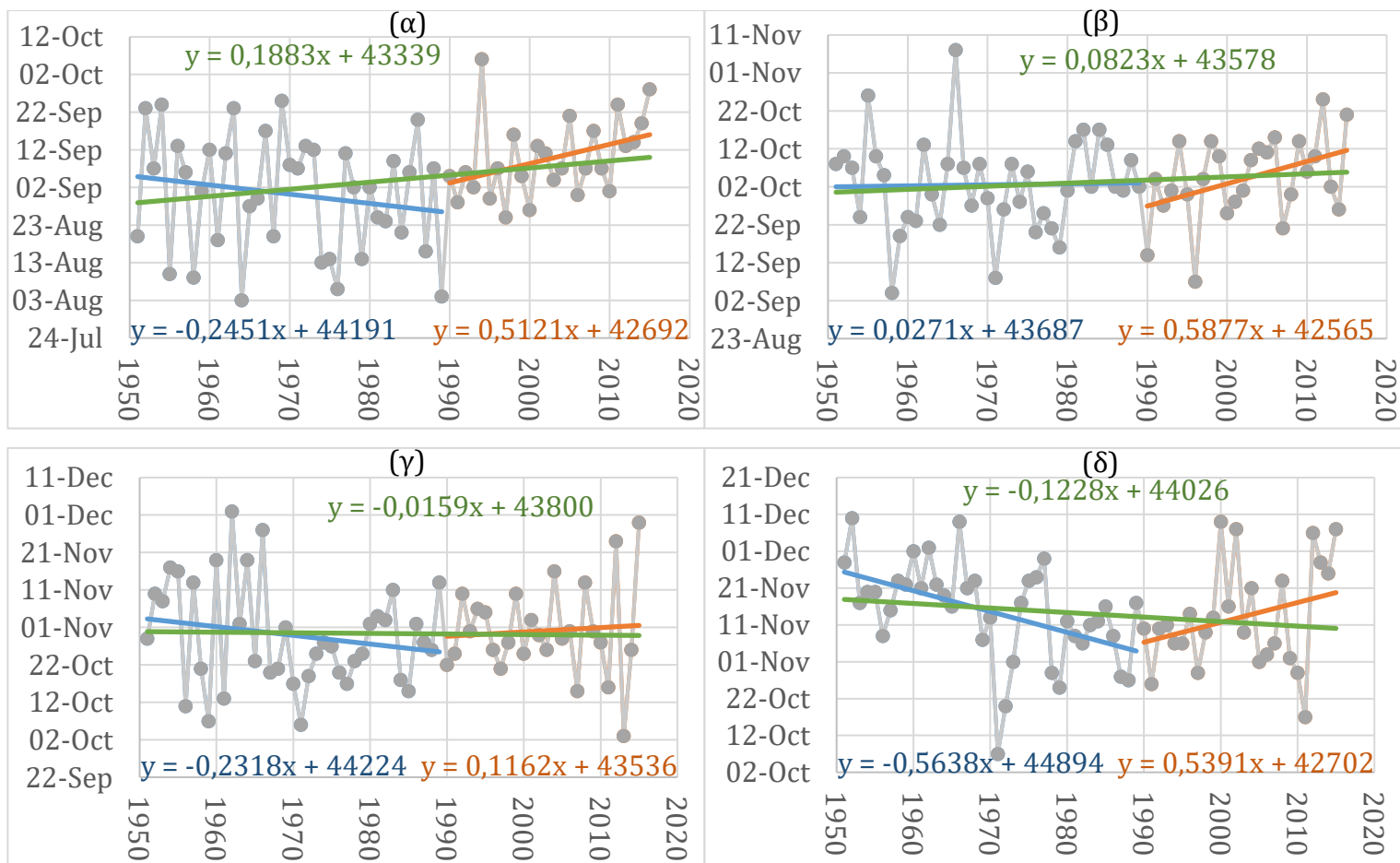
Διάγραμμα 4.1: Πρώτη εμφάνιση στην Αλεξανδρούπολη της ΜΗΘ (α) >20 °C, (β) >25 °C, (γ) >30 °C, (δ) >33 °C ανά έτος. 1951-1989: γαλάζιο, 1990-2016: πορτοκαλί και 1951-2016: πράσινο

4.1.2 Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους

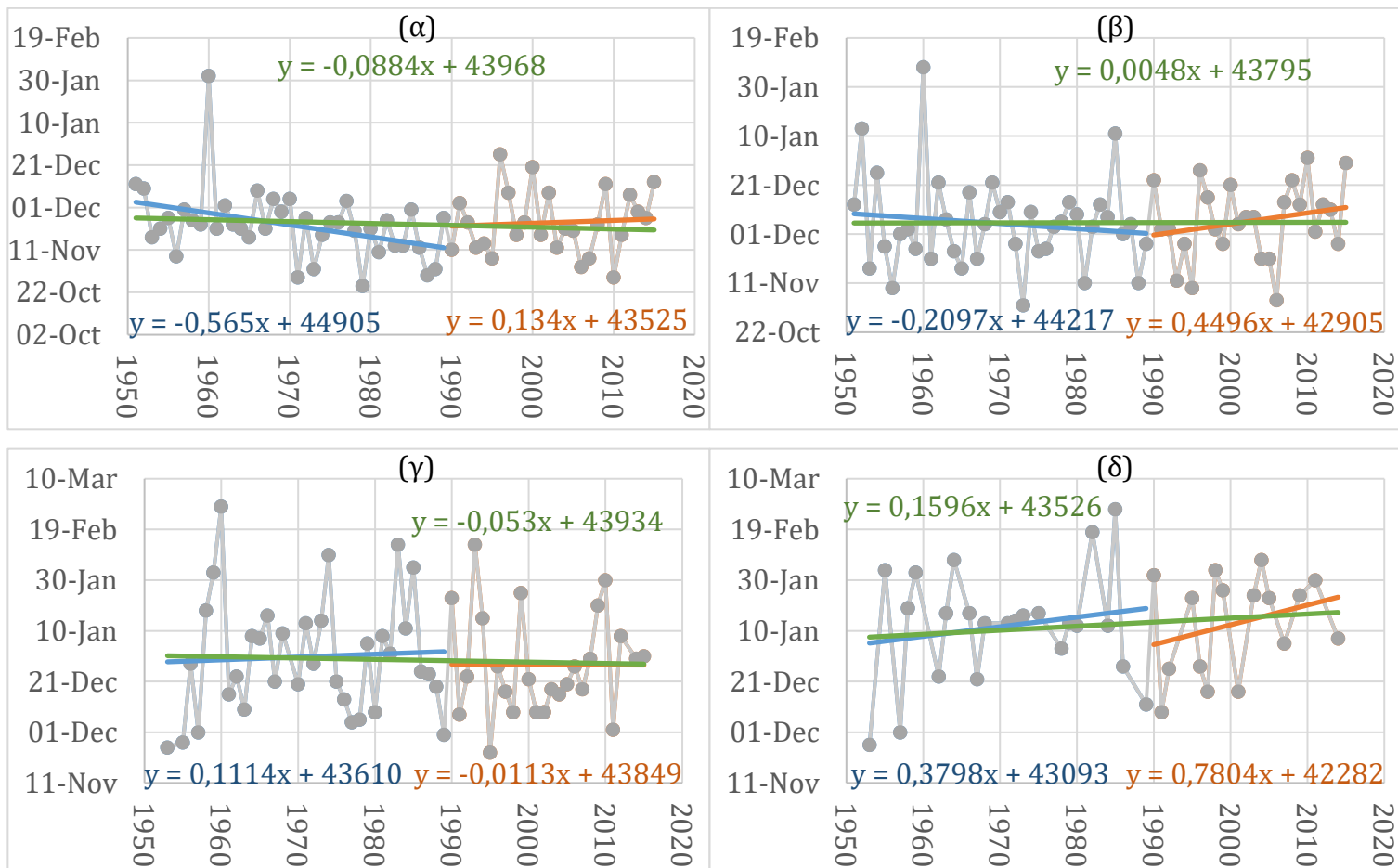
Η ημερομηνίες της πρώτης εμφάνισης του ψύχους φαίνονται στα Διαγράμματα 4.2-4.4. Στην Αλεξανδρούπολη καταγράφηκαν ΜΗΘ <20 °C [Διάγραμμα 4.2(α)], <15 °C [Διάγραμμα 4.2(β)], <10 °C [Διάγραμμα 4.2(γ)], <7 °C [Διάγραμμα 4.2(δ)], <5 °C [Διάγραμμα 4.3(α)], <3 °C [Διάγραμμα 4.3(β)], <0°C [Διάγραμμα 4.3(γ)], <-3 °C [Διάγραμμα 4.3(δ)] και <-5 °C (Διάγραμμα 4.4). Την περίοδο 1990-2016 παρατηρείται καθυστέρηση στην εμφάνιση του πρώτου κύματος ψύχους. Για την πρώτη εμφάνιση ψύχους με ΜΗΘ <-3 °C και -5 °C καταγράφεται καθυστέρηση στην εμφάνιση και για τις τρεις μελετώμενες περιόδους. Οι ΜΗΘ <-5 °C δεν καταγράφονται τόσο συχνά την περίοδο 1990-2015 σε σχέση με την περίοδο 1951-1989.

Πίνακας 4.1: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ΜΗΘ Αλεξανδρούπολης. (-): πρόωρη εμφάνιση και (+): καθυστέρηση στην εμφάνιση

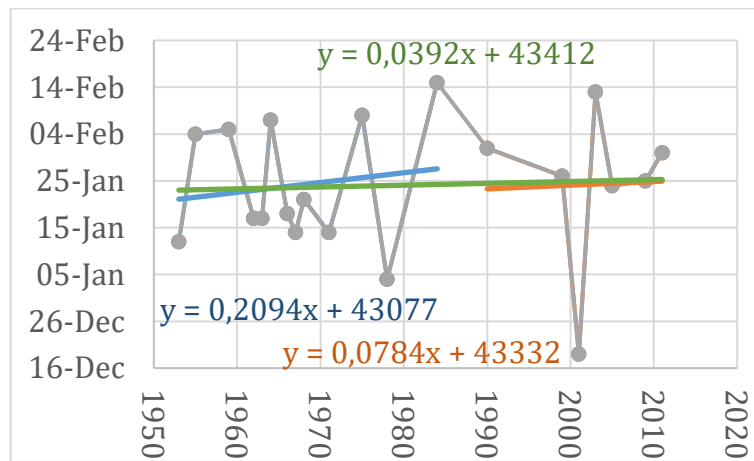
	1951-2016	1951-1989	1990-2016
>20 °C	- 0.1344	+ 0.1779	- 0.8065
>25°C	- 0.1750	+ 0.1225	- 0.2234
>30 °C	- 0.3150	+ 0.2034	- 1.1955
<20 °C	+ 0.1883	- 0.2451	+ 0.5121
<15 °C	+ 0.0823	+ 0.0271	+ 0.5877
<10 °C	- 0.0159	- 0.2318	+ 0.1162
<7 °C	- 0.1228	- 0.5638	+ 0.5391
<5 °C	- 0.0884	- 0.5650	+ 0.134
<3 °C	+ 0.0048	- 0.2097	+ 0.4496
<0 °C	- 0.053	+ 0.1114	- 0.0113
<-3 °C	+ 0.1596	+ 0.3798	+ 0.7804
<-5 °C	+ 0.0392	+ 0.2094	+ 0.0784



Διάγραμμα 4.2: Πρώτη εμφάνιση στην Αλεξανδρούπολη της ΜΗΘ (α) <20 °C, (β) <15 °C, (γ) <10 °C, (δ) <7 °C ανά έτος. 1951-1989: γαλάζιο, 1990-2015: πορτοκαλί και 1951-2015: πράσινο



Διάγραμμα 4.3: Πρώτη εμφάνιση στην Αλεξανδρούπολη της ΜΗΘ (α) <math>< 5^{\circ}\text{C}</math>, (β) <math>< 3^{\circ}\text{C}</math>, (γ) <math>< 0^{\circ}\text{C}</math>, (δ) <math>< -3^{\circ}\text{C}</math> ανά έτος. 1951-1989: γαλάζιο, 1990-2015: πορτοκαλί και 1951-2015: πράσινο



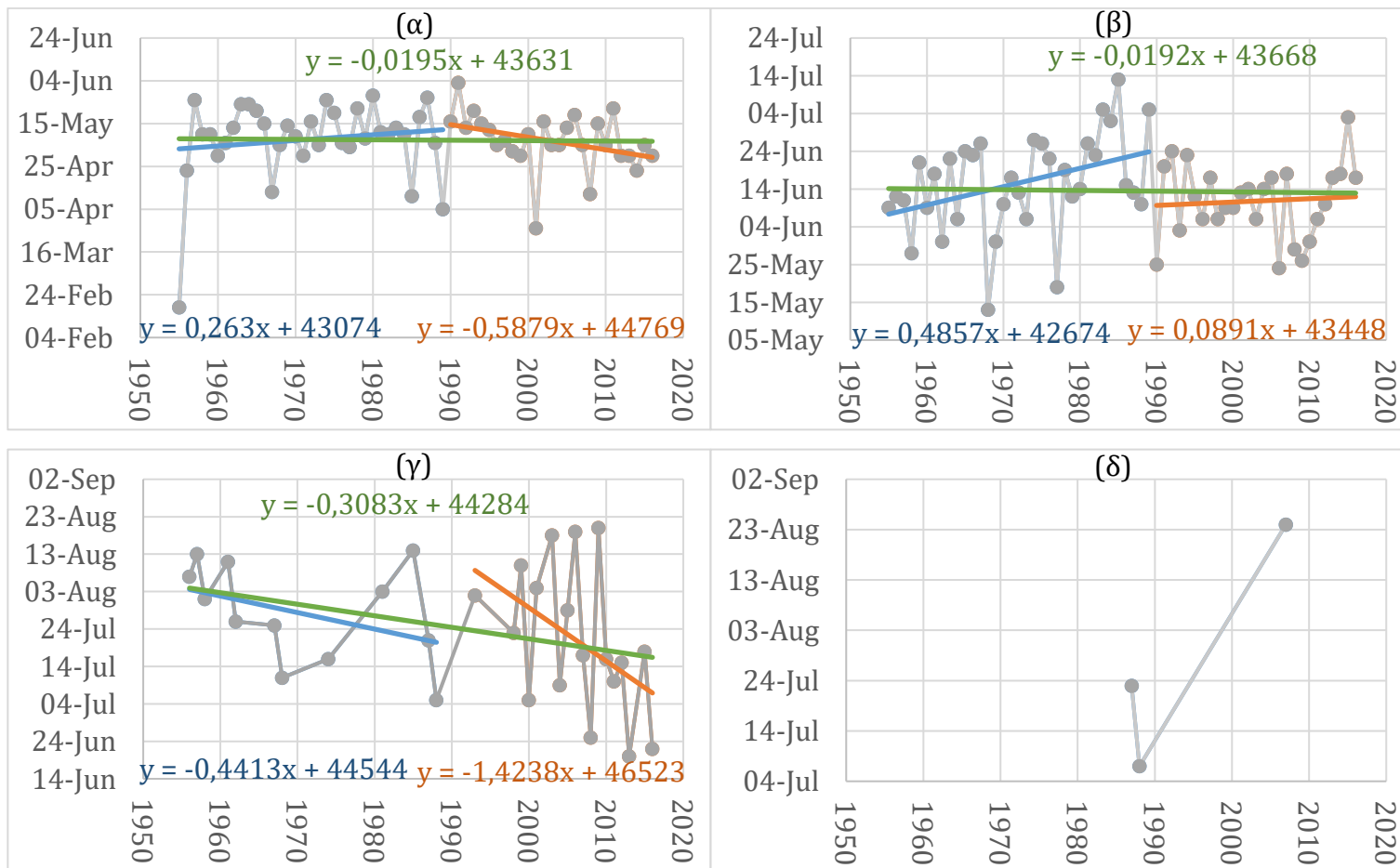
Διάγραμμα 4.4: Πρώτη εμφάνιση στην Αλεξανδρούπολη της ΜΗΘ <-5 °C ανά έτος.
 1951-1989: γαλάζιο, 1990-2015: πορτοκαλί και 1951-2015: πράσινο

4.2 Άραξος

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για το σταθμό του Αράξου που αφορούν τις ημερομηνίες της πρώτης εμφάνισης ζέστης και ψύχους για τα έτη 1955-2016.

4.2.1 Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης

Οι ημερομηνίες εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης στον Άραξο εμφανίζονται πιο νωρίς με το πέρασ των χρόνων. Το Διάγραμμα 4.5 δείχνει τις ημερομηνίες που για πρώτη φορά καταγράφηκαν ΜΗΘ >20 °C (α), >25 °C (β), >30 °C (γ) και >33 °C (δ). ΜΗΘ >33 °C εντοπίστηκαν σε τρεις χρονιές μόνο και έτσι δεν έγιναν γραμμές τάσης. Επίσης, υπάρχουν πιο πολλές ΜΗΘ >30 °C την περίοδο 1990-2016. Το 1955 παρατηρείται η πρώτη ζέστη πολύ νωρίς σε σχέση με τα υπόλοιπα έτη. Αυτό ίσως να οφείλεται σε θερμή αέρια μάζα που επηρέασε την περιοχή τη συγκεκριμένη μέρα. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του σταθμού Αράξου παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2.



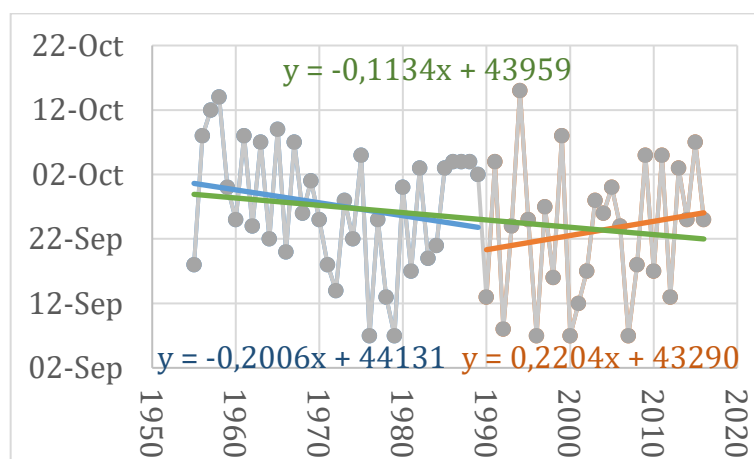
Διάγραμμα 4.5: Πρώτη εμφάνιση στον Άραξο της ΜΗΘ (α) >20 °C, (β) >25 °C, (γ) >30 °C, (δ) >33 °C ανά έτος. 1955-1989: γαλάζιο, 1990-2016: πορτοκαλί και 1955-2016: πράσινο

4.2.2 Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους

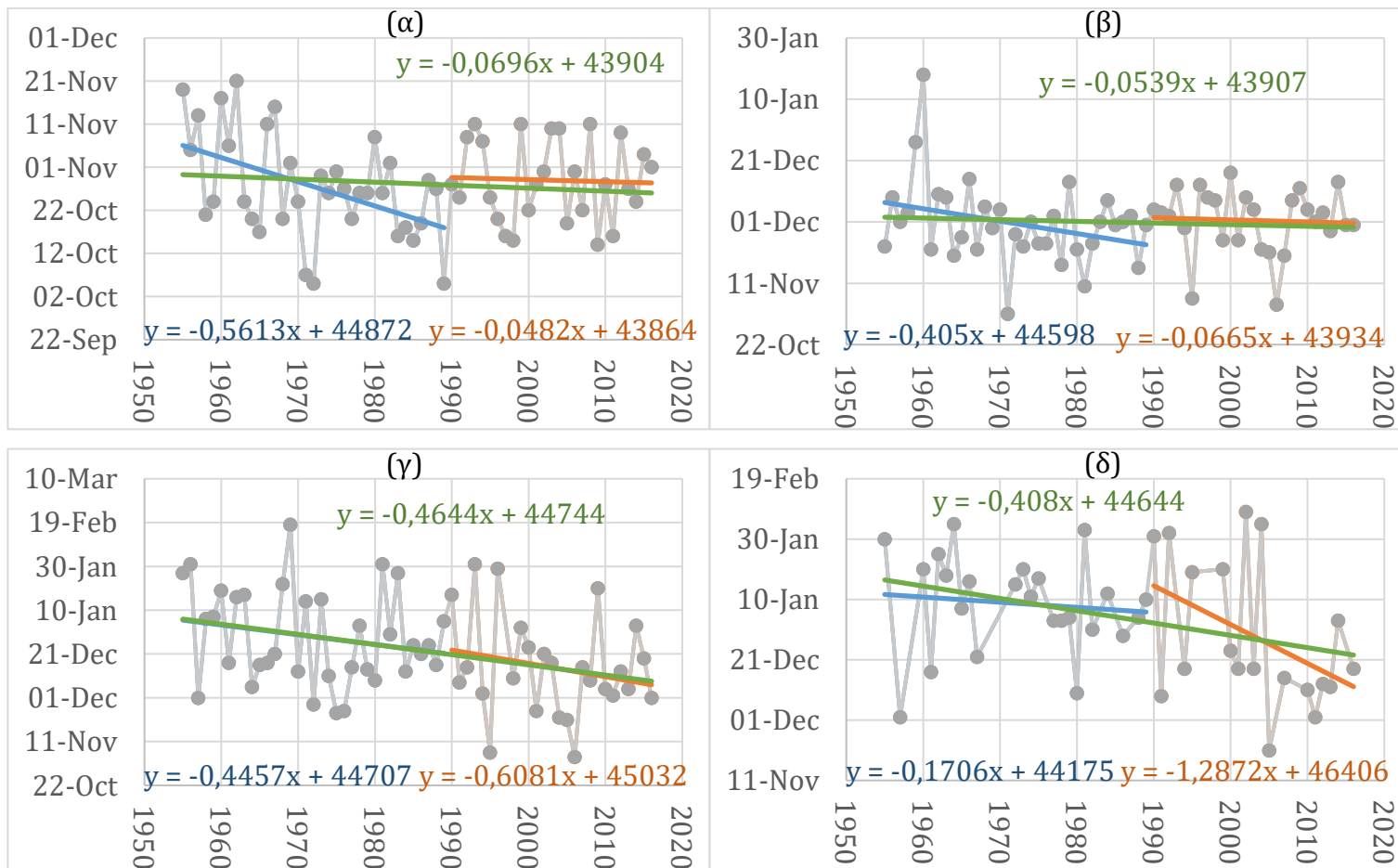
Στον Άραξο καταγράφονται κυρίως θετικές ΜΗΘ εκτός από δύο έτη στα οποία η ΜΗΘ έπεσε κάτω από 0 °C (Διαγράμματα 4.6-4.8). Γενικά οι ημερομηνίες εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους έχουν την τάση να εμφανίζονται πιο νωρίς σε όλες τις μελετώμενες περιόδους εκτός από το 1990-2015 για τη ΜΗΘ <20 °C.

Πίνακας 4.2: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ΜΗΘ Αράξου. (-): πρόωρη εμφάνιση και (+): καθυστέρηση στην εμφάνιση

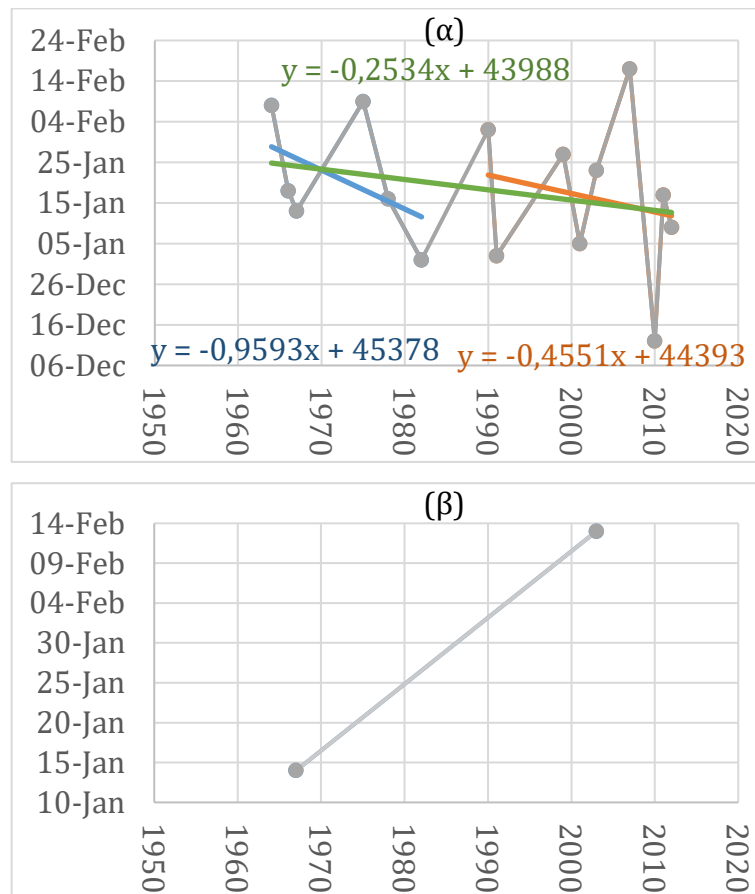
	1955-2016	1955-1989	1990-2016
>20 °C	-0.0195	+0.263	-0.5879
>25°C	-0.0192	+0.4857	+0.0891
>30 °C	-0.3083	+0.4413	-1.4238
<20 °C	-0.1134	-0.2006	+0.2204
<15 °C	-0.0696	-0.5613	-0.0482
<10 °C	-0.0539	-0.4050	-0.0665
<7 °C	-0.4644	-0.4457	-0.6081
<5 °C	-0.4080	-0.1706	-1.2872
<3 °C	-0.2534	-0.9593	-0.4551



Διάγραμμα 4.6: Πρώτη εμφάνιση στον Άραξο της ΜΗΘ <20 °C ανά έτος. 1955-1989: γαλάζιο, 1990-2015: πορτοκαλί και 1955-2015: πράσινο



Διάγραμμα 4.7: Πρώτη εμφάνιση στον Άραξο της ΜΗΘ (α) <15 °C, (β) <10 °C, (γ) <7 °C, (δ) <5 °C ανά έτος. 1955-1989: γαλάζιο, 1990-2015: πορτοκαλί και 1955-2015: πράσινο



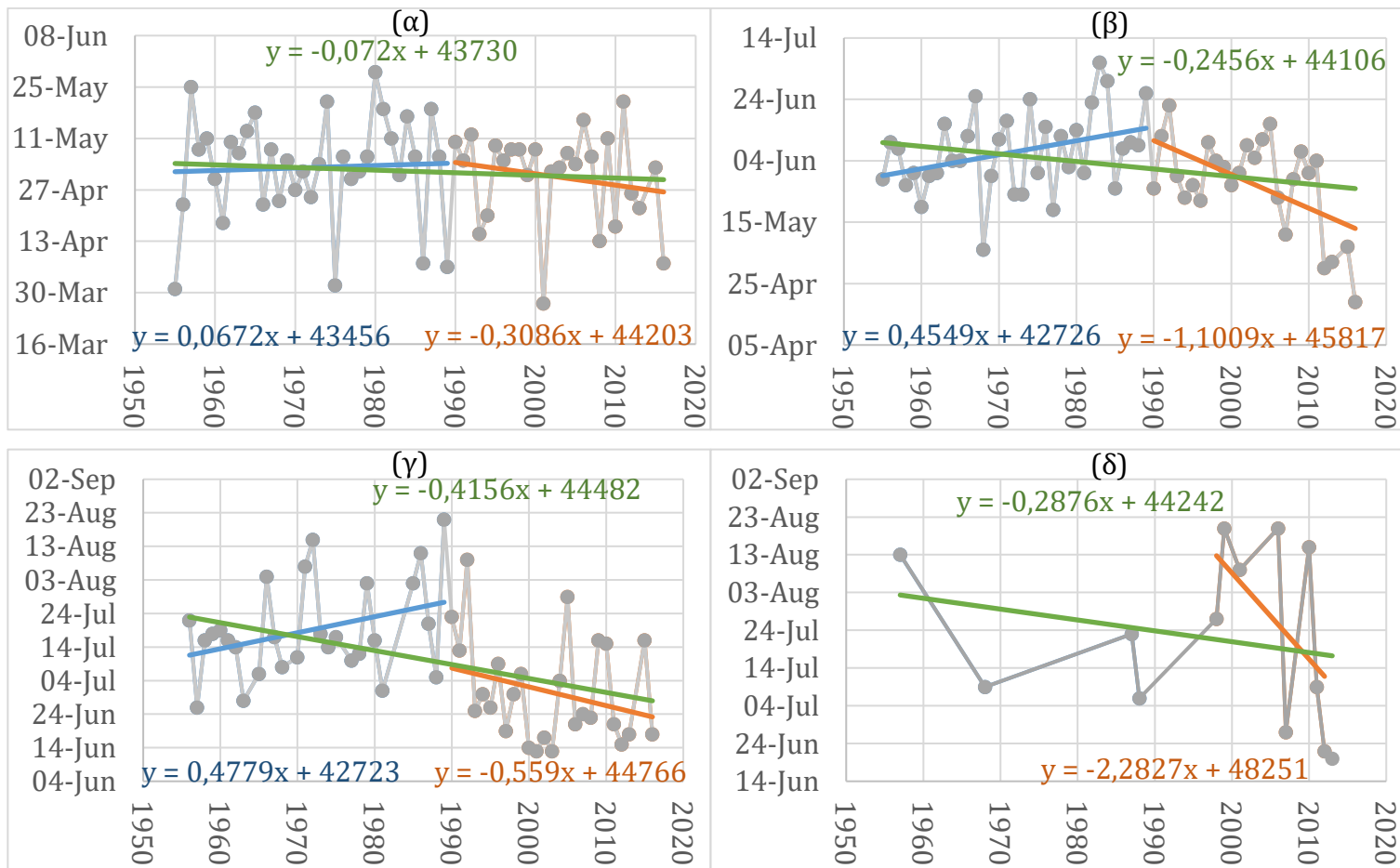
Διάγραμμα 4.8: Πρώτη εμφάνιση στον Άραξο της ΜΗΘ (α) $< 3^{\circ}\text{C}$, (β) $< 0^{\circ}\text{C}$ ανά έτος, 1955-1989: γαλάζιο, 1990-2015: πορτοκαλί και 1955-2015: πράσινο

4.3 Ελληνικό

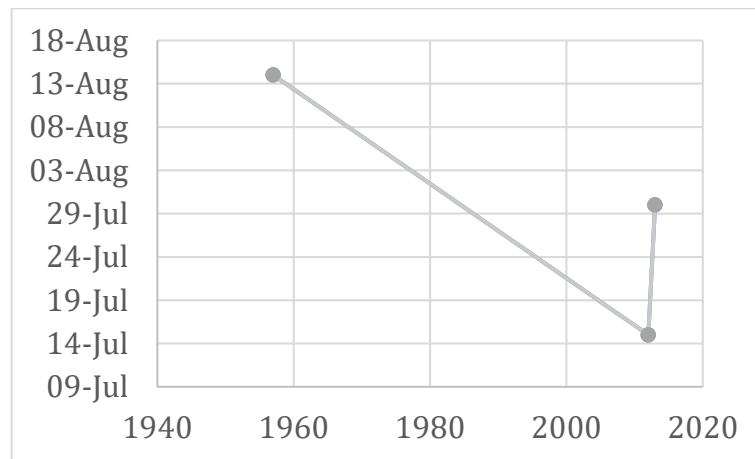
Στο σταθμό του Ελληνικού καταγράφεται η εμφάνιση του πρώτου κύματος ζέστης και κρύου, όπως φαίνονται πιο κάτω.

4.3.1 Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης

Στο Ελληνικό οι ημερομηνίες πρώτης εμφάνισης της ζέστης εμφανίζονται όλο και πιο νωρίς με το πέρασμα του χρόνου (Διαγράμματα 4.9-4.10). Στο σταθμό αυτό καταγράφονται για τρία έτη ΜΗΘ μεγαλύτερες και από 35°C . Για τις ψηλές τιμές των ΜΗΘ ($> 30^{\circ}\text{C}$, $> 33^{\circ}\text{C}$ και $> 35^{\circ}\text{C}$) παρατηρείται ότι για την περίοδο 1990-2016 υπάρχουν περισσότερες καταγραφές παρά την περίοδο 1955-1989. Στα διαγράμματα που δεν σημειώθηκαν οι γραμμές τάσης είναι διότι δεν έχουν καταγραφεί ικανοποιητικός αριθμός μετρήσεων ώστε να μπορεί να υπολογιστεί η τάση της συγκεκριμένης περιόδου.



Διάγραμμα 4.9: Πρώτη εμφάνιση στο Ελληνικό της ΜΗΘ (α) >20 °C, (β) >25 °C, (γ) >30 °C, (δ) >33 °C ανά έτος. 1955-1989: γαλάζιο, 1990-2016: πορτοκαλί και 1955-2016: πράσινο



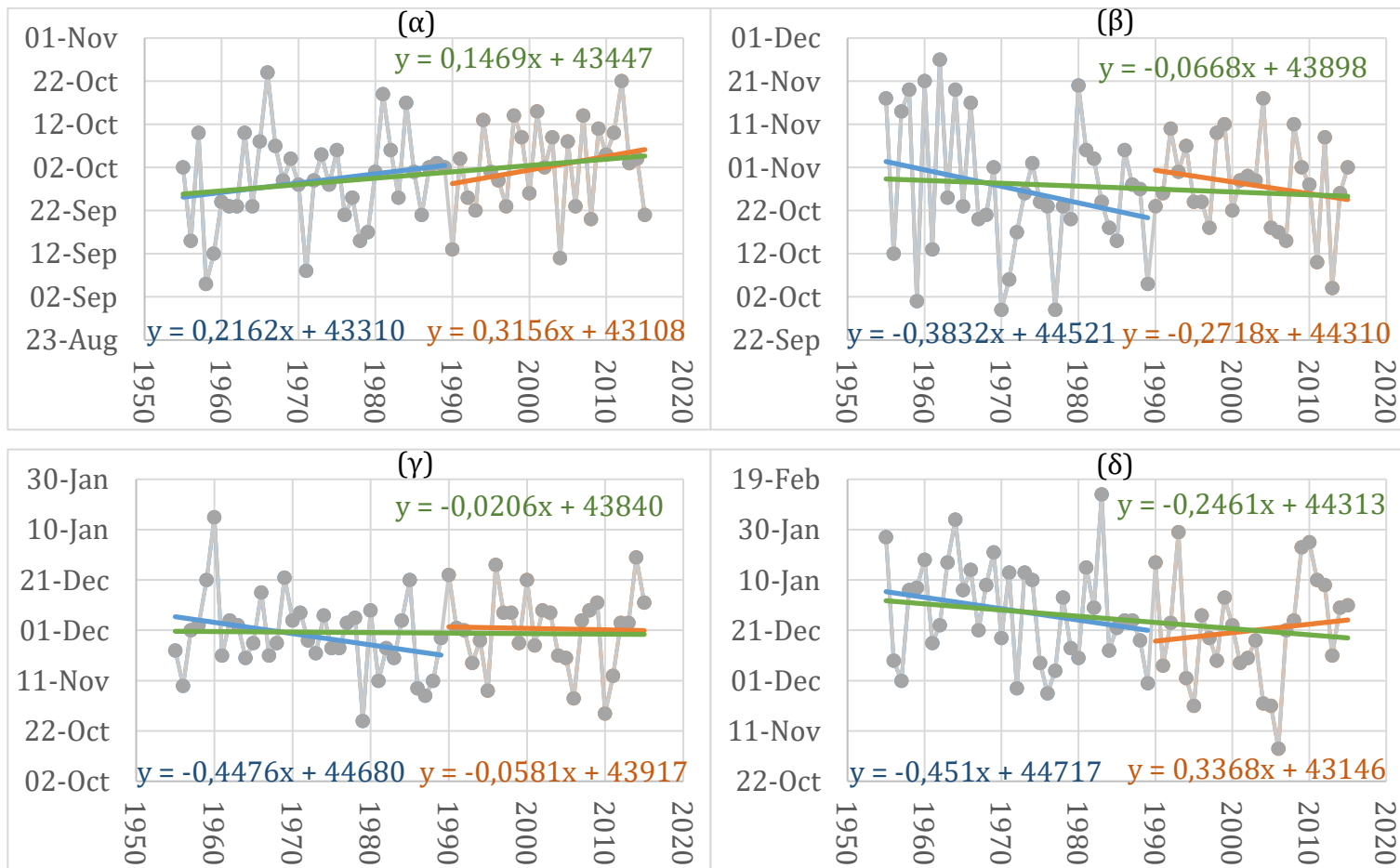
Διάγραμμα 4.10: Πρώτη εμφάνιση στο Ελληνικό της ΜΗΘ >35 °C ανά έτος.

4.3.2 Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους

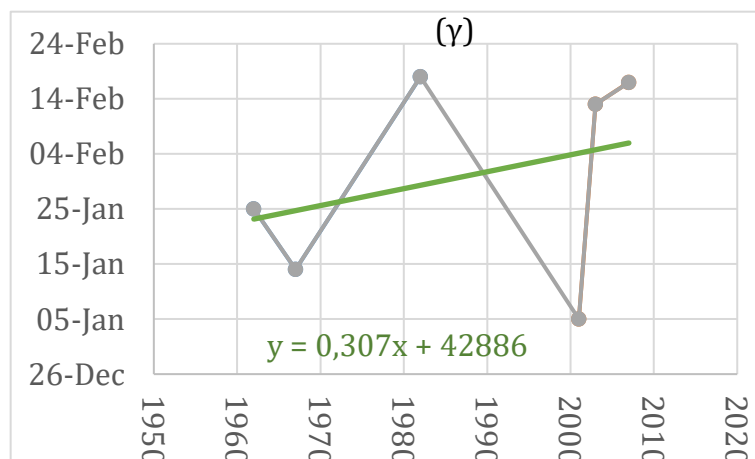
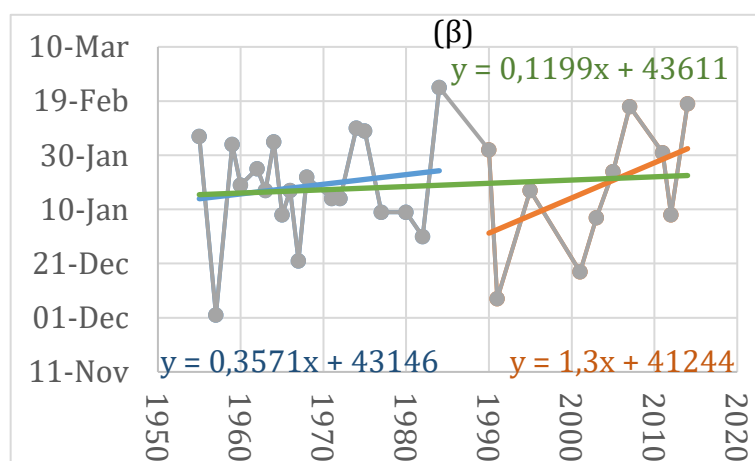
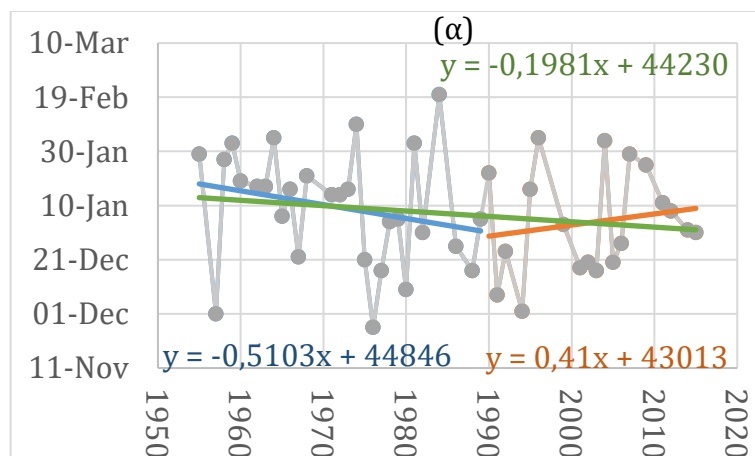
Η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους στο Ελληνικό εμφανίζεται πιο νωρίς εκτός από τις ΜΗΘ <20 °C, <3 °C και <0 °C (Διαγράμματα 4.11-4.12). Την περίοδο 1990-2015 παρατηρείται καθυστέρηση στις ημερομηνίες εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους, εκτός από ΜΗΘ <15 °C και <10 °C. Στον Πίνακα 1 φαίνονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα για το σταθμό του Ελληνικού.

Πίνακας 4.3: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ΜΗΘ Ελληνικού. (-): πρόωρη εμφάνιση, (+): καθυστέρηση στην εμφάνιση και (μ.ε.): μη εφαρμόσιμο

	1955-2016	1955-1989	1990-2016
>20 °C	-0.0720	+0.0672	-0.3086
>25 °C	-0.2456	+0.4549	-1.1009
>30 °C	-0.4156	+0.4779	-0.5590
>33 °C	-0.2876	μ.ε.	-2.2827
<20 °C	+0.1469	+0.2162	+0.3156
<15 °C	-0.0668	-0.3832	-0.2718
<10 °C	-0.0206	-0.4476	-0.05810
<7 °C	-0.2461	-0.4510	+0.3368
<5 °C	-0.1981	-0.5103	+0.4100
<3 °C	+0.1199	+0.3571	+1.3000
<0 °C	+0.3070	μ.ε.	μ.ε.



Διάγραμμα 4.11: Πρώτη εμφάνιση στο Ελληνικό της ΜΗΘ (α) <math><20\text{ }^\circ\text{C}</math>, (β) <math><15\text{ }^\circ\text{C}</math>, (γ) <math><10\text{ }^\circ\text{C}</math>, (δ) <math><7\text{ }^\circ\text{C}</math> ανά έτος. 1955-1989: γαλάζιο, 1990-2015: πορτοκαλί και 1955-2015: πράσινο



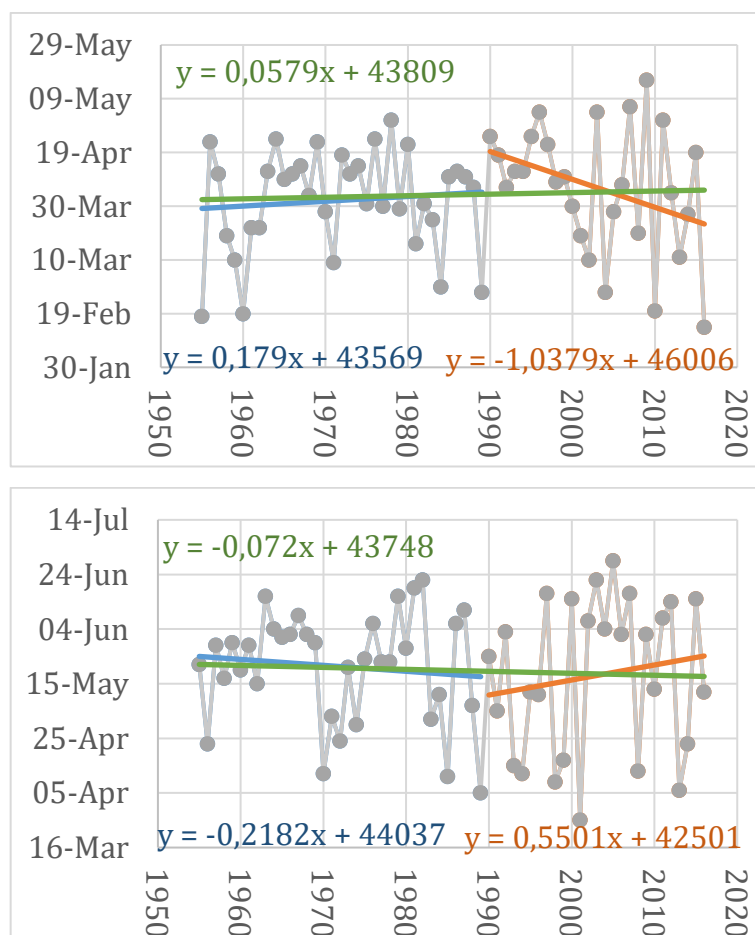
Διάγραμμα 4.12: Πρώτη εμφάνιση στο Ελληνικό της ΜΗΘ (α) <5 °C, (β) <3 °C, (γ) <0 °C ανά έτος. 1955-1989: γαλάζιο, 1990-2015: πορτοκαλί και 1955-2015: πράσινο

4.4 Ηράκλειο

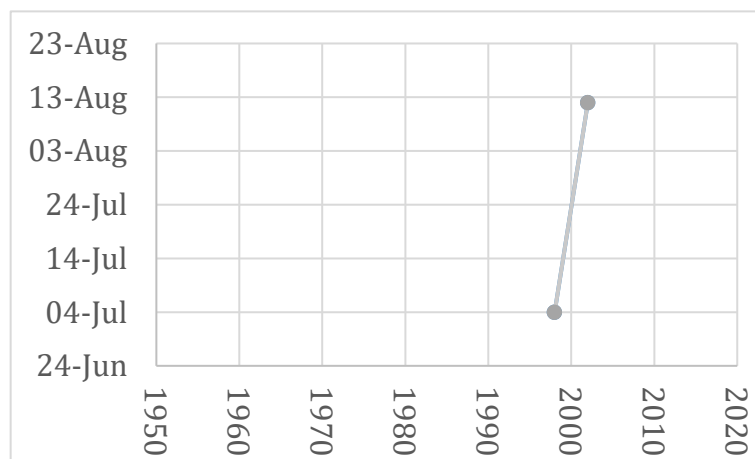
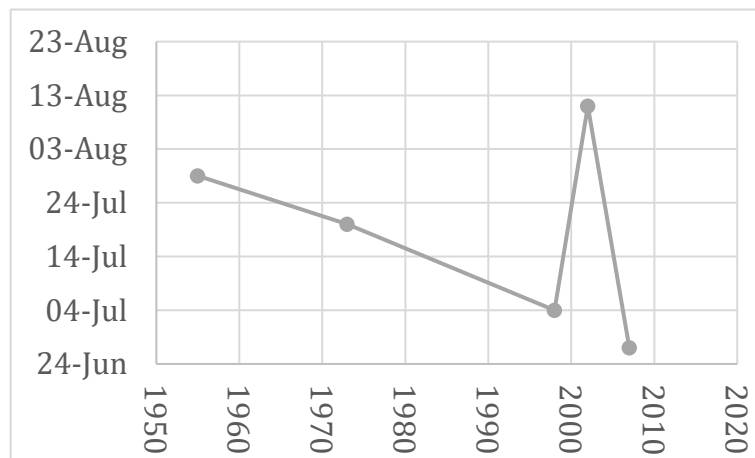
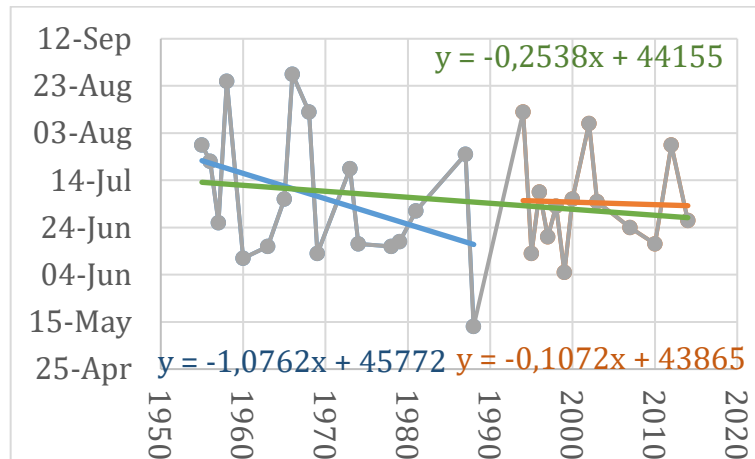
Στο Ηράκλειο παρουσιάζονται πιο κάτω οι ημερομηνίες για την εμφάνιση του πρώτου κύματος ζέστης και κρύου.

4.4.1 Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης

Ημερομηνίες καταγράφονται για ΜΗΘ >20 °C μέχρι και >33 °C στο Ηράκλειο όπως δείχνουν τα Διαγράμματα 4.13-4.14. Για ΜΗΘ >33 °C και >35 °C δεν υπάρχουν αρκετές καταγραφές και για αυτό το λόγο δεν υπολογίζονται οι γραμμές τάσεις για καμία μελετώμενη περίοδο. Οι ημερομηνίες για το κύμα ψύχους με ΜΗΘ >25 °C και >30 °C εμφανίζονται νωρίτερα την περίοδο 1955-2016, ενώ για το κύμα ψύχους με ΜΗΘ >20 °C αυτές καθυστερούν.



Διάγραμμα 4.13: Πρώτη εμφάνιση στο Ηράκλειο της ΜΗΘ (α) >20 °C και (β) >25 °C ανά έτος. 1955-1989: γαλάζιο, 1990-2016: πορτοκαλί και 1955-2016: πράσινο



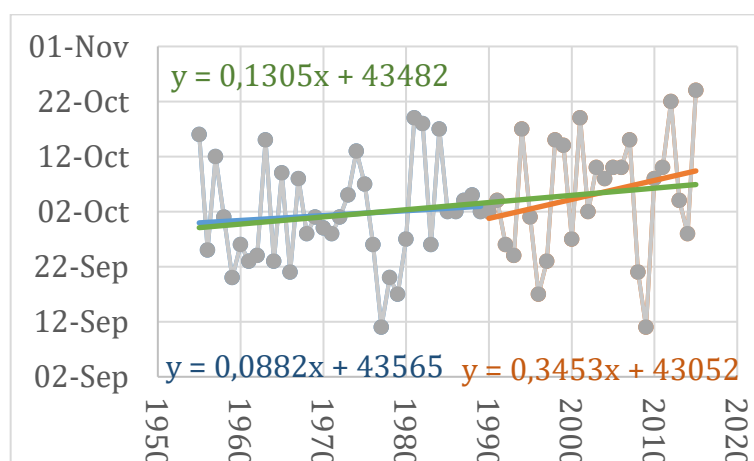
Διάγραμμα 4.14: Πρώτη εμφάνιση στο Ηράκλειο της ΜΗΘ (α) >30 °C, (β) >33 °C και (γ) >35 °C ανά έτος. 1955-1989: γαλάζιο, 1990-2016: πορτοκαλί και 1955-2016: πράσινο

4.4.2 Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους

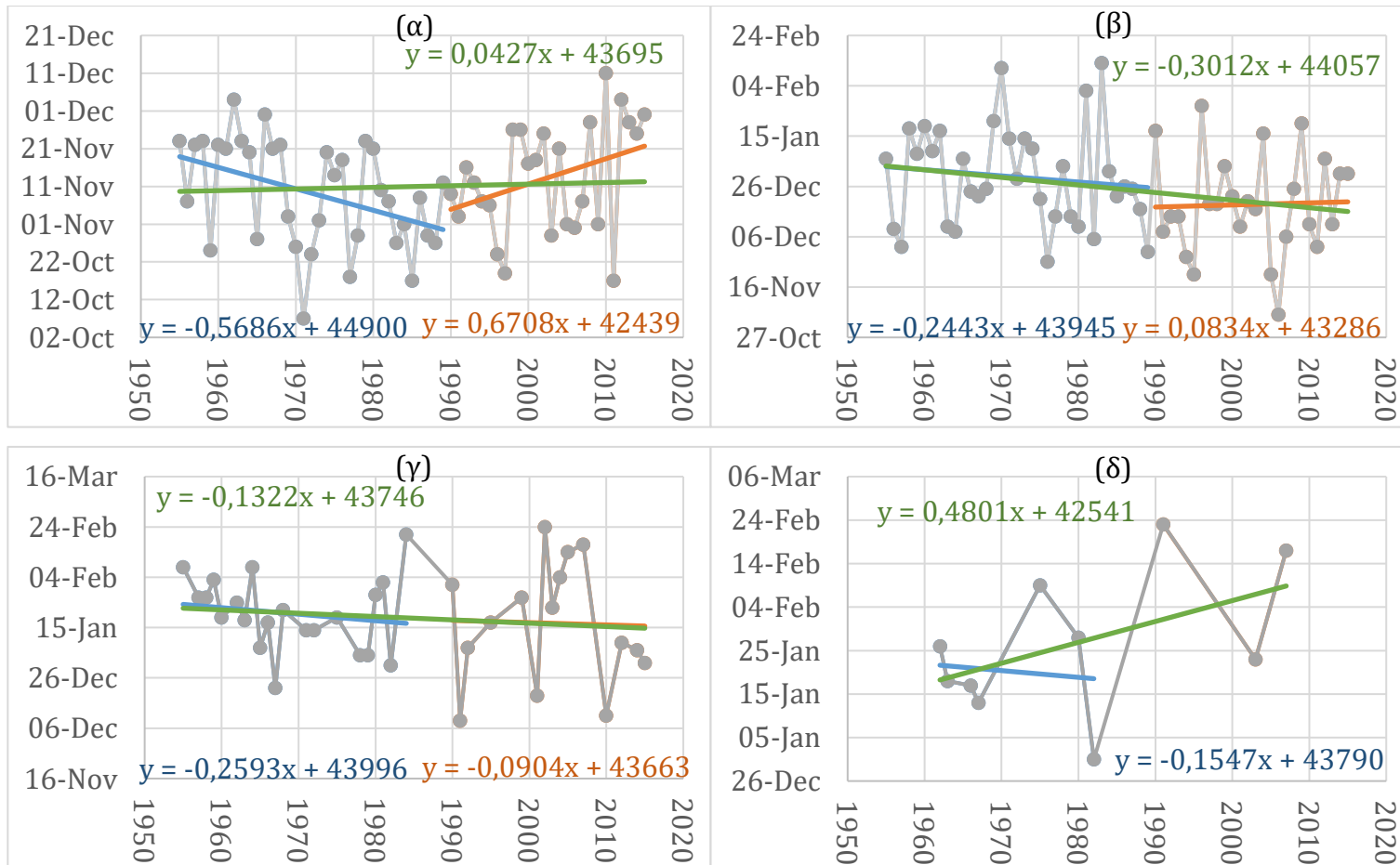
Το κύμα ψύχους που επηρεάζει το Ηράκλειο αφορά ΜΗΘ μέχρι και κάτω από 5 °C, όπως φαίνεται στα Διαγράμματα 4.15-4.16. Οι ΜΗΘ <5 °C για την περίοδο 1990-2015 είναι αρκετά λίγες για να εφαρμοστεί γραμμική τάση. Γενική παρατήρηση είναι ότι την περίοδο 1955-1989 στις πλείστες των περιπτώσεων οι ημερομηνίες της εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους εμφανίζονται νωρίτερα με το πέρασ των χρόνων, ενώ για την περίοδο 1990-2015 η πρώτη εμφάνιση καθυστερεί.

Πίνακας 4.4: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ΜΗΘ Ηρακλείου. (-): πρόωρη εμφάνιση, (+): καθυστέρηση στην εμφάνιση και (μ.ε.): μη εφαρμόσιμο

	1955-2016	1955-1989	1990-2016
>20 °C	+0.0579	+0.1790	-1.0379
>25 °C	-0.0720	-0.2182	+0.5501
>30 °C	-0.2538	-1.0762	-0.1072
<20 °C	+0.1305	+0.0882	+0.3453
<15 °C	+0.0427	-0.5686	+0.6708
<10 °C	-0.3012	-0.2443	+0.0834
<7 °C	-0.1322	-0.2593	-0.0904
<5 °C	+0.4801	-0.1547	μ.ε.



Διάγραμμα 4.15: Πρώτη εμφάνιση στο Ηράκλειο της ΜΗΘ <20 °C ανά έτος. 1955-1989: γαλάζιο, 1990-2015: πορτοκαλί και 1955-2015: πράσινο



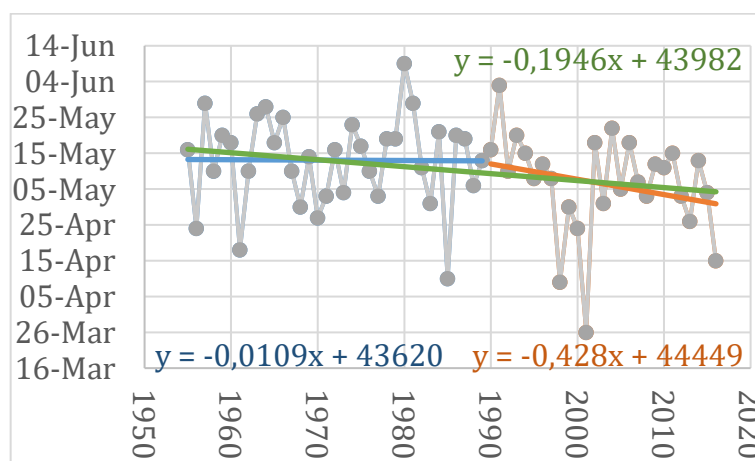
Διάγραμμα 4.16: Πρώτη εμφάνιση στο Ηράκλειο της ΜΗΘ (α) <15 °C, (β) <10 °C, (γ) <7 °C, (δ) <5 °C ανά έτος. 1955-1989: γαλάζιο, 1990-2015: πορτοκαλί και 1955-2015: πράσινο

4.5 Λάρισα

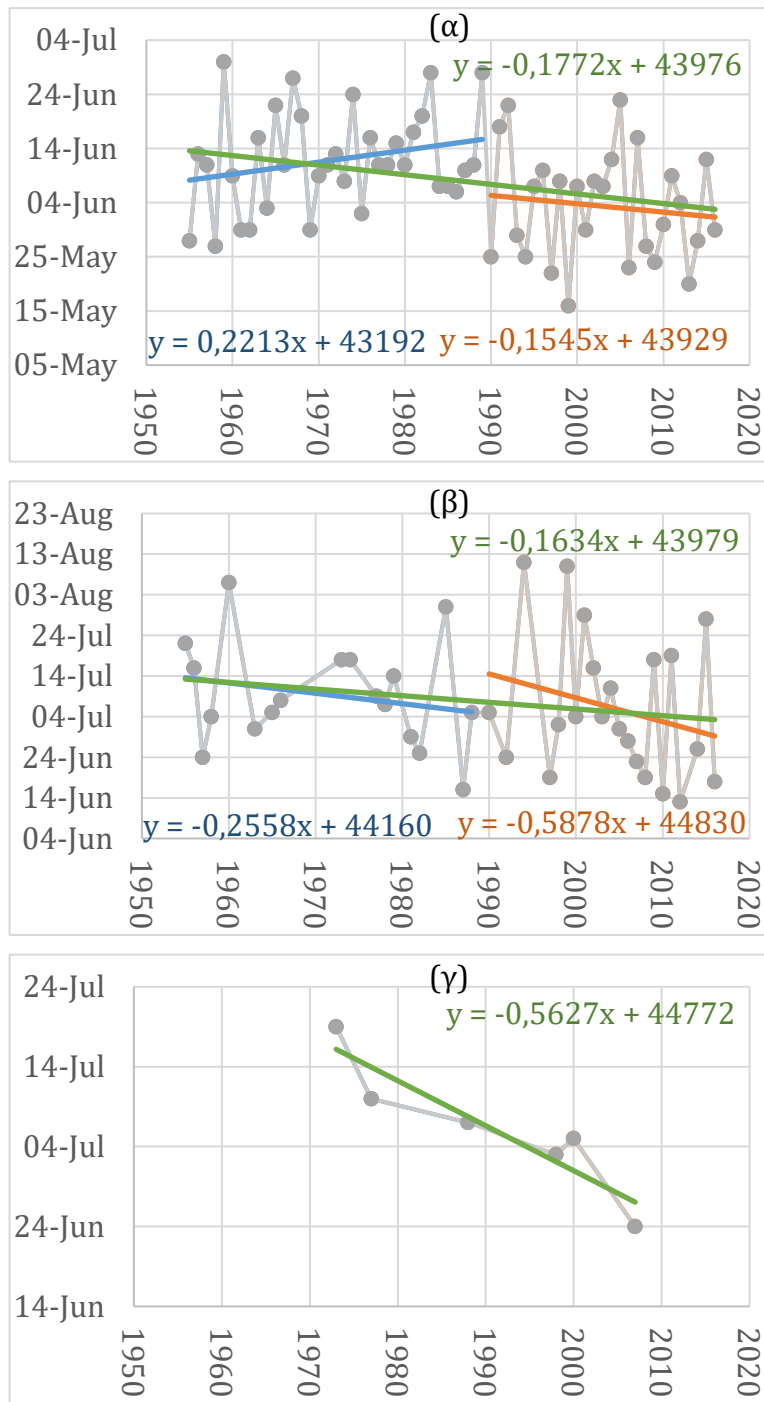
Σε αυτή την ενότητα παρατίθενται τα αποτελέσματα για το σταθμό της Λάρισας. Αυτά αφορούν το πρώτο κύμα ζέστης και ψύχους.

4.5.1 Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης

Πιο κάτω φαίνεται διαγραμματικά το πώς μεταβάλλεται η εμφάνιση της πρώτης ζέστης με το πέρας των χρόνων. Το Διάγραμμα 4.1 αφορά την πρώτη εμφάνιση της ΜΗΘ μεγαλύτερης των 20 °C (α), 25 °C (β), 30 °C (γ) και 33 °C(δ). Σε γενικές γραμμές η πρώτη ζέστη εμφανίζεται πιο νωρίς όσο περνούν τα χρόνια, κάτι που φαίνεται καθαρά από τον Πίνακα 4.5. Η ΜΗΘ >25 °C εμφανίζεται αρκετά νωρίτερα την περίοδο 1990-2016 σε σχέση με την περίοδο 1955-1989. Η ΜΗΘ >30 °C εμφανίζεται πιο συχνά την περίοδο 1990-2016 σε σχέση με την περίοδο 1955-1989. Η ΜΗΘ >33 °C την περίοδο 1990-2016 σε σχέση με την περίοδο 1955-1989 προχώρησε ένα μήνα πιο μπροστά.



Διάγραμμα 4.17: Πρώτη εμφάνιση στη Λάρισα της ΜΗΘ >20 °C ανά έτος. 1955-1989: γαλάζιο, 1990-2016: πορτοκαλί και 1955-2016: πράσινο



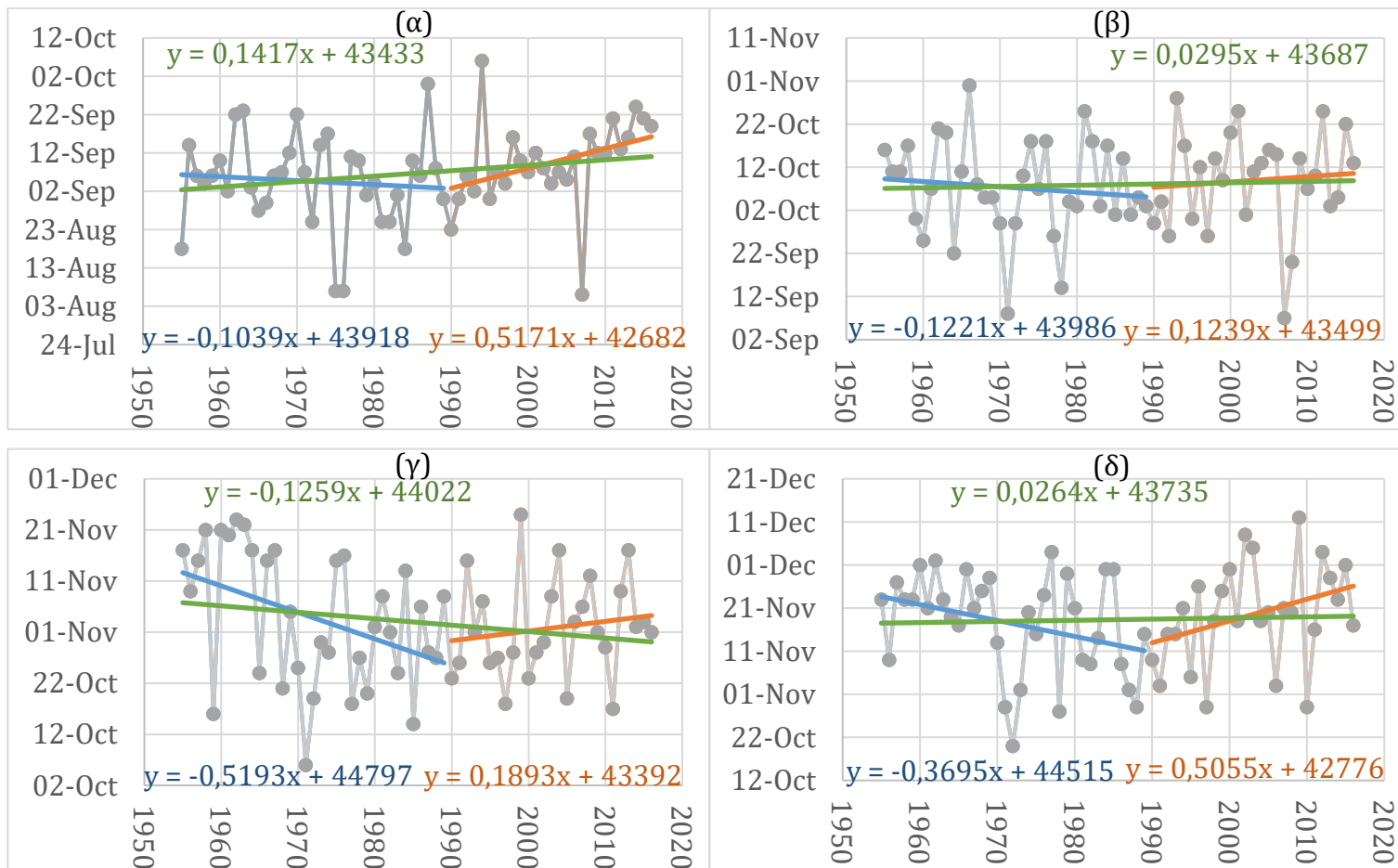
Διάγραμμα 4.18: Πρώτη εμφάνιση στη Λάρισα της ΜΗΘ (α) >25 °C, (β) >30 °C, (γ) >33°C ανά έτος. 1955-1989: γαλάζιο, 1990-2016: πορτοκαλί και 1955-2016: πράσινο

4.5.2 Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους

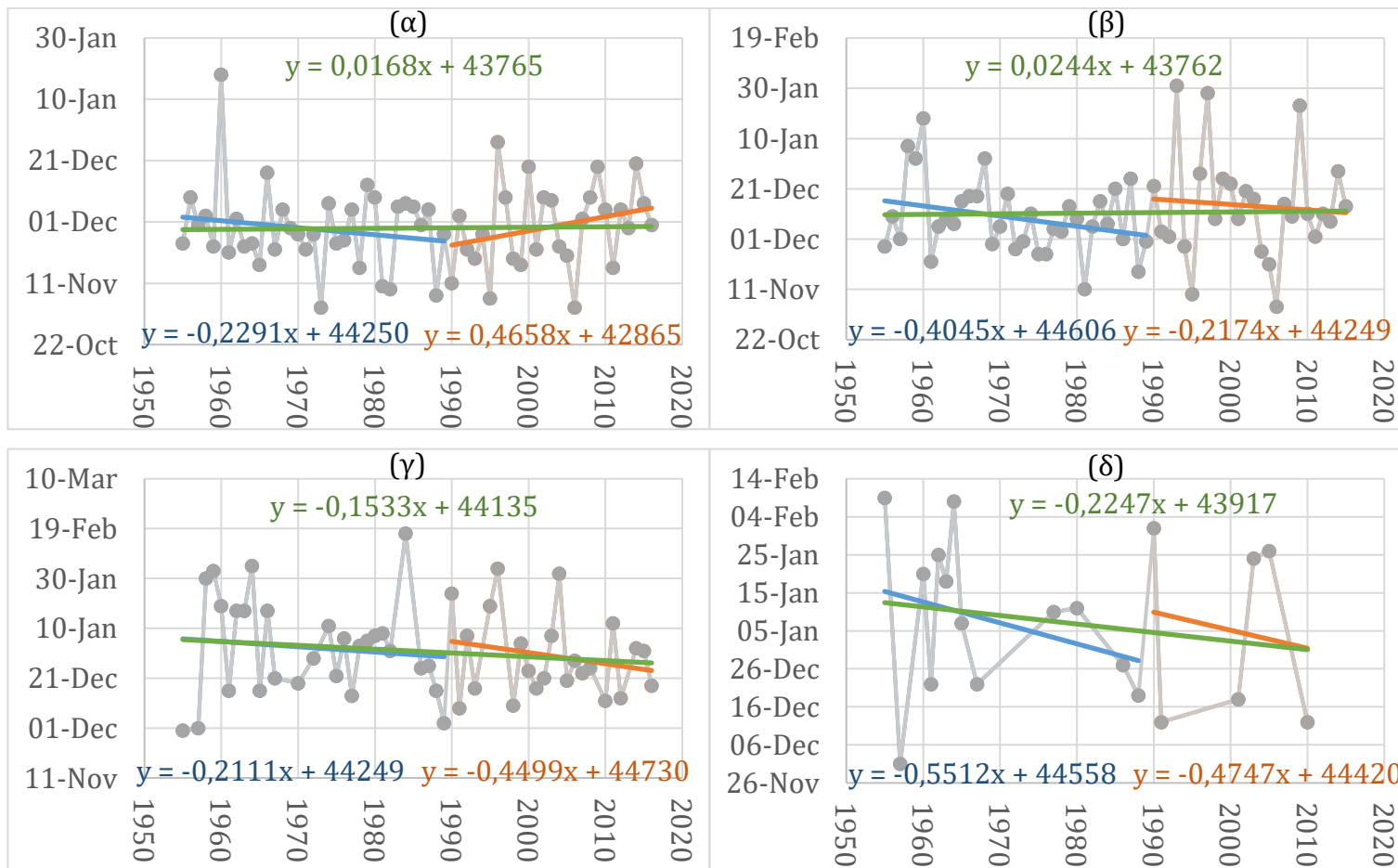
Οι ημερομηνίες της πρώτης εμφάνισης του ψύχους φαίνονται στα Διαγράμματα 4.2-4.4. Το Διάγραμμα 4.2 απεικονίζει την πρώτη εμφάνιση ΜΗΘ (α) <20 °C, (β) <15 °C, (γ) <10 °C και (δ) <7 °C. Ακολούθως το Διάγραμμα 4.3 δείχνει την πρώτη εμφάνιση της ΜΗΘ (α) <5 °C, (β) <3 °C, (γ) <0 °C και (δ) <-3 °C. Η πρώτη εμφάνιση του πρώτου ψύχους <-5 °C φαίνεται στο Διάγραμμα 4.4. Στο συγκεκριμένο Διάγραμμα δεν παρουσιάζεται γραμμή τάσης για την περίοδο 1990-2015, διότι εκείνη την περίοδο δεν καταγράφηκαν τόσο χαμηλές θερμοκρασίες. Γενικά παρουσιάζεται καθυστέρηση στην εμφάνιση χαμηλών θερμοκρασιών, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4.1. Η ΜΗΘ <20 °C μετά το 1990 καθυστερεί να εμφανιστεί όλο και περισσότερο με το πέρασμα των χρόνων. Οι ΜΗΘ <-3 °C και <-5 °C εμφανίζονται πιο σπάνια την περίοδο 1990-2015 σε σχέση με πριν.

Πίνακας 4.5: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ΜΗΘ Λαρίσης. (-): πρόωρη εμφάνιση, (+): καθυστέρηση στην εμφάνιση και (μ.ε.): μη εφαρμόσιμο

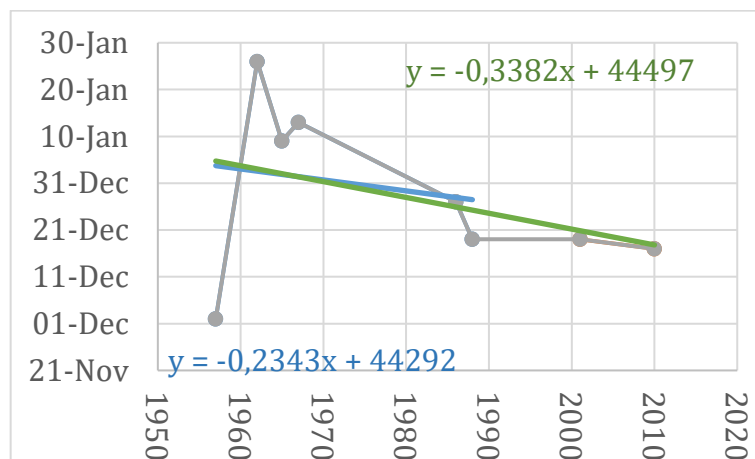
	1955-2016	1955-1989	1990-2016
>20 °C	-0.1946	-0.0109	-0.4280
>25 °C	-0.1772	+0.2213	-0.1545
>30 °C	-0.1634	-0.2558	-0.5878
>33 °C	-0.5627	μ.ε.	μ.ε.
<20 °C	+0.1417	-0.1039	+0.5171
<15 °C	+0.0295	-0.1221	+0.1239
<10 °C	-0.1259	-0.5193	+0.1893
<7 °C	+0.0264	-0.3695	+0.5055
<5 °C	+0.0168	-0.2291	+0.4658
<3 °C	+0.0244	-0.4045	-0.2174
<0 °C	-0.1533	-0.2111	-0.4499
<-3 °C	-0.2247	-0.5512	-0.4747
<-5 °C	-0.3382	-0.2343	μ.ε.



Διάγραμμα 4.19: Πρώτη εμφάνιση στη Λάρισα της ΜΗΘ (α) <math><20\text{ }^\circ\text{C}</math>, (β) <math><15\text{ }^\circ\text{C}</math>, (γ) <math><10\text{ }^\circ\text{C}</math>, (δ) <math><7\text{ }^\circ\text{C}</math> ανά έτος. 1955-1989: γαλάζιο, 1990-2015: πορτοκαλί και 1955-2015: πράσινο



Διάγραμμα 4.20: Πρώτη εμφάνιση στη Λάρισα της ΜΗΘ (α) <5 °C, (β) <3 °C, (γ) <0 °C, (δ) <-3 °C ανά έτος. 1955-1989: γαλάζιο, 1990-2015: πορτοκαλί και 1955-2015: πράσινο



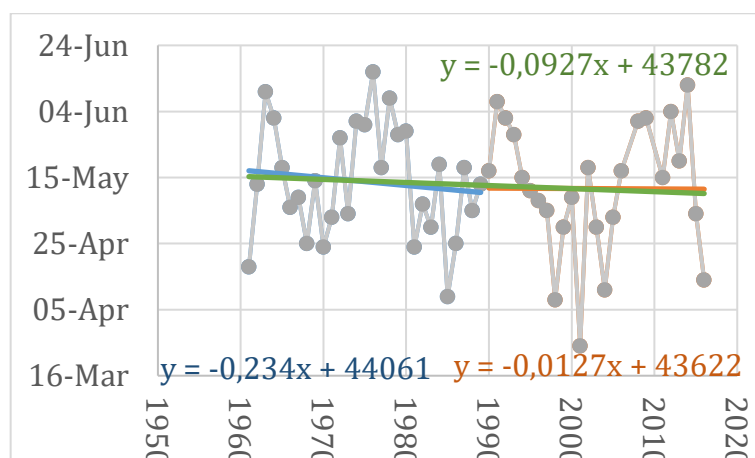
Διάγραμμα 4.21: Πρώτη εμφάνιση στη Λάρισα της ΜΗΘ <-5 °C ανά έτος. 1955-1989: γαλάζιο, 1990-2015: πορτοκαλί και 1955-2015: πράσινο

4.6 Φλώρινα

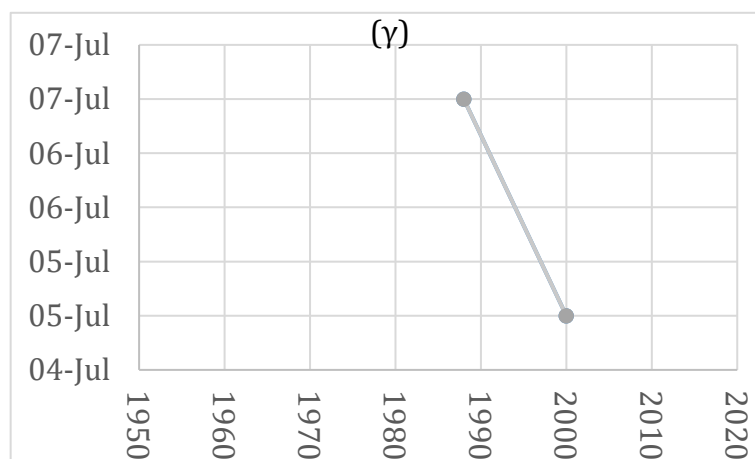
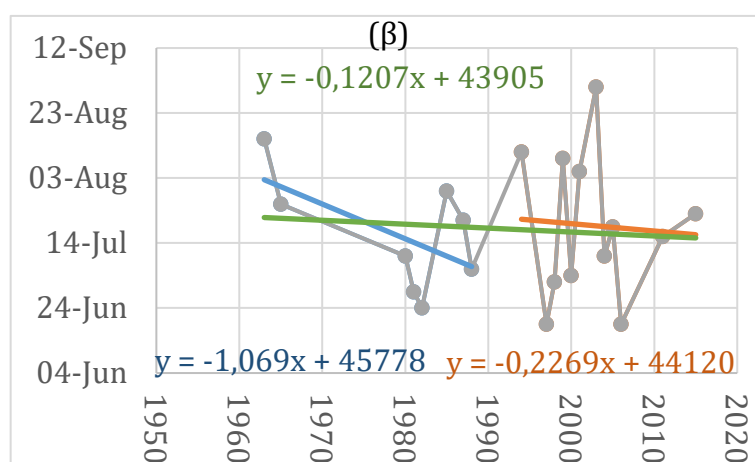
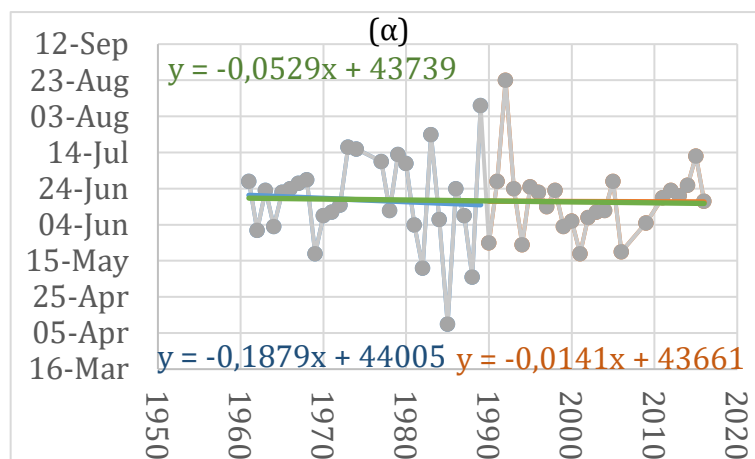
Η ημερομηνία της εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης και κρύου παρουσιάζονται πιο κάτω για τη Φλώρινα.

4.6.1 Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης

Το κύμα ζέστης στη Φλώρινα παίρνει μέχρι και ΜΗΘ >33 °C (Διαγράμματα 4.22-4.23). Σε όλες τις μελετώμενες περιόδους και για όλες τις θερμοκρασίες, το πρώτο κύμα ζέστης εμφανίζεται νωρίτερα όσο περνάνε τα χρόνια.



Διάγραμμα 4.22: Πρώτη εμφάνιση στη Φλώρινα της ΜΗΘ >20 °C ανά έτος. 1961-1989: γαλάζιο, 1990-2016: πορτοκαλί και 1961-2016: πράσινο



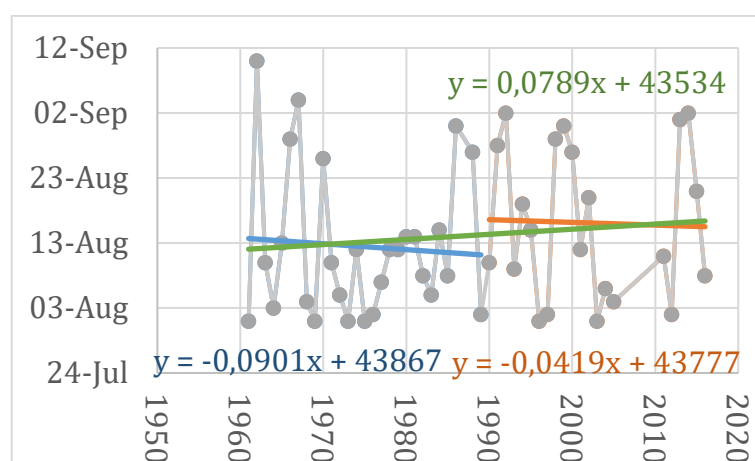
Διάγραμμα 4.23: Πρώτη εμφάνιση στη Φλώρινα της ΜΗΘ (α) >25 °C, (β) >30 °C, (γ) >33°C ανά έτος. 1961-1989: γαλάζιο, 1990-2016: πορτοκαλί και 1961-2016: πράσινο

4.6.2 Ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους

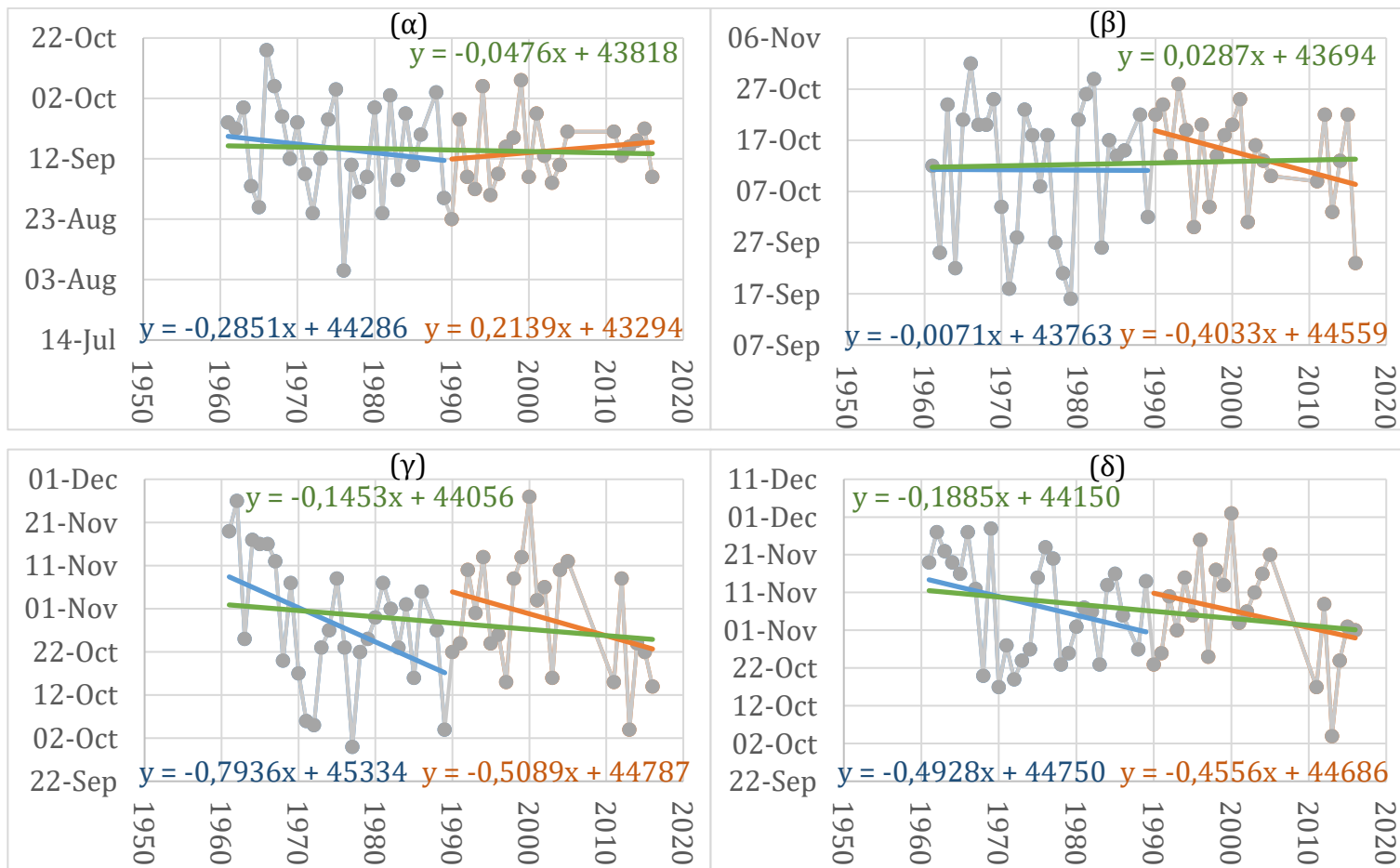
Το κύμα ψύχους στη Φλώρινα παίρνει τιμές μέχρι και $<-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Διαγράμματα 4.24-4.26). Το πρώτο κύμα ψύχους εμφανίζεται πιο νωρίς με το πέρασ των χρόνων για όλες τις μελετώμενες περιόδους εκτός κάποιων εξαιρέσεων. Στον Πίνακα 4.6 παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα για το σταθμό της Φλώρινας.

Πίνακας 4.6: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ΜΗΘ Φλώρινας

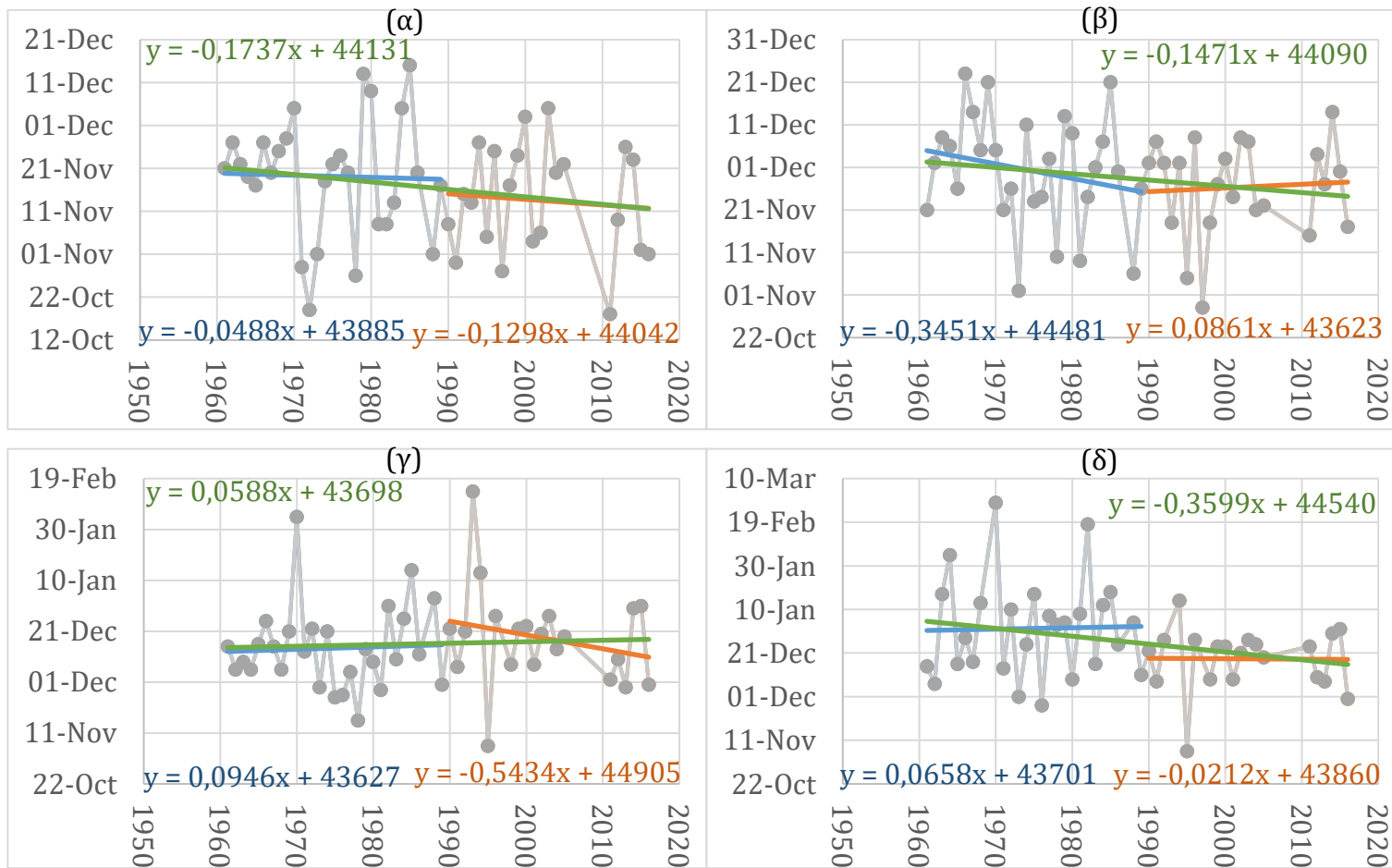
	1961-2016	1961-1989	1990-2016
$>20\text{ }^{\circ}\text{C}$	-0.0927	-0.2340	-0.0127
$>25\text{ }^{\circ}\text{C}$	-0.0529	-0.1879	-0.0141
$>30\text{ }^{\circ}\text{C}$	-0.1207	-1.0690	-0.2269
$<20\text{ }^{\circ}\text{C}$	+0.0789	-0.0901	-0.0419
$<15\text{ }^{\circ}\text{C}$	-0.0476	-0.2851	+0.2139
$<10\text{ }^{\circ}\text{C}$	+0.0287	-0.0071	-0.4033
$<7\text{ }^{\circ}\text{C}$	-0.1453	-0.7936	-0.5089
$<5\text{ }^{\circ}\text{C}$	-0.1885	-0.4928	-0.4556
$<3\text{ }^{\circ}\text{C}$	-0.1737	-0.0488	-0.1298
$<0\text{ }^{\circ}\text{C}$	-0.1471	-0.3451	+0.0861
$<-3\text{ }^{\circ}\text{C}$	+0.0588	+0.0946	-0.5434
$<-5\text{ }^{\circ}\text{C}$	-0.5434	+0.0658	-0.0212



Διάγραμμα 4.24: Πρώτη εμφάνιση στη Φλώρινα της ΜΗΘ $<20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ανά έτος. 1961-1989: γαλάζιο, 1990-2016: πορτοκαλί και 1961-2016: πράσινο



Διάγραμμα 4.25: Πρώτη εμφάνιση στη Φλώρινα της ΜΗΘ (α) <15 °C, (β) <10 °C, (γ) <7 °C, (δ) <5 °C ανά έτος. 1961-1989: γαλάζιο, 1990-2015: πορτοκαλί και 1961-2015: πράσινο



Διάγραμμα 4.26: Πρώτη εμφάνιση στη Φλώρινα της ΜΗΘ (α) <math><3\text{ }^\circ\text{C}</math>, (β) <math><0\text{ }^\circ\text{C}</math>, (γ) <math><-3\text{ }^\circ\text{C}</math>, (δ) <math><-5\text{ }^\circ\text{C}</math> ανά έτος. 1961-1989: γαλάζιο, 1990-2015: πορτοκαλί και 1961-2015: πράσινο

Κεφάλαιο 5

Συζήτηση – Συμπεράσματα - Εισηγήσεις

5.1 Τάσεις στην ημερομηνία πρώτης εμφάνισης ζέστης και ψύχους

Σε αυτή την ενότητα θα γίνει σύγκριση σε κάθε σταθμό των τάσεων που παρουσιάζει η εμφάνιση του πρώτου κύματος ψύχους και ζέστης.

5.1.1 Αλεξανδρούπολη

5.1.1.1 Πρώτο κύμα ζέστης

Το πρώτο κύμα ζέστης στην Αλεξανδρούπολη με ΜΗΘ >20 °C, >25 °C και >30 °C παρουσιάζουν παρόμοια μεταβολή στην ημερομηνία της εμφάνισης κατά τις μελετώμενες περιόδους 1951-1989 και 1990-2016. Πιο συγκεκριμένα την περίοδο 1955-1989 οι ΜΗΘ εμφανίζονται όλο και πιο αργά, ενώ την περίοδο 1990-2016 εμφανίζονται πιο πρόωρα.

Παρόμοιες μεταβολές υπήρχαν και στην ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης για το σύνολο της μελετώμενης περιόδου (1961-2016) στην Αλεξανδρούπολη. Το πρώτο κύμα ζέστης με ΜΗΘ >20 °C, >25 °C, >30 °C και >33 °C εμφανίζεται όλο και πιο αργά με το πέρασ των χρόνων. Την πιο μεγάλη μεταβολή στην ημερομηνία όσο περνούν τα χρόνια παρουσιάζει η ΜΗΘ >30 °C.

5.1.1.2 Πρώτο κύμα ψύχους

Στην Αλεξανδρούπολη, το πρώτο κύμα ψύχους για τις μελετώμενες ΜΗΘ παρουσιάζει διαφορετικές τάσεις τις περιόδους 1951-1989 και 1990-2015. Οι ΜΗΘ $<20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $<10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $<7\text{ }^{\circ}\text{C}$, $<5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $<3\text{ }^{\circ}\text{C}$ την περίοδο 1951-1989 εμφανίζονται πρόωρα, ενώ την περίοδο 1990-2015 καθυστερούν να εμφανιστούν. Αντιθέτως η ΜΗΘ $<0\text{ }^{\circ}\text{C}$ καθυστερεί να παρουσιαστεί την περίοδο 1951-1989, ενώ την περίοδο 1990-2015 εμφανίζεται πρόωρα. Το πρώτο κύμα ψύχους με ΜΗΘ $<15\text{ }^{\circ}\text{C}$, $<-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ και $<-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ καθυστερεί να επηρεάσει την Αλεξανδρούπολη κατά τις δύο πιο πάνω περιόδους.

Ακολούθως παρουσιάζονται οι τάσεις στην ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους κατά την περίοδο 1951-2015. Το πρώτο κύμα ψύχους με ΜΗΘ $<20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $<10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $<7\text{ }^{\circ}\text{C}$, $<5\text{ }^{\circ}\text{C}$ και $<3\text{ }^{\circ}\text{C}$ εμφανίζεται πιο πρόωρα χρόνο με το χρόνο, ενώ $<15\text{ }^{\circ}\text{C}$, $<0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $<-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ και $<-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ καθυστερεί να εμφανιστεί. Επίσης, παρουσιάζει την πιο μεγάλη μεταβολή στην ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους σε απόλυτη τιμή όταν η ΜΗΘ είναι $<20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Συγκριτικά, σε απόλυτη τιμή η μεγαλύτερη μεταβολή στην ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου ψύχους και ζέστης στην Αλεξανδρούπολη παρουσιάζεται όταν η ΜΗΘ $>30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.1.2 Άραξος

5.1.2.1 Πρώτο κύμα ζέστης

Τις περιόδους 1955-1989 και 1990-2016 το πρώτο κύμα ζέστης στον Άραξο μεταβάλλεται κατάλληλα. Οι ΜΗΘ $>20\text{ }^{\circ}\text{C}$ και $>30\text{ }^{\circ}\text{C}$ επηρεάζουν πιο αργά τον Άραξο την περίοδο 1955-1989 και την περίοδο 1990-2016 πιο νωρίς. Η ΜΗΘ $>25\text{ }^{\circ}\text{C}$ και τις δύο περιόδους παρουσιάζεται πιο αργοπορημένα.

Στον Άραξο η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης την περίοδο 1955-2016 μεταβάλλεται ανάλογα. Οι ΜΗΘ $>20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $>25\text{ }^{\circ}\text{C}$ και $>30\text{ }^{\circ}\text{C}$ όλο μετατοπίζονται πιο μπροστά. Οι ημερομηνίες που εμφανίζεται το πρώτο κύμα ζέστης μεταβάλλονται περισσότερο όταν η ΜΗΘ $>30\text{ }^{\circ}\text{C}$ με το πέρας των χρόνων.

5.1.2.2 Πρώτο κύμα ψύχους

Τις περιόδους 1951-1989 και 1990-2015 η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους αλλάζει. Και για τις δύο περιόδους το πρώτο κύμα ψύχους εμφανίζεται πρόωρα όταν οι ΜΗΘ είναι <15 °C, <10 °C, <7 °C, <5 °C και <3 °C. Για ΜΗΘ <20 °C την περίοδο 1951-1989 το πρώτο κύμα ψύχους επηρεάζει την περιοχή πρόωρα, ενώ την περίοδο 1990-2015 καθυστερεί να την επηρεάσει.

Για το σύνολο της μελετώμενης περιόδου (1955-2015) η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους παρουσιάζει παρόμοιες τάσεις. Το πρώτο κύμα ψύχους για ΜΗΘ <20 °C, <15 °C, <10 °C, <7 °C, <5 °C και <3 °C γίνεται πιο πρόωρη η εμφάνισή του με την πάροδο των ετών. Το πρώτο κύμα ψύχους με ΜΗΘ <7 °C παρουσιάζει τη μεγαλύτερη μεταβολή στις ημερομηνίες όσο περνάνε τα χρόνια. Στον Άραξο η μεγαλύτερη μεταβολή ανάμεσα στο πρώτο ψύχος και στην πρώτη ζέστη αναδύεται όταν η ΜΗΘ <7 °C.

5.1.3 Ελληνικό

5.1.3.1 Πρώτο κύμα ζέστης

Οι ημερομηνίες εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης στο Ελληνικό παρουσιάζουν παρόμοια μεταβολή τις περιόδους 1955-1989 και 1990-2016. Πιο συγκεκριμένα, αργοπορημένη φαίνεται να είναι η εμφάνιση του πρώτου κύματος ζέστης για ΜΗΘ >20 °C, >25 °C και >30 °C για την περίοδο 1955-1989. Πρόωρη είναι η εμφάνιση ΜΗΘ >20 °C, >25 °C, >30 °C και >33 °C για την περίοδο 1990-2016.

Επιπρόσθετα, παρόμοια μεταβολή στην ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης αναδεικνύεται την περίοδο 1955-2016. Το πρώτο κύμα ζέστης στο Ελληνικό κάνει την εμφάνισή του όλο και πιο νωρίς με την πάροδο των ετών για ΜΗΘ >20 °C, >25 °C, >30 °C και >33 °C. Η μεγαλύτερη μεταβολή στην ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους με το πέρασμα των χρόνων σημειώνεται όταν η ΜΗΘ είναι >30 °C.

5.1.3.2 Πρώτο κύμα ψύχους

Το πρώτο κύμα ψύχους για ΜΗΘ <15 °C, <10 °C, <7 °C και <5 °C εμφανίζεται πιο νωρίς κάτι που δεν συμβαίνει σε ΜΗΘ <20 °C, 3 °C και 0 °C. Σε απόλυτες τιμές η μεγαλύτερη μεταβολή στην ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους καταγράφεται σε ΜΗΘ <0 °C. Γενικά, στο Ελληνικό η μεγαλύτερη μεταβολή σε απόλυτες τιμές στην ημερομηνία της πρώτης εμφάνισης της ζέστης και του ψύχους σημειώνεται όταν η ΜΗΘ >30 °C.

5.1.4 Ηράκλειο

5.1.4.1 Πρώτο κύμα ζέστης

Οι ημερομηνίες εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης μεταβάλλονται διαφορετικά τις περιόδους 1955-1989 και 1990-2016. Η ΜΗΘ >20 °C την περίοδο 1955-1989 εμφανίζεται καθυστερημένα, ενώ την περίοδο 1990-2016 κάνει την εμφάνισή της πιο πρόωρα. Ακριβώς αντίθετη τάση παρουσιάζεται για ΜΗΘ >25 °C, δηλαδή την περίοδο 1955-1989 επηρεάζει πιο πρόωρα την περιοχή και πιο αργά την περίοδο 1990-2016. Η ΜΗΘ >30 °C και τις δύο περιόδους αναφύεται πρόωρα.

Την περίοδο 1955-2015 η εμφάνιση του πρώτου κύματος ζέστης στο Ηράκλειο μεταβάλλεται. Το Ηράκλειο έρχεται αντιμέτωπο με το πρώτο κύμα ζέστης για ΜΗΘ >25 °C και >30 °C όλο και πιο νωρίς ενώ για ΜΗΘ >20 °C όλο και πιο αργά. Σε απόλυτες τιμές η ημερομηνία της εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης σημειώνεται όταν η ΜΗΘ είναι >30 °C.

5.1.4.2 Πρώτο κύμα ψύχους

Η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους μεταβάλλεται τις περιόδους 1955-1989 και 1990-2015. Η ΜΗΘ <20 °C και τις δύο περιόδους εμφανίζεται όλο και πιο αργά. Οι ΜΗΘ <15 °C και <10 °C την περίοδο 1955-1989 παρουσιάζονται πρόωρα, ενώ την περίοδο 1990-2015 αργοπορούν. Πιο νωρίς εμφανίζεται και για τις δύο περιόδους η ΜΗΘ <7 °C. Παρόμοια τάση με τη ΜΗΘ <7 °C παρουσιάζει η ΜΗΘ <5 °C για την περίοδο 1955-1989.

Στο σύνολο της μελετώμενης περιόδου 1955-2015 η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους στο Ηράκλειο μεταβάλλεται με το πέρας του χρόνου. Το πρώτο κύμα ψύχους με ΜΗΘ <20 °C, <15 °C και <5 °C έρχεται αργοπορημένα στο Ηράκλειο όσο περνάνε τα χρόνια, ενώ ΜΗΘ <10 °C και <7 °C πιο πρόωρα κάνουν την εμφάνισή τους. Η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους σε απόλυτες τιμές παρουσιάζει τη μεγαλύτερη μεταβολή σε ΜΗΘ <5 °C. Ανάμεσα στο πρώτο κύμα ζέστης και ψύχους η μεγαλύτερη μεταβολή σε απόλυτες τιμές στην ημερομηνία εμφάνισής τους παρουσιάζεται όταν η ΜΗΘ <5 °C.

5.1.5 Λάρισα

5.1.5.1 Πρώτο κύμα ζέστης

Στη Λάρισα η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης μεταβάλλεται με διαφορετικό τρόπο για τις μελετώμενες ΜΗΘ τις περιόδους 1955-1989 και 1990-2016. Οι ΜΗΘ >20 °C και >30 °C εμφανίζονται πρόωρα τις δύο πιο πάνω περιόδους. Η ΜΗΘ >25 °C την περίοδο 1955-1989 αργοπορεί, ενώ την περίοδο 1989-2016 εμφανίζεται πρόωρα.

Την περίοδο 1955-2016 η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης αλλάζει με παρόμοιο τρόπο. Το πρώτο κύμα ζέστης με ΜΗΘ >20 °C, >25 °C, >30 °C και >33 °C επηρεάζει τη Λάρισα πιο πρόωρα όσο περνάνε τα χρόνια. Τη μεγαλύτερη μεταβολή στην ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης καταγράφεται με ΜΗΘ >33 °C.

5.1.5.2 Πρώτο κύμα ψύχους

Στη Λάρισα η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους για τις περιόδους 1955-1989 και 1990-2015 διαφοροποιείται. Οι ΜΗΘ <20 °C, <15 °C, <10 °C, <7 °C και <5 °C παρουσιάζουν παρόμοια μεταβολή τις πιο πάνω περιόδους. Συγκεκριμένα την περίοδο 1955-1989 εμφανίζονται πιο πρόωρα και πιο αργά την περίοδο 1990-2015. Οι ΜΗΘ <3 °C, <0 °C, <-3 °C παρουσιάζονται πρόωρα και τις δύο περιόδους, κάτι που συμβαίνει και για τη ΜΗΘ <-5 °C την περίοδο 1955-1989.

Για την περίοδο 1955-2015 η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους στη Λάρισα διαφοροποιείται αναλόγως. Το πρώτο κύμα ψύχους έρχεται πιο αργά με το

πέραμα των χρόνων για ΜΗΘ <20 °C, <15 °C, <7 °C, <5 °C, <3 °C. Οι ΜΗΘ <10 °C, <0 °C, -3°C και -5 °C επηρεάζουν πιο πρόωρα τη Λάρισα όσο περνάνε τα χρόνια. Μεγαλύτερη μεταβολή στην ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους σε απόλυτες τιμές φαίνεται σε ΜΗΘ <-5°C. Η μεγαλύτερη μεταβολή στην ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης και ψύχους στη Λάρισα αναδύεται όταν η ΜΗΘ είναι > 33 °C.

5.1.6 Φλώρινα

5.1.6.1 Πρώτο κύμα ζέστης

Τις περιόδους 1961-1989 και 1990-2016 η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης εμφανίζει παρόμοια μεταβολή στη Φλώρινα. Οι ΜΗΘ >20 °C, >25°C και >30 °C γίνεται πιο πρόωρη η εμφάνισή τους τις πιο πάνω περιόδους.

Παρόμοια ομοιότητα στην μεταβολή παρουσιάζεται για όλο το εύρος της μελετώμενης περιόδου (1961-2016) στη Φλώρινα. Το πρώτο κύμα ζέστης καταγράφεται όλο και πιο νωρίς με το πέρασμα των χρόνων σε ΜΗΘ >20 °C, >25 °C και >30 °C. Η πιο μεγάλη μεταβολή στην ημερομηνία της εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης παρατηρείται σε ΜΗΘ >30 °C.

5.1.6.2 Πρώτο κύμα ψύχους

Η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους στη Φλώρινα μεταβάλλεται με διαφορετικό τρόπο για τις περιόδους 1961-1989 και 1990-2015. Οι ΜΗΘ <20 °C, <15 °C, <10 °C, <7 °C, <5 °C και <3 °C επηρεάζουν την περιοχή πιο πρόωρα και για τις δύο περιόδους. Η Φλώρινα αντιμετωπίζει ΜΗΘ <15 °C και <0 °C πιο πρόωρα την περίοδο 1961-1989 και πιο αργά την περίοδο 1990-2015. Το ακριβώς αντίθετο συμβαίνει με τις ΜΗΘ <-3 °C και <-5 °C, όπου την περίοδο 1961-1989 εμφανίζονται πιο καθυστερημένα και την περίοδο 1990-2015 πιο πρόωρα.

Διαφορές στις τάσεις εμφάνισης της ημερομηνίας του πρώτου κύματος ψύχους παρουσιάζεται για το σύνολο της περιόδου 1961-2016. Η ημερομηνία της εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους σημειώνεται πιο νωρίς σε ΜΗΘ <15 °C, <7 °C, <5 °C, <3 °C, <0 °C και -5 °C. Όταν η ΜΗΘ είναι <20 °C, <10 °C και <-3 °C τότε το πρώτο κύμα ψύχους

καθυστερεί να εμφανιστεί. Η μεταβολή στην ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους είναι μεγαλύτερη σε απόλυτες τιμές σε ΜΗΘ $-5\text{ }^\circ\text{C}$. Στη Φλώρινα γενικά, η μεγαλύτερη μεταβολή σε απόλυτες τιμές στην ημερομηνία εμφάνισης τόσο του πρώτου κύματος ζέστης όσο και του πρώτου κύματος ψύχους σημειώνεται όταν η ΜΗΘ είναι $-5\text{ }^\circ\text{C}$.

5.2 Συγκρίσεις μεταξύ σταθμών

Σε αυτή την ενότητα καταγράφονται συγκρίσεις μεταξύ των μετεωρολογικών σταθμών για τις ίδιες μεταβολές στις ΜΗΘ.

5.2.1 Ημερομηνία εμφάνισης πρώτου κύματος ζέστης

Η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης συγκρίνεται για ολόκληρη τη μελετώμενη περίοδο του κάθε σταθμού.

5.2.1.1 ΜΗΘ >20 °C

Η ΜΗΘ >20 °C σε όλους τους μετεωρολογικούς σταθμούς εκτός του Ηρακλείου καταγράφεται πιο πρόωρα με το πέρας των χρόνων. Συγκριτικά, σε απόλυτες τιμές η μεγαλύτερη μεταβολή εμφανίζεται στη Λάρισα και η μικρότερη στον Άραξο.

5.2.1.2 ΜΗΘ >25 °C

Σε όλες τις μελετώμενες περιοχές εκτός της Λάρισας η ΜΗΘ > 25 °C παρουσιάζεται πιο πρόωρα με το πέρασμα των χρόνων. Η μεγαλύτερη μεταβολή σε απόλυτες τιμές καταγράφεται στο Ελληνικό και η μικρότερη στον Άραξο.

5.2.1.3 ΜΗΘ >30 °C

Η ΜΗΘ >30 °C καταγράφεται πιο πρόωρα όσο περνάνε τα χρόνια για όλες τις περιοχές. Η πιο μεγάλη μεταβολή σημειώνεται στο Ελληνικό και η μικρότερη στη Φλώρινα.

5.2.1.4 ΜΗΘ >33 °C

Μεταβολή στην ημερομηνία εμφάνιση του πρώτου κύμα ψύχους με ΜΗΘ >33 °C καταγράφεται σε δύο μόνο σταθμούς. Αυτοί είναι της Λάρισας, στον οποίο καταγράφεται η μεγαλύτερη μεταβολή, και του Ελληνικού. Και στις δύο περιοχές η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους για ΜΗΘ >33 °C αναδύεται όλο και πιο πρόωρα με την πάροδο των χρόνων.

5.2.2 Ημερομηνία εμφάνισης πρώτου κύματος ψύχους

Η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους, όπως και πριν, συγκρίνεται για ολόκληρη τη μελετώμενη περίοδο του κάθε σταθμού.

5.2.2.1 ΜΗΘ <20 °C

Η ΜΗΘ < 20 °C εμφανίζεται πιο αργά σε όλους τους μετεωρολογικούς σταθμούς εκτός του Αράξου. Η μεγαλύτερη μεταβολή σε απόλυτες τιμές σημειώνεται σε Αλεξανδρούπολη και η μικρότερη στη Φλώρινα.

5.2.2.2 ΜΗΘ <15 °C

Η ΜΗΘ <15 °C εμφανίζεται στους μισές περιοχές πιο πρόωρα (Αραξος, Ελληνικό Φλώρινα) και στις υπόλοιπες μισές (Αλεξανδρούπολη, Ηράκλειο, Λάρισα) πιο καθυστερημένα με την πάροδο των ετών. Στην Αλεξανδρούπολη παρουσιάζεται η μεγαλύτερη μεταβολή σε απόλυτες τιμές στην ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους με ΜΗΘ <15 °C και η μικρότερη μεταβολή εντοπίζεται στη Λάρισα.

5.2.2.3 ΜΗΘ <10 °C

Σε όλες τις μελετώμενες περιοχές εκτός της Φλώρινας παρουσιάζεται πιο πρόωρα η πρώτη εμφάνιση της ΜΗΘ <10 °C. Σε απόλυτες τιμές η μεγαλύτερη μεταβολή στην ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους με ΜΗΘ <10 °C εντοπίζεται στην περιοχή του Ηρακλείου και η μικρότερη στην Αλεξανδρούπολη.

5.2.2.4 ΜΗΘ <7 °C

Οι μελετώμενες περιοχές έρχονται αντιμέτωπες για πρώτη φορά με ΜΗΘ <7 °C όλο και πιο πρόωρα με το πέρασ των χρόνων, εκτός της Λάρισας στην οποία καθυστερεί η πρώτη εμφάνιση ΜΗΘ <7 °C. Η μεγαλύτερη μεταβολή στην τάση σε απόλυτες τιμές καταγράφεται στον Άραξο και η μικρότερη στη Λάρισα.

5.2.2.5 ΜΗΘ <5 °C

Οι ΜΗΘ <5 °C εμφανίζονται πιο πρόωρα σε Αλεξανδρούπολη, Άραξο, Ελληνικό και Φλώρινα. Το Ηράκλειο και η Λάρισα έρχονται αντιμέτωποι με ΜΗΘ <5 °C πιο αργά με το πέρασ των χρόνων. Το Ηράκλειο κατέχει τη μεγαλύτερη μεταβολή στην ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους με ΜΗΘ <5 °C, ενώ η Λάρισα την μικρότερη.

5.2.2.6 ΜΗΘ <3 °C

Η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους για ΜΗΘ <3 °C δεν έχει παρόμοια μεταβολή ανάμεσα στους μελετώμενους σταθμούς. Σε Αλεξανδρούπολη, Ελληνικό και Λάρισα η ημερομηνία καθυστερεί να εμφανιστεί, ενώ σε Άραξο και Φλώρινα εμφανίζεται πιο πρόωρα. Η πιο μεγάλη μεταβολή σε απόλυτες τιμές παρουσιάζεται στον Άραξο και η μικρότερη στην Αλεξανδρούπολη.

5.2.2.7 ΜΗΘ <0 °C

Η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους με ΜΗΘ <0 °C εμφανίζεται πιο πρόωρα σε Αλεξανδρούπολη, Λάρισα και Φλώρινα, ενώ στο Ελληνικό καθυστερημένα. Τη μεγαλύτερη μεταβολή παρουσιάζει το Ελληνικό και τη μικρότερη η Αλεξανδρούπολη.

5.2.2.8 ΜΗΘ <-3 °C

Μόνο για τρεις σταθμούς καταγράφεται ΜΗΘ <-3 °C. Στους δύο από αυτούς (Αλεξανδρούπολη και Φλώρινα) η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους με ΜΗΘ <-3 °C έρχεται αργοπορημένα με το πέρασμα των χρόνων, ενώ στον τρίτο

(Λάρισα) πρόωρα. Τη μεγαλύτερη μεταβολή σε απόλυτες τιμές παρουσιάζει η Λάρισα και τη μικρότερη η Φλώρινα.

5.2.2.9 ΜΗΘ <-5 °C

ΜΗΘ <-5 °C καταγράφεται και πάλι στις τρεις βορειότερες περιοχές που μελετώνται. Σε Λάρισα και Φλώρινα η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους με ΜΗΘ <-5 °C εμφανίζεται πρόωρα με το πέρασμα του χρόνου ενώ στην Αλεξανδρούπολη καθυστερεί. Η μεγαλύτερη μεταβολή σε απόλυτες τιμές παρουσιάζεται στη Φλώρινα και η μικρότερη στην Αλεξανδρούπολη.

5.3 Συγκρίσεις μεταξύ ημερομηνίας εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους και ζέστης

Το κύμα ζέστης για το σύνολο των μελετώμενων σταθμών έφτανε μέχρι ΜΗΘ >35 °C, με τις αξιολογικές μεταβολές στις ημερομηνίες της πρώτης εμφάνισης να καταγράφονται σε ΜΗΘ >33 °C. Αντιθέτως το κύμα ψύχους φτάνει ΜΗΘ <-5 °C, επομένως οι συγκρίσεις δεν είναι ανάλογες. Αυτό συμβαίνει διότι για το πρώτο κύμα ζέστης υπάρχουν μόνο τέσσερις διαβαθμίσεις στην ΜΗΘ, ενώ για το πρώτο κύμα ψύχους υπάρχουν εννιά. Επομένως γίνονται δύο τύποι συγκρίσεων. Ο πρώτος τύπος είναι να παίρνονται οι ΜΗΘ με τη σειρά εμφάνισής τους, δηλαδή ΜΗΘ >20°C έναντι ΜΗΘ <20 °C, ΜΗΘ >25 °C έναντι ΜΗΘ <15 °C και ΜΗΘ >30 °C έναντι ΜΗΘ <10 °C. Ο δεύτερος τύπος σύγκρισης είναι να παίρνονται αναλογικά με τη θέση εμφάνισης τους οι ΜΗΘ, δηλαδή ΜΗΘ >25 °C έναντι ΜΗΘ <10 °C και ΜΗΘ >30 °C έναντι ΜΗΘ <5 °C. Οι ΜΗΘ που καταγράφουν μετρήσεις έστω και για έναν σταθμό λιγότερο δεν συγκρίνονται.

5.3.1 ΜΗΘ >20 °C έναντι ΜΗΘ <20 °C

Συγκρίνοντας τη μεταβολή στην ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης με ΜΗΘ >20 °C και ψύχους με ΜΗΘ <20 °C φαίνεται ένα πράγμα. Η ΜΗΘ <20 °C παρουσιάζεται μεγαλύτερη μεταβολή σε απόλυτες τιμές στην ημερομηνία εμφάνισης σε σχέση με τη ΜΗΘ >20 °C στις περισσότερες περιπτώσεις (Αλεξανδρούπολη, Άραξος,

Ελληνικό και Ηράκλειο). Στη Λάρισα και Φλώρινα η μεγαλύτερη μεταβολή παρουσιάζεται στη ζέστη (ΜΗΘ>20 °C) παρά στο ψύχος (ΜΗΘ <20 °C).

5.3.2 ΜΗΘ >25 °C έναντι ΜΗΘ <15 °C

Συγκρίνοντας τις τάσεις στην εμφάνιση της ημερομηνίας του πρώτου κύματος ζέστης για ΜΗΘ >25 °C και ψύχους για ΜΗΘ <15 °C συμπεραίνεται ένα πράγμα. Σε γενικές γραμμές η ημερομηνία εμφάνιση του πρώτου κύματος ζέστης με ΜΗΘ >25 °C έχει σε απόλυτες τιμές μεγαλύτερη μεταβολή σε σχέση με το πρώτο κύμα ψύχους με ΜΗΘ <15 °C, εκτός από την Αλεξανδρούπολη που συμβαίνει το άκρως αντίθετο.

5.3.3 ΜΗΘ >30 °C έναντι ΜΗΘ <10 °C

Η τρίτη σύγκριση που γίνεται είναι μεταξύ ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης με ΜΗΘ >30 °C και ψύχους με ΜΗΘ <10 °C. Σε αυτού του είδους τη σύγκριση παρατηρείται μεγαλύτερη μεταβολή σε απόλυτες τιμές στην εμφάνιση του πρώτου κύματος ζέστης με ΜΗΘ >30 °C παρά στην εμφάνιση του πρώτου κύματος ψύχους με ΜΗΘ <10 °C για όλες τις περιοχές εκτός του Ηρακλείου.

5.3.4 ΜΗΘ >25 °C έναντι ΜΗΘ <10 °C

Η σύγκριση ανάμεσα στη μεταβολή της ημερομηνίας εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης με ΜΗΘ >25 °C και ψύχους με ΜΗΘ <10 °C έβγαλε αποτέλεσμα. Συγκεκριμένα σε Αλεξανδρούπολη, Ελληνικό, Λάρισα και Φλώρινα η μεγαλύτερη μεταβολή σε απόλυτες τιμές αναδείχθηκε στο πρώτο κύμα ζέστης για ΜΗΘ > 25 °C έναντι του ψύχους με ΜΗΘ <10 °C. Σε Άραξο και Ηράκλειο παρατηρείται μεγαλύτερη μεταβολή σε απόλυτες τιμές στην ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους παρά ζέστης σε ΜΗΘ <10°C και ΜΗΘ >25 °C, αντίστοιχα.

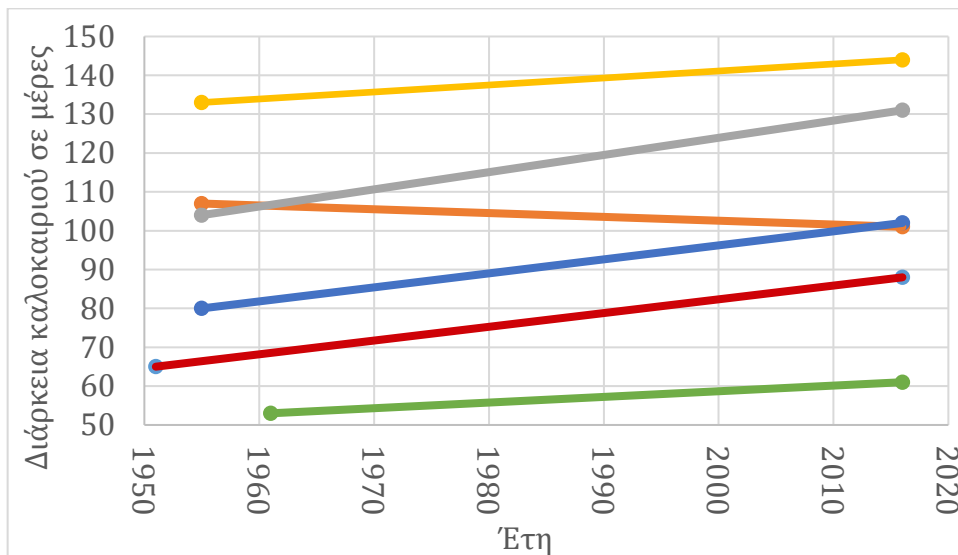
5.3.5 ΜΗΘ >30 °C έναντι ΜΗΘ <5 °C

Η σύγκριση ανάμεσα στη μεταβολή της ημερομηνίας εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης με ΜΗΘ >30 °C σε σχέση με του πρώτου κύματος ψύχους με ΜΗΘ <5 °C έγινε διότι είναι οι τελευταίες ΜΗΘ για τη ζέστη και το ψύχος που καταγράφονται σε όλους τους σταθμούς. Η σύγκριση έδειξε ότι δεν υπάρχει κάποιο ουσιαστικό αποτέλεσμα. Αυτό συμβαίνει διότι σε απόλυτες τιμές η μεταβολή στην ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης με ΜΗΘ >30 °C ήταν μεγαλύτερη σε Αλεξανδρούπολη, Ελληνικό και Λάρισα παρά το πρώτο κύμα ψύχους με ΜΗΘ <5°C. Στους υπόλοιπους μισούς σταθμούς καταγράφεται μεγαλύτερη μεταβολή σε απόλυτες τιμές στην ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους με ΜΗΘ <10 °C παρά ζέστης με ΜΗΘ >30 °C.

5.4 Μεταβολή της διάρκειας του καλοκαιριού

Η διάρκεια του καλοκαιριού υπολογίστηκε από την ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης με ΜΗΘ >25 °C μέχρι την ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους με ΜΗΘ <20 °C. Αυτό έγινε διότι οι πιο πάνω ημερομηνίες σε όλους τους σταθμούς είναι πιο κοντά στην πραγματική περίοδο του καλοκαιριού που είναι Ιούνιος μέχρι Αύγουστος. Χρησιμοποιήθηκε η γραμμή τάσης την περίοδο 1951-2016 και εντοπίστηκε η ημερομηνία που εμφανίζονταν οι ΜΗΘ το 1951 και το 2016. Από αυτή τη μεταβολή εξήχθησαν κάποια αξιολογικά συμπεράσματα.

Το καλοκαίρι αυξάνεται σε όλους τους σταθμούς εκτός από του Αράξου στον οποίο παρατηρείται μικρή μείωση. Ουσιαστικά το καλοκαίρι αυξάνεται κατά 23 μέρες σε περίοδο 65 ετών στην Αλεξανδρούπολη. Σε περίοδο 61 ετών το καλοκαίρι αυξάνεται κατά 27 μέρες στο Ελληνικό, κατά 11 μέρες στο Ηράκλειο, κατά 22 μέρες στη Λάρισα, ενώ μειώνεται κατά 8 μέρες στον Άραξο. Στη Φλώρινα το καλοκαίρι αυξάνεται κατά 8 μέρες σε περίοδο 55 ετών. Άρα, από τα προηγούμενα προκύπτει ότι τη μεγαλύτερη μεταβολή της διάρκειας του καλοκαιριού ανά έτος έχει με αύξουσα σειρά οι σταθμοί: Άραξος (-0,1 μέρες/χρόνο), Φλώρινα (0,15 μέρες/χρόνο), Ηράκλειο (0,18 μέρες/χρόνο), Αλεξανδρούπολη (0,35 μέρες/χρόνο), Λάρισα (0,36 μέρες/χρόνο) και Ελληνικό (0,44 μέρες/χρόνο). Στο Διάγραμμα 5.1 φαίνεται η μεταβολή στη διάρκεια του καλοκαιριού για όλους τους σταθμούς την περίοδο 1951-2016.



Διάγραμμα 5.1: Μεταβολή της διάρκειας του καλοκαιριού σε μέρες την περίοδο 1951-2016. Κίτρινο: Ηράκλειο, Γκρι: Ελληνικό, Πορτοκαλί: Άραξος, Μπλε: Λάρισα, Κόκκινο: Αλεξανδρούπολη, Πράσινο: Φλώρινα.

5.5 Μεταβολή της έναρξης του χειμώνα

Η μεταβολή της διάρκειας του χειμώνα δεν ήταν δυνατό να υπολογιστεί, διότι η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης που ανταποκρινόταν στο τέλος του χειμώνα (τέλη Φεβρουαρίου με αρχές Μαρτίου) δεν έχει υπολογιστεί. Για αυτό το λόγο εξετάστηκε μόνο η μεταβολή της έναρξης του χειμώνα. Ο χειμώνας για την κάθε περιοχή της Ελλάδας ξεκινάει με διαφορετική ΜΗΘ. Για Άραξο, Ελληνικό και Ηράκλειο ο χειμώνας αρχίζει όταν η ΜΗΘ <10 °C, για Λάρισα όταν η ΜΗΘ < 5°C, για Αλεξανδρούπολη όταν η ΜΗΘ <3 °C και για Φλώρινα όταν η ΜΗΘ <0 °C. Στον Πίνακα 5.1 φαίνεται η μεταβολή στην ημερομηνία έναρξης του χειμώνα από το έτος ίδρυσης του κάθε σταθμού μέχρι το 2016. Ίδια παραμένει η έναρξη του χειμώνα στην Αλεξανδρούπολη, με 1 μέρα διαφορά αρχίζει ο χειμώνας σε Λάρισα (καθυστερεί) και Ελληνικό (πιο πρόωρα) και 3 μέρες νωρίτερα ξεκινά ο χειμώνας στον Άραξο. Μεγαλύτερη μεταβολή παρατηρείται σε Φλώρινα (7 μέρες πιο πρόωρα) και Ηράκλειο (18 μέρες πιο πρόωρα).

Πίνακας 5.1: Μεταβολή της έναρξης του χειμώνα ανά σταθμό. 1951-2016: Αλεξανδρούπολη, 1955-2016: Άραξος, Ελληνικό, Ηράκλειο, Λάρισα, 1961-2016: Φλώρινα.

	Αλεξανδρούπολη	Άραξος	Ελληνικό	Ηράκλειο	Λάρισα	Φλώρινα
1951/55/61	6 Δεκ	2 Δεκ	1 Δεκ	02 Ιαν	29 Νοε	5 Ιαν
2016	6 Δεκ	29 Νοε	30 Νοε	15 Δεκ	30 Νοε	29 Δεκ

5.6 Προβλεπόμενες μεταβολές

Σε αυτό το σημείο θα γίνει πρόβλεψη με βάση την τάση του δείκτη σε κάθε περιοχή για τη μεταβολή στην ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης και ψύχους. Χρησιμοποιήθηκε η γραμμή τάσης 1955-2016 και όχι 1990-2016 για πρόβλεψη, διότι στην δεύτερη περίπτωση οι τάσεις είχαν πιο απότομη κλίση με συνεπακόλουθο το πρώτο κύμα ψύχους και ζέστης σε κάποιες περιπτώσεις να οδηγείται εκτός περιόδου, κάτι το οποίο δεν ήταν λογικό. Στην παρούσα περίπτωση συγκρίνονται τα έτη 2030, 2050 και 2100 με το 2016. Για να υπάρξει ουσιαστική μεταβολή στην ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης και ψύχους θεωρείται ότι μέχρι το 2100 πρέπει να υπάρξει μεταβολή μεγαλύτερη από 10 μέρες. Σε διαφορετική περίπτωση η μεταβολή θεωρείται μικρή και ασήμαντη. Οι ημερομηνίες που αναγράφονται στους πίνακες ερμηνεύονται ως εξής: αρχές του μηνά αντιστοιχεί στις ημερομηνίες 1-9, μέση του μήνα αντιστοιχεί με 10-19 και τέλη του μήνα με 20-31.

5.6.1 Αλεξανδρούπολη

Στην Αλεξανδρούπολη φαίνονται αριθμητικά (σε μέρες) οι μεταβολές στην ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης και ψύχους για ΜΗΘ που καταγράφηκαν στο σταθμό (Πίνακας 5.1). Ασήμαντη μεταβολή υπήρξε στην ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους με ΜΗΘ <15 °C, <10°C, <5 °C, < 3 °C, <0 °C και <-5 °C. Ουσιαστική μεταβολή υπήρξε στην ημερομηνία εμφάνισης της ζέστης για όλες τις ΜΗΘ που καταγράφηκαν και του ψύχους για ΜΗΘ < 7 °C και <-3 °C.

Πίνακας 5.2: Προβλέψεις στη μεταβολή της ημερομηνίας εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης και ψύχους σε μέρες στην Αλεξανδρούπολη. (-): πρόωρη εμφάνιση, (+): καθυστέρηση στην εμφάνιση

	Σήμερα	2030	2050	2100
>20 °C	μέσα Μαΐου	μέσα Μαΐου -1,88	μέσα Μαΐου -4,57	αρχές Μαΐου -11,29
>25 °C	μέσα Ιουνίου	μέσα Ιουνίου -2,45	αρχές Ιουνίου -5,95	τέλος Μαΐου -14,70
>30 °C	μέσα Ιουλίου	μέσα Ιουλίου -4,41	αρχές Ιουλίου -10,71	μέσα Ιουνίου -26,46
<20 °C	μέσα Σεπτεμβρίου	μέσα Σεπτεμβρίου 2,64	μέσα Σεπτεμβρίου 6,40	τέλη Σεπτεμβρίου 15,82
<15 °C	αρχές Οκτωβρίου	αρχές Οκτωβρίου 1,15	αρχές Οκτωβρίου 2,80	μέσα Οκτωβρίου 6,91
<10 °C	τέλη Οκτωβρίου	τέλη Οκτωβρίου -0,22	τέλη Οκτωβρίου -0,54	τέλη Οκτωβρίου -1,34
<7 °C	μέσα Νοεμβρίου	αρχές Νοεμβρίου -1,72	αρχές Νοεμβρίου -4,18	τέλη Οκτωβρίου -10,32
<5 °C	τέλη Νοεμβρίου	μέσα Νοεμβρίου -1,24	μέσα Νοεμβρίου -3,01	μέσα Νοεμβρίου -7,43
<3 °C	αρχές Δεκεμβρίου	αρχές Δεκεμβρίου 0,07	αρχές Δεκεμβρίου 0,16	αρχές Δεκεμβρίου 0,40
<0 °C	τέλη Δεκεμβρίου	τέλη Δεκεμβρίου -0,74	τέλη Δεκεμβρίου -1,80	τέλη Δεκεμβρίου -4,45
<-3 °C	μέσα Ιανουαρίου	μέσα Ιανουαρίου 2,23	τέλη Ιανουαρίου 5,43	τέλη Ιανουαρίου 13,41
<-5 °C	τέλη Ιανουαρίου	τέλη Ιανουαρίου 0,55	τέλη Ιανουαρίου 1,33	τέλη Ιανουαρίου 3,29

5.6.2 Άραξος

Η μεταβολή των ημερομηνιών εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης και ψύχους που παρουσιάζονται στον Άραξο τα έτη 2030, 2050 και 2100 παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.2. Ασήμαντη μεταβολή εντοπίζεται σε ΜΗΘ >20 °C, >25 °C, <15 °C και <10 °C. Αντίθετα, σημαντική μεταβολή παρατηρείται για το πρώτο κύμα ζέστης με ΜΗΘ >30 °C και για το πρώτο κύμα ψύχους με ΜΗΘ <20 °C, <7 °C, <5 °C και <3 °C. Στον παρών σταθμό παρατηρείται υπερκάλυψη στις ημερομηνίες για ΜΗΘ <10 °C και <7 °C. Η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους με ΜΗΘ <10 °C χρονικά τοποθετείται τέλη Νοεμβρίου, ενώ με ΜΗΘ <7 °C τέλη Οκτωβρίου, κάτι το οποίο δεν συμβαδίζει.

Πίνακας 5.3: Προβλέψεις στη μεταβολή της ημερομηνίας εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης και ψύχους σε μέρες στον Άραξο. (-): πρόωρη εμφάνιση, (+): καθυστέρηση στην εμφάνιση

	<i>Σήμερα</i>	<i>2030</i>	<i>2050</i>	<i>2100</i>
>20 °C	αρχές Μαΐου	αρχές Μαΐου -0,27	αρχές Μαΐου -0,66	αρχές Μαΐου -1,64
>25 °C	μέσα Ιουνίου	μέσα Ιουνίου -0,27	μέσα Ιουνίου -0,65	μέσα Ιουνίου -1,61
>30 °C	μέσα Ιουλίου	μέσα Ιουλίου -4,32	αρχές Ιουλίου -10,48	τέλη Ιουνίου -25,90
<20 °C	τέλη Σεπτεμβρίου	τέλη Σεπτεμβρίου -1,59	μέσα Σεπτεμβρίου -3,86	μέσα Σεπτεμβρίου -9,53
<15 °C	τέλη Οκτωβρίου	τέλη Οκτωβρίου -0,97	τέλη Οκτωβρίου -2,37	μέσα Οκτωβρίου -5,85
<10 °C	αρχές Δεκεμβρίου	τέλη Νοεμβρίου -0,75	τέλη Νοεμβρίου -1,83	τέλη Νοεμβρίου -4,53
<7 °C	αρχές Δεκεμβρίου	τέλη Νοεμβρίου -6,50	μέσα Νοεμβρίου -15,79	τέλη Οκτωβρίου -39,01
<5 °C	τέλη Δεκεμβρίου	μέσα Δεκεμβρίου -5,71	αρχές Δεκεμβρίου -13,87	μέσα Νοεμβρίου -34,27
<3 °C	αρχές Ιανουαρίου	αρχές Ιανουαρίου -3,55	αρχές Ιανουαρίου -8,62	τέλη Δεκεμβρίου -21,29

5.6.3 Ελληνικό

Οι μεταβολές στην ημερομηνία εμφάνισης πρώτου κύματος ζέστης και ψύχους για το Ελληνικό τα έτη 2030, 2050 και 2100 φαίνονται στον Πίνακα 5.3. Ουσιαστική μεταβολή στο δείκτη παρουσιάζεται σε ΜΗΘ >25 °C, >30 °C, >33 °C, <20 °C, <7 °C, <5 °C, <3 °C και <0 °C. Για ΜΗΘ >20 °C, <15 °C και <10 °C η μεταβολή στο δείκτη με την πάροδο των χρόνων είναι μικρή.

Πίνακας 5.4: Προβλέψεις στη μεταβολή της ημερομηνίας εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης και ψύχους σε μέρες στο Ελληνικό. (-): πρόωρη εμφάνιση, (+): καθυστέρηση στην εμφάνιση

	Σήμερα	2030	2050	2100
>20 °C	τέλη Απριλίου	τέλη Απριλίου -1,01	τέλη Απριλίου -2,45	τέλη Απριλίου -6,05
>25 °C	τέλη Μαΐου	τέλη Μαΐου -3,44	μέσα Μαΐου -8,35	αρχές Μαΐου -20,63
>30 °C	τέλη Ιουνίου	τέλη Ιουνίου -5,82	μέσα Ιουνίου -14,13	μέσα Μαΐου -34,91
>33 °C	μέσα Ιουλίου	μέσα Ιουλίου -4,03	αρχές Ιουλίου -9,78	τέλη Ιουνίου -24,16
<20 °C	αρχές Οκτωβρίου	αρχές Οκτωβρίου 2,06	αρχές Οκτωβρίου 4,99	μέσα Οκτωβρίου 12,34
<15 °C	τέλη Οκτωβρίου	τέλη Οκτωβρίου -0,94	τέλη Οκτωβρίου -2,27	μέσα Οκτωβρίου -5,61
<10 °C	αρχές Δεκεμβρίου	αρχές Δεκεμβρίου -0,29	αρχές Δεκεμβρίου -0,70	τέλη Νοεμβρίου -1,73
<7 °C	τέλη Δεκεμβρίου	μέσα Δεκεμβρίου -3,45	μέσα Δεκεμβρίου -8,37	τέλη Νοεμβρίου -20,67
<5 °C	αρχές Ιανουαρίου	τέλη Δεκεμβρίου -2,77	τέλη Δεκεμβρίου -6,74	μέσα Δεκεμβρίου -16,64
<3 °C	τέλη Ιανουαρίου	τέλη Ιανουαρίου 1,68	τέλη Ιανουαρίου 4,08	αρχές Φεβρουαρίου 10,07
<0 °C	αρχές Φεβρουαρίου	αρχές Φεβρουαρίου 4,30	μέσα Φεβρουαρίου 10,44	αρχές Μαρτίου 25,79

5.6.4 Ηράκλειο

Στο Ηράκλειο οι μεταβολές στην ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης και ψύχους απεικονίζονται στον Πίνακα 5.4 για τα έτη 2030, 2050 και 2100. Ασήμαντη μεταβολή καταγράφεται σε ΜΗΘ >20 °C, >25 °C και <15 °C. Η ΜΗΘ πιθανώς να μην παρουσιάζεται με το πέρασμα των χρόνων και αυτός να είναι ο λόγος που από το 2050 να μετατοπίζεται στις αρχές Μαρτίου.

Πίνακας 5.5: Προβλέψεις στη μεταβολή της ημερομηνίας εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης και ψύχους σε μέρες στο Ηράκλειο. (-): πρόωρη εμφάνιση, (+): καθυστέρηση στην εμφάνιση

	Σήμερα	2030	2050	2100
>20 °C	αρχές Απριλίου	αρχές Απριλίου 0,81	αρχές Απριλίου 1,97	μέσα Απριλίου 4,86
>25 °C	μέσα Μαΐου	μέσα Μαΐου -1,01	μέσα Μαΐου -2,45	αρχές Μαΐου -6,05
>30 °C	τέλη Ιουνίου	τέλη Ιουνίου -3,55	μέσα Ιουνίου -8,63	αρχές Ιουνίου -21,32
<20 °C	αρχές Οκτωβρίου	αρχές Οκτωβρίου 1,83	μέσα Οκτωβρίου 4,44	μέσα Οκτωβρίου 10,96
<15 °C	μέσα Νοεμβρίου	μέσα Νοεμβρίου 0,60	μέσα Νοεμβρίου 1,45	μέσα Νοεμβρίου 3,59
<10 °C	μέσα Δεκεμβρίου	αρχές Δεκεμβρίου -4,22	αρχές Δεκεμβρίου -10,24	μέσα Νοεμβρίου -25,30
<7 °C	μέσα Ιανουαρίου	μέσα Ιανουαρίου -1,85	αρχές Ιανουαρίου -4,49	αρχές Ιανουαρίου -11,10
<5 °C	αρχές Φεβρουαρίου	μέσα Φεβρουαρίου 6,72	τέλη Φεβρουαρίου 16,32	τέλη Μαρτίου 40,33

5.6.5 Λάρισα

Οι προβλέψεις στη μεταβολή της ημερομηνίας εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης και ψύχους στη Λάρισα για τα έτη 2030, 2050 και 2100 φαίνεται στον Πίνακα 5.5. Ασήμαντη μεταβολή παρουσιάζεται σε ΜΗΘ <15 °C, <7 °C, <5 °C και <3 °C. Στη Λάρισα η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης με ΜΗΘ >33 °C δεν εμφανίζεται στον Πίνακα 1, παρόλο που δημιουργήθηκε η γραμμή τάσης. Αυτό συμβαίνει διότι ΜΗΘ >33 °C καταγράφηκαν για τελευταία φορά πριν από το 2010, επομένως η γραμμή τάσης δεν ανταποκρίνεται σε όλο το εύρος της μελετώμενης περιόδου και συνεπώς η πρόβλεψη θα ήταν λανθασμένη.

Με παρόμοια λογική δεν γίνεται πρόβλεψη για το πρώτο κύμα ψύχους σε ΜΗΘ <-5 °C, διότι η τελευταία μέτρηση ήταν το 2010. Τα χρόνια που ακολούθησαν το 2010 δεν καταγράφηκε καμία ΜΗΘ <-5 °C και στο σύνολο της περιόδου 1955-2016 καταγράφηκαν

λιγότερα από 10 χρόνια με τη συγκεκριμένη ΜΗΘ. Επομένως η όποια πρόβλεψη δεν θα ήταν ορθή.

Πίνακας 5.6: Προβλέψεις στη μεταβολή της ημερομηνίας εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης και ψύχους σε μέρες στη Λάρισα. (-): πρόωρη εμφάνιση, (+): καθυστέρηση στην εμφάνιση

	Σήμερα	2030	2050	2100
>20 °C	αρχές Μαΐου	αρχές Μαΐου -2,72	τέλη Απριλίου -6,62	μέσα Απριλίου -16,35
>25 °C	αρχές Ιουνίου	τέλη Μαΐου -2,48	τέλη Μαΐου -6,02	μέσα Μαΐου -14,88
>30 °C	αρχές Ιουλίου	τέλη Ιουνίου -2,29	τέλη Ιουνίου -5,56	μέσα Ιουνίου -13,73
<20 °C	μέσα Σεπτεμβρίου	μέσα Σεπτεμβρίου 1,98	μέσα Σεπτεμβρίου 4,82	τέλη Σεπτεμβρίου 11,90
<15 °C	μέσα Οκτωβρίου	μέσα Οκτωβρίου 0,41	μέσα Οκτωβρίου 1,00	μέσα Οκτωβρίου 2,48
<10 °C	τέλη Οκτωβρίου	τέλη Οκτωβρίου -1,76	τέλη Οκτωβρίου -4,28	μέσα Οκτωβρίου -10,58
<7 °C	μέσα Νοεμβρίου	μέσα Νοεμβρίου 0,37	μέσα Νοεμβρίου 0,90	τέλη Νοεμβρίου 2,22
<5 °C	αρχές Δεκεμβρίου	αρχές Δεκεμβρίου 0,24	αρχές Δεκεμβρίου 0,57	αρχές Δεκεμβρίου 1,41
<3 °C	μέσα Δεκεμβρίου	μέσα Δεκεμβρίου 0,34	μέσα Δεκεμβρίου 0,83	μέσα Δεκεμβρίου 2,05
<0 °C	τέλη Δεκεμβρίου	τέλη Δεκεμβρίου -2,15	μέσα Δεκεμβρίου -5,21	μέσα Δεκεμβρίου -12,88
<-3 °C	τέλη Δεκεμβρίου	τέλη Δεκεμβρίου -3,15	μέσα Δεκεμβρίου -7,64	μέσα Δεκεμβρίου -18,87

5.6.6 Φλώρινα

Στη Φλώρινα οι προβλέψεις για τη μεταβολή της ημερομηνίας εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης και ψύχους φαίνονται στον Πίνακα 5.6. Ασήμαντες μεταβολές παρατηρούνται για ΜΗΘ >20 °C, >25 °C, <20 °C, <15 °C, <10 °C και <-3 °C. Επίσης η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους για ΜΗΘ <-5 °C εμφανίζεται πριν τη ΜΗΘ <-3 °C και ΜΗΘ <0 °C με το πέρασμα των χρόνων.

Πίνακας 5.7: Προβλέψεις στη μεταβολή της ημερομηνίας εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης και ψύχους σε μέρες στη Φλώρινα. (-): πρόωρη εμφάνιση, (+): καθυστέρηση στην εμφάνιση

	Σήμερα	2030	2050	2100
>20 °C	μέσα Μαΐου	μέσα Μαΐου -2,22	αρχές Μαΐου -4,08	αρχές Μαΐου -8,71
>25°C	μέσα Ιουνίου	μέσα Ιουνίου -1,27	μέσα Ιουνίου -2,33	αρχές Ιουνίου -4,97
>30 °C	μέσα Ιουλίου	μέσα Ιουλίου -2,90	αρχές Ιουλίου -5,31	αρχές Ιουλίου -11,35
<20 °C	μέσα Αυγούστου	μέσα Αυγούστου 1,97	μέσα Αυγούστου 3,55	τέλη Αυγούστου 7,50
<15 °C	μέσα Σεπτεμβρίου	μέσα Σεπτεμβρίου -1,19	μέσα Σεπτεμβρίου -2,14	αρχές Σεπτεμβρίου -4,52
<10 °C	μέσα Οκτωβρίου	μέσα Οκτωβρίου 0,72	μέσα Οκτωβρίου 1,29	μέσα Οκτωβρίου 2,73
<7 °C	τέλη Οκτωβρίου	τέλη Οκτωβρίου -3,63	μέσα Οκτωβρίου -6,54	μέσα Οκτωβρίου -13,80
<5 °C	αρχές Νοεμβρίου	τέλη Οκτωβρίου -4,71	τέλη Οκτωβρίου -8,48	μέσα Οκτωβρίου -17,91
<3 °C	αρχές Νοεμβρίου	αρχές Νοεμβρίου -4,34	αρχές Νοεμβρίου -7,82	τέλη Οκτωβρίου -16,50
<0 °C	τέλη Νοεμβρίου	τέλη Νοεμβρίου -3,68	τέλη Νοεμβρίου -6,62	μέσα Νοεμβρίου -13,97
<-3 °C	τέλη Δεκεμβρίου	τέλη Δεκεμβρίου 1,47	τέλη Δεκεμβρίου 2,65	τέλη Δεκεμβρίου 5,59
<-5 °C	τέλη Δεκεμβρίου	μέσα Δεκεμβρίου -9,00	αρχές Δεκεμβρίου -16,20	αρχές Νοεμβρίου -34,19

5.7 Περιορισμοί

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή παρουσιάζει έναν περιορισμό. Στις γραμμές τάσης που παρουσιάζονται στα πιο πάνω διαγράμματα, δεν υπολογίστηκε η στατιστική σημαντική διαφορά ανάμεσα στη γραμμή και τις μετρήσεις. Επομένως οι προβλέψεις πραγματοποιούνται με μικρή επιφύλαξη διότι δεν εξετάστηκε αν οι μεταβολές στη θερμοκρασία οφείλονται στην κλιματική αλλαγή ή στην κλιματική μεταβλητότητα.

5.8 Συμπεράσματα

Στην Ελλάδα το πρώτο κύμα ζέστης εμφανίζεται πιο πρόωρα με το πέρασμα των χρόνων. Το πρώτο κύμα ψύχους δεν παρουσιάζει ομοιόμορφες μεταβολές, αλλά για τις περισσότερες ΜΗΘ εμφανίζεται πιο πρόωρα, με μικρότερη μεταβολή σε απόλυτες τιμές από το πρώτο κύμα ζέστης.

Στην Ελλάδα η ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ζέστης δεν καταγράφει ΜΗΘ >37 °C, ενώ πιο συχνά καταγράφονται ακραίες τιμές των ΜΗΘ για το πρώτο κύμα ζέστης την περίοδο 1990-2016. Άρα αναμένεται με το πέρασμα των χρόνων να αυξηθούν οι ΜΗΘ του κύματος ζέστης στην Ελλάδα. Αντίθετα για την ημερομηνία εμφάνισης του πρώτου κύματος ψύχους με ακραίες τιμές των ΜΗΘ εμφανίζονται όλο και πιο σπάνια με το πέρασμα των χρόνων. Αυτό δείχνει ότι οι ακραίες ΜΗΘ του κύματος ψύχους αυξάνουν με το πέρασμα των χρόνων.

Στις μελετώμενες περιοχές αναμένεται να μεγαλώσουν τα καλοκαίρια και οι χειμώνες να αρχίζουν γρηγορότερα σε κάποιες περιπτώσεις. Αυτό θα έχει ως συνέπεια τη μεταβολή στα διάφορα φυσικά, αγροτικά και ανθρωπογενή συστήματα, τα οποία αναλύονται στη συνέχεια.

5.8.1 Φυσικά συστήματα

Τα φυσικά συστήματα αναμένεται να επηρεαστούν από τη μεταβολή του καλοκαιριού και του χειμώνα. Αυτό θα οδηγήσει στην μετακίνηση κάποιων ειδών, τα οποία δεν μπορούν να προσαρμοστούν στις επερχόμενες αλλαγές, σε βορειότερες περιοχές. Είδη που μεταναστεύουν στις υπό μελέτη περιοχές αναμένεται να κάνουν την εμφάνισή τους όλο και πιο πρόωρα μιας και ο καιρός θα είναι πιο ζεστός με το πέρασμα των χρόνων. Η άνθιση των δένδρων αναμένεται να αρχίζει νωρίτερα.

5.8.2 Αγροτικά συστήματα

Η μεταβολή της διάρκειας του καλοκαιριού και η πρόωρη έναρξη των χειμώνων σίγουρα θα επηρεάσει τις αγροτικές καλλιέργειες. Το 2100 οι ποικιλίες των καλλιεργειών δεν θα

έχουν την ίδια απόδοση που είχαν το 2016 όταν καλλιεργούνται στην ίδια περιοχή και αυτό διότι θα καταπονούνται θερμικά, λόγω μεγαλύτερων καλοκαιριών. Οι εξάρσεις των εντόμων εχθρών και ασθενειών θα είναι μεγαλύτερες και οι καλλιέργειες προβλέπεται να παραμένουν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα κάτω από την επίδρασή τους.

5.8.3 Ανθρωπογενή συστήματα

Οι άνθρωποι με την επιμήκυνση των καλοκαιριών δεν θα μείνουν ανεπηρέαστοι. Αναμένεται οι ευάλωτες ομάδες του πληθυσμού να μετακομίσουν σε περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο ή/και σε βορειότερες περιοχές προκειμένου να ανταπεξέλθουν σε μια τέτοια μεταβολή.

5.9 Εισηγήσεις

Με βάση τα αποτελέσματα και συμπεράσματα της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής προτείνεται η άμεση λήψη μέτρων από τις ελληνικές αρχές προκειμένου να περιοριστούν οι επιπτώσεις από την επιμήκυνση του καλοκαιριού. Αυτό προϋποθέτει φύτευση δάσους γύρω από τις πόλεις, αποδέσμευση της οικονομίας από εκπομπές CO₂ και στροφή σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Με τον τρόπο αυτό θα περιοριστεί η περεταίρω άνοδος της θερμοκρασίας σε πολυπληθείς πόλεις και η μείωση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος με ΑΘΠ.

Παράρτημα

Στο Παράρτημα παρατίθεται ο κώδικας ο οποίος χρησιμοποιήθηκε στη γλώσσα προγραμματισμού C++ για υπολογισμό της ΜΗΘ. Αυτός παρουσιάζεται πιο κάτω:

```
#include <iostream>
#include <cmath>
#include <fstream>
#include <iomanip>
#include <ctime>
#include <cstdlib>
#include <string>
#include <vector>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sstream>
using namespace std;

struct co{
    double year;
    double month;
    double day;
    double hour;
    double temp;
};

int main(){

    co o;
    vector <co> x;

    ifstream particle;
    particle.open("data.txt")

    while (particle.good()){
        particle>>o.year>>o.month>>o.day>>o.hour>>o.temp;
        x.push_back(o);
        o.year=0;
```

```

    o.month=0;
    o.day=0;
    o.hour=0;
    o.temp=0;
}
double m=0,sum=0,avg=0;

for(int l=1955;l<2017;l++){
    for(int k=1;k<13;k++){
        ostream os;
        os<<l<<" "<<k<<".dat";
        ofstream legen(os.str().c_str());
        for(int j=1;j<32;j++){
            for(int i=0;i<x.size();i++){
                if(x[i].year==l){
                    if(x[i].month==k){
                        if(x[i].day==j){
                            sum=sum+x[i].temp;
                            m++;
                        }
                    }
                }
            }
        }
        avg=sum/m;
        legen<<avg<<endl;
        m=0;
        sum=0;
        avg=0;
    }
}
}
}

```

Βιβλιογραφία

- Ahmed, N., Thompson, S. and Glaser, M., 2019. Global Aquaculture Productivity, Environmental Sustainability, and Climate Change Adaptability. *Environmental Management*, 63, pp.159–172.
- Alikadic, A., Pertot, I., Eccel, E., Dolci, C., Zarbo, C., Caffarra, A., De Filippi, R. and Furlanello, C., 2019. The impact of climate change on grapevine phenology and the influence of altitude: A regional study. *Agricultural and Forest Meteorology*, 271, pp.73–82.
- Altieri, A.H. and Gedan, K.B., 2015. Climate change and dead zones. *Global Change Biology*, 21(4), pp.1395–1406.
- Anderegg, W.R.L., Ballantyne, A.P., Smith, W.K., Majkut, J., Rabin, S., Beaulieu, C., Birdsey, R., Dunne, J.P., Houghton, R.A., Myneni, R.B., Pan, Y., Sarmiento, J.L., Serota, N., Shevliakova, E., Tans, P. and Pacala, S.W., 2015. Tropical nighttime warming as a dominant driver of variability in the terrestrial carbon sink. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(51), pp.15591–15596.
- André, G., Engel, B., Berentsen, P.B.M., Vellinga, T.V. and Oude Lansink, A.G.J.M., 2011. Quantifying the effect of heat stress on daily milk yield and monitoring dynamic changes using an adaptive dynamic model. *Journal of Dairy Science*, 94(9), pp.4502–4513.
- Anon 2019. The complexities of wildfires. *Nature Geoscience*, 12(2), p.81.
- Asplund, M.E., Baden, S.P., Russ, S., Ellis, R.P., Gong, N. and Hernroth, B.E., 2014. Ocean acidification and host-pathogen interactions: blue mussels, *Mytilus edulis*, encountering *Vibrio tubiashii*. *Environmental Microbiology*, 16(4), pp.1029–1039.
- Asseng, S., Ewert, F., Martre, P., Rötter, R.P., Lobell, D.B., Cammarano, D., Kimball, B.A., Ottman, M.J., Wall, G.W., White, J.W., Reynolds, M.P., Alderman, P.D., Prasad, P.V. V., Aggarwal, P.K., Anothai, J., Basso, B., Biernath, C., Challinor, A.J., De Sanctis, G., Doltra, J., Fereres, E., Garcia-Vila, M., Gayler, S., Hoogenboom, G., Hunt, L.A., Izaurralde, R.C., Jabloun, M., Jones, C.D., Kersebaum, K.C., Koehler, A.-K., Müller, C., Naresh Kumar, S., Nendel, C., O’Leary, G., Olesen, J.E., Palosuo, T., Priesack, E., Eyshi Rezaei, E., Ruane, A.C., Semenov, M.A., Shcherbak, I., Stöckle, C., Stratonovitch, P., Streck, T., Supit, I., Tao, F., Thorburn, P.J., Waha, K., Wang, E., Wallach, D., Wolf, J., Zhao, Z. and Zhu, Y., 2015. Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change*, 5(2), pp.143–147.
- Bakun, A., Black, B.A., Bograd, S.J., García-Reyes, M., Miller, A.J., Rykaczewski, R.R. and

- Sydeman, W.J., 2015. Anticipated Effects of Climate Change on Coastal Upwelling Ecosystems. *Current Climate Change Reports*, 1(2), pp.85–93.
- Baylis, M., 2017. Potential impact of climate change on emerging vector-borne and other infections in the UK. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 16(Suppl 1).
- Benmoussa, H., Ghrab, M., Ben Mimoun, M. and Luedeling, E., 2017a. Chilling and heat requirements for local and foreign almond (*Prunus dulcis* Mill.) cultivars in a warm Mediterranean location based on 30 years of phenology records. *Agricultural and Forest Meteorology*, 239, pp.34–46.
- Benmoussa, H., Luedeling, E., Ghrab, M., Ben Yahmed, J. and Ben Mimoun, M., 2017b. Performance of pistachio (*Pistacia vera* L.) in warming Mediterranean orchards. *Environmental and Experimental Botany*, 140(February), pp.76–85.
- Boyd, P.W., 2015. Toward quantifying the response of the oceans' biological pump to climate change. *Frontiers in Marine Science*, 2.
- Castillo, N., Saavedra, L.M., Vargas, C.A., Gallardo-Escárate, C. and Détrée, C., 2017. Ocean acidification and pathogen exposure modulate the immune response of the edible mussel *Mytilus chilensis*. *Fish & Shellfish Immunology*, 70, pp.149–155.
- Chapin, F.S., Matson, P.A. and Vitousek, P.M., 2011. *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*. 2nd ed. New York: Springer New York.
- Cheng, J., Xu, Z., Bambrick, H., Su, H., Tong, S. and Hu, W., 2018. Heatwave and elderly mortality: An evaluation of death burden and health costs considering short-term mortality displacement. *Environment International*, 115, pp.334–342.
- Ciota, A.T., Mataracchiero, A.C., Kilpatrick, A.M. and Kramer, L.D., 2014. The Effect of Temperature on Life History Traits of *Culex* Mosquitoes. *Journal of Medical Entomology*, 51(1), pp.55–62.
- Ciscar, J.C., Feyen, L., Soria, A., Lavalle, C., Raes, F., Perry, M., Nemry, F., Demirel, H., Rozsai, M., Dosio, A., Donatelli, M., Srivastava, A., Fumagalli, D., Niemeyer, S., Shrestha, S., Ciaian, P., Himics, M., Van Doorslaer, B., Barrios, S., Ibáñez, N., Forzieri, G., Rojas, R., Bianchi, A., Dowling, P., Camia, A., Libertà, G., San Miguel, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Barredo, J., Paci, D., Pycroft, J., Saveyn, B., Van Regemorter, D., Revesz, T., Vandyck, T., Vrontisi, Z., Baranzelli, C., Vandecasteele, I., Batista e Silva, F. and Ibarreta, D., 2014. *Climate Impacts in Europe. The JRC PESETA II Project. JRC Scientific and Policy Reports, EUR 26586EN. JRC Scientific and Policy Reports*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Clements, J.C., Bourque, D., McLaughlin, J., Stephenson, M. and Comeau, L.A., 2017.

Extreme ocean acidification reduces the susceptibility of eastern oyster shells to a polydorid parasite. *Journal of Fish Diseases*, 40(11), pp.1573–1585.

Clements, J.C. and Chopin, T., 2017. Ocean acidification and marine aquaculture in North America: potential impacts and mitigation strategies. *Reviews in Aquaculture*, 9(4), pp.326–341.

Collier, R.J. and Gebremedhin, K.G., 2015. Thermal Biology of Domestic Animals. *Annual Review of Animal Biosciences*, 3, pp.513–532.

Davies, W.J., 2019. Multiple temperature effects on phenology and body size in wild butterflies predict a complex response to climate change. *Ecology*, pp.1–11.

Diaz, R.J. and Rosenberg, R., 2008. Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems. *Science*, 321(5891), pp.926–929.

Doney, S., Bopp, L. and Long, M., 2014. Historical and Future Trends in Ocean Climate and Biogeochemistry. *Oceanography*, 27(1), pp.108–119.

Dove, S.G., Kline, D.I., Pantos, O., Angly, F.E., Tyson, G.W. and Hoegh-Guldberg, O., 2013. Future reef decalcification under a business-as-usual CO₂ emission scenario. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(38), pp.15342–15347.

Drogoudi, P., Kazantzis, K. and Blanke, M.M., 2017. Climate change effects on cherry flowering in northern Greece. *Acta Horticulturae*, (1162), pp.45–50.

Durack, P.J., Wijffels, S.E. and Matear, R.J., 2012. Ocean salinities reveal strong global water cycle intensification during 1950 to 2000. *Science*, 336(6080), pp.455–8.

Eleftheriou, D., Kiachidis, K., Kalmintzis, G., Kalea, A., Bantasis, C., Koumadoraki, P., Spathara, M.E., Tsolaki, A., Tzampazidou, M.I. and Gemitzi, A., 2018. Determination of annual and seasonal daytime and nighttime trends of MODIS LST over Greece - climate change implications. *Science of The Total Environment*, 616–617, pp.937–947.

Enzler, S.M., 2018. *History of the greenhouse effect and global warming*. [online] Available at: <<https://www.lenntech.com/greenhouse-effect/global-warming-history.htm>> [Accessed 15 Apr. 2018].

Fang, J.K.H., Mello-Athayde, M.A., Schönberg, C.H.L., Kline, D.I., Hoegh-Guldberg, O. and Dove, S., 2013. Sponge biomass and bioerosion rates increase under ocean warming and acidification. *Global Change Biology*, 19(12), pp.3581–3591.

Gattuso, J.-P., Magnan, A., Billé, R., Cheung, W.W.L., Howes, E.L., Joos, F., Allemand, D., Bopp, L., Cooley, S.R., Eakin, C.M., Hoegh-Guldberg, O., Kelly, R.P., Pörtner, H.-O., Rogers, A.D., Baxter, J.M., Laffoley, D., Osborn, D., Rankovic, A., Rochette, J., Sumaila, U.R., Treyer, S. and

- Turley, C., 2015. Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO₂ emissions scenarios. *Science*, 349(6243).
- Gerten, D., Lucht, W., Ostberg, S., Heinke, J., Kowarsch, M., Kreft, H., Kundzewicz, Z.W., Rastgooy, J., Warren, R. and Schellnhuber, H.J., 2013. Asynchronous exposure to global warming: Freshwater resources and terrestrial ecosystems. *Environmental Research Letters*, 8(3).
- Google, 2019. *Google maps*. [online] Available at: <<https://www.google.com/maps/>> [Accessed 17 Apr. 2019].
- Hadjinicolaou, P., Giannakopoulos, C., Zerefos, C., Lange, M.A., Pashiardis, S. and Lelieveld, J., 2011. Mid-21st century climate and weather extremes in Cyprus as projected by six regional climate models. *Regional Environmental Change*, 11(3), pp.441–457.
- Han, Q., Wang, T., Jiang, Y., Fischer, R. and Li, C., 2018. Phenological variation decreased carbon uptake in European forests during 1999–2013. *Forest Ecology and Management*, 427, pp.45–51.
- Hoegh-Guldberg, O. and Bruno, J.F., 2010. The Impact of Climate Change on the. *Science*, 19632804(June), pp.1523–1528.
- Hoegh-Guldberg, O., Jacob, D., Taylor, M., Bindi, M., Brown, S., Camilloni, I., Diedhiou, A., Djalante, R., Ebi, K., Engelbrecht, F., Guangsheng, Z., Guiot, J., Hijioka, Y., Mehrotra, S., Payne, A., Seneviratne, S.I., Thomas, A. and Warren, R., 2018. Impacts of 1.5°C Global Warming on Natural and Human Systems. In: V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor and T. Waterfield, eds., *Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change*,. Press, pp.179–311.
- IPCC, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Jacob, D., Kotova, L., Teichmann, C., Sobolowski, S.P., Vautard, R., Donnelly, C., Koutroulis, A.G., Grillakis, M.G., Tsanis, I.K., Damm, A., Sakalli, A. and van Vliet, M.T.H., 2018. Climate Impacts in Europe Under +1.5°C Global Warming. *Earth's Future*, 6(2), pp.264–285.
- Jiménez Cisneros, B.E., Oki, T., Arnell, N.W., Benito, G., Cogley, J.G., Döll, P., Jiang, T. and

- Mwakalila, S.S., 2014. Freshwater resources. In: C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea and L.L. White, eds., *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, pp.229–269.
- Karstensen, J., Fiedler, B., Schütte, F., Brandt, P., Körtzinger, A., Fischer, G., Zantopp, R., Hahn, J., Visbeck, M. and Wallace, D., 2015. Open ocean dead zones in the tropical North Atlantic Ocean. *Biogeosciences*, 12(8), pp.2597–2605.
- Kashevarov, N.I., Osipova, G.M., Ashmarina, L.F., Maluga, A.A., Kazakova, O.A. and Skryabin, Y.S., 2018. Problems of Crop Production and Plant Protection in the Conditions of Climate Changes in Siberia. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 10(10), pp.2547–2548.
- Kinney, P.L., Matte, T., Knowlton, K., Madrigano, J., Petkova, E., Weinberger, K., Quinn, A., Arend, M. and Pullen, J., 2015. New York City Panel on Climate Change 2015 Report Chapter 5: Public Health Impacts and Resiliency. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1336(1), pp.67–88.
- Kipling, R.P., Bannink, A., Bellocchi, G., Dalgaard, T., Fox, N.J., Hutchings, N.J., Kjeldsen, C., Lacetera, N., Sinabell, F., Topp, C.F.E., van Oijen, M., Virkajärvi, P. and Scollan, N.D., 2016. Modeling European ruminant production systems: Facing the challenges of climate change. *Agricultural Systems*, 147, pp.24–37.
- Koufos, G.C., Mavromatis, T., Koundouras, S. and Jones, G. V., 2018. Response of viticulture-related climatic indices and zoning to historical and future climate conditions in Greece. *International Journal of Climatology*, 38(4), pp.2097–2111.
- Kroeker, K.J., Kordas, R.L., Crim, R., Hendriks, I.E., Ramajo, L., Singh, G.S., Duarte, C.M. and Gattuso, J.-P., 2013. Impacts of ocean acidification on marine organisms: Quantifying sensitivities and interaction with warming. *Global Change Biology*, 19(6), pp.1884–1896.
- Kummu, M., Guillaume, J.H.A., de Moel, H., Eisner, S., Flörke, M., Porkka, M., Siebert, S., Veldkamp, T.I.E. and Ward, P.J., 2016. The world's road to water scarcity: shortage and stress in the 20th century and pathways towards sustainability. *Scientific Reports*, 6(1), p.38495.
- Kyriakodis, G.-E. and Santamouris, M., 2018. Using reflective pavements to mitigate urban

heat island in warm climates - Results from a large scale urban mitigation project. *Urban Climate*, 24, pp.326–339.

Lacoue-Labarthe, T., Nunes, P.A.L.D., Ziveri, P., Cinar, M., Gazeau, F., Hall-Spencer, J.M., Hilmi, N., Moschella, P., Safa, A., Sauzade, D. and Turley, C., 2016. Impacts of ocean acidification in a warming Mediterranean Sea: An overview. *Regional Studies in Marine Science*, 5, pp.1–11.

Larsen, J.N., Anisimov, O.A., Constable, A., Hollowed, A.B., Maynard, N., Prestrud, P., Prowse, T.D. and Stone, J.M.R., 2014. Polar regions. In: V.R. Barros, C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea and L.L. White, eds., : *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, pp.1567–1612.

Lehikoinen, A., Lindén, A., Karlsson, M., Andersson, A., Crewe, T.L., Dunn, E.H., Gregory, G., Karlsson, L., Kristiansen, V., Mackenzie, S., Newman, S., Røer, J.E., Sharpe, C., Sokolov, L. V., Steinholtz, Å., Stervander, M., Tirri, I.-S. and Tjørnløv, R.S., 2019. Phenology of the avian spring migratory passage in Europe and North America: Asymmetric advancement in time and increase in duration. *Ecological Indicators*, 101, pp.985–991.

Li, Y., Wang, L., Zhu, G., Fang, W., Cao, K., Chen, C., Wang, X. and Wang, X., 2016. Phenological response of peach to climate change exhibits a relatively dramatic trend in China, 1983–2012. *Scientia Horticulturae*, 209, pp.192–200.

Lindsay, R. and Schweiger, A., 2015. Arctic sea ice thickness loss determined using subsurface, aircraft, and satellite observations. *The Cryosphere*, 9(1), pp.269–283.

Meisner, A. and De Boer, W., 2018. Strategies to maintain natural biocontrol of soil-borne crop diseases during severe drought and rainfall events. *Frontiers in Microbiology*, 9, pp.1–8.

Mortola, J.P. and Frappell, P.B., 2000. Ventilatory Responses to Changes in Temperature in Mammals and Other Vertebrates. *Annual Review of Physiology*, 62, pp.847–874.

Nastos, P.T. and Zerefos, C.S., 2009. Spatial and temporal variability of consecutive dry and wet days in Greece. *Atmospheric Research*, 94(4), pp.616–628.

NOAA, 2018. *Basics of the Carbon Cycle and the Greenhouse Effect*. [online] Available at: <<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/basics.html>> [Accessed 14 Apr. 2018].

- Notenbaert, A.M.O., Cardoso, J.A., Chirinda, N., Peters, M. and Mottet, A., 2017. Climate change impacts on livestock and implications for adaptation: Climate impacts on land use, food production and productivity session. *International Center for Tropical Agriculture (CIAT)*, p.30.
- Orimoloye, I.R., Mazinyo, S.P., Kalumba, A.M., Ekundayo, O.Y. and Nel, W., 2019. Implications of climate variability and change on urban and human health: A review. *Cities*.
- Parker, L.M., Scanes, E., O'Connor, W.A., Coleman, R.A., Byrne, M., Pörtner, H.-O. and Ross, P.M., 2017. Ocean acidification narrows the acute thermal and salinity tolerance of the Sydney rock oyster *Saccostrea glomerata*. *Marine Pollution Bulletin*, 122(1–2), pp.263–271.
- Pechony, O. and Shindell, D.T., 2010. Driving forces of global wildfires over the past millennium and the forthcoming century. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(45), pp.19167–19170.
- Portmann, F.T., Döll, P., Eisner, S. and Flörke, M., 2013. Impact of climate change on renewable groundwater resources: assessing the benefits of avoided greenhouse gas emissions using selected CMIP5 climate projections. *Environmental Research Letters*, 8(2).
- Pörtner, H.-O., Karl, D.M., Boyd, P.W., Cheung, W.W.L., Lluich-Cota, S.E., Nojiri, Y., Schmidt, D.N. and Zavialov, P.O., 2014. Ocean Systems. In: C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea and L.L. White, eds., *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, pp.411–484.
- Rafferty, N.E., 2017. Effects of global change on insect pollinators: multiple drivers lead to novel communities. *Current Opinion in Insect Science*, 23, pp.22–27.
- Renaudeau, D., Gourdine, J.L. and St-Pierre, N.R., 2011. A meta-analysis of the effects of high ambient temperature on growth performance of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 89(7), pp.2220–2230.
- De Rensis, F., Garcia-Ispuerto, I. and López-Gatius, F., 2015. Seasonal heat stress: Clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows. *Theriogenology*, 84(5), pp.659–666.

- Ruiz-Valenzuela, L. and Aguilera, F., 2018. Trends in airborne pollen and pollen-season-related features of anemophilous species in Jaen (south Spain): A 23-year perspective. *Atmospheric Environment*, 180(March), pp.234–243.
- Saikku, L., Rautiainen, A. and Kauppi, P.E., 2008. The sustainability challenge of meeting carbon dioxide targets in Europe by 2020. *Energy Policy*, 36(2), pp.730–742.
- Schmidtko, S., Stramma, L. and Visbeck, M., 2017. Decline in global oceanic oxygen content during the past five decades. *Nature*, 542(7641), pp.335–339.
- Serreze, M.C. and Stroeve, J., 2015. Arctic sea ice trends, variability and implications for seasonal ice forecasting. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 373(2045), p.20140159.
- Settele, J., Scholes, R., Betts, R.A., Bunn, S., Leadley, P., Nepstad, D., Overpeck, J.T. and Taboada, M.A., 2014. Terrestrial and Inland Water Systems. In: C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea and L.L. White, eds., *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York: Cambridge University Press, pp.271–359.
- La Sorte, F.A., Horton, K.G., Nilsson, C. and Dokter, A.M., 2019. Projected changes in wind assistance under climate change for nocturnally migrating bird populations. *Global Change Biology*, 25(2), pp.589–601.
- Spinoni, J., Vogt, J. and Barbosa, P., 2015. European degree-day climatologies and trends for the period 1951-2011. *International Journal of Climatology*, 35(1), pp.25–36.
- Spinoni, J., Vogt, J. V., Barbosa, P., Dosio, A., McCormick, N., Bigano, A. and Füssel, H.M., 2018. Changes of heating and cooling degree-days in Europe from 1981 to 2100. *International Journal of Climatology*, 38, pp.e191–e208.
- Stathis, D. and Mavromatis, T., 2009. Characteristics of precipitation in thessaloniki area, North Greece. *Fresenius Environmental Bulletin*, 18(7 B), pp.1270–1275.
- UN, 2012. *Doha Amendment to the Kyoto Protocol*. Unfccc, .
- UNFCCC, 1998. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. *Review of European Community and International Environmental Law*, 7, pp.214–217.
- United Nations, 2015a. *Paris Agreement*. Paris.

- United Nations, 2015b. *Treaty Collection: Paris Agreement*. Available at: <https://treaties.un.org/pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&clang=_en> [Accessed 14 Dec. 2018].
- United Nations, 2019. *Στόχος 13 - Δράση για το κλίμα*. [online] Available at: <https://www.unric.org/el/index.php?option=com_content&view=article&id=27361:sdg-13&catid=36:sgds-2016&Itemid=72> [Accessed 8 May 2019].
- Valdez, L.D., Sibona, G.J., Diaz, L.A., Contigiani, M.S. and Condat, C.A., 2017. Effects of rainfall on *Culex* mosquito population dynamics. *Journal of Theoretical Biology*, 421, pp.28–38.
- Vassiliadis, S., Plummer, K.M., Powell, K.S. and Rochfort, S.J., 2018. Elevated CO₂ and virus infection impacts wheat and aphid metabolism. *Metabolomics*, 14(10), pp.1–13.
- Wall, E., Wreford, A., Topp, K. and Moran, D., 2010. Biological and economic consequences heat stress due to a changing climate on UK livestock. *Advances in Animal Biosciences*, 1(1), p.53.
- Watson, C.S., White, N.J., Church, J.A., King, M.A., Burgette, R.J. and Legresy, B., 2015. Unabated global mean sea-level rise over the satellite altimeter era. *Nature Climate Change*, 5(6), pp.565–568.
- Wiens, J.J., 2016. Climate-Related Local Extinctions Are Already Widespread among Plant and Animal Species. *PLOS Biology*, 14(12), pp.1–18.
- WMO, 2011. *Guide to Climatological Practices*.
- WMO, 2017. *Wmo Greenhouse Gas Bulletin 2017*.
- Zachariadis, T., 2016. *Climate Change in Cyprus*. Springer International Publishing AG.
- Zhang, Q., Kong, D., Shi, P., Singh, V.P. and Sun, P., 2018. Vegetation phenology on the Qinghai-Tibetan Plateau and its response to climate change (1982–2013). *Agricultural and Forest Meteorology*, 248, pp.408–417.
- Zhao, C., Liu, B., Piao, S., Wang, X., Lobell, D.B., Huang, Y., Huang, M., Yao, Y., Bassu, S., Ciais, P., Durand, J.-L., Elliott, J., Ewert, F., Janssens, I.A., Li, T., Lin, E., Liu, Q., Martre, P., Müller, C., Peng, S., Peñuelas, J., Ruane, A.C., Wallach, D., Wang, T., Wu, D., Liu, Z., Zhu, Y., Zhu, Z. and Asseng, S., 2017. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(35), pp.9326–9331.
- Ziska, L., Knowlton, K., Rogers, C., Dalan, D., Tierney, N., Elder, M.A., Filley, W., Shropshire, J., Ford, L.B., Hedberg, C., Fleetwood, P., Hovanky, K.T., Kavanaugh, T., Fulford, G., Vrtis,

- R.F., Patz, J.A., Portnoy, J., Coates, F., Bielory, L. and Frenz, D., 2011. Recent warming by latitude associated with increased length of ragweed pollen season in central North America. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(10), pp.4248–4251.
- Αρχιτεκτονικό Γραφείο Δημήτρη Ν. Ρίζου, 2012. *Κ.ΕΝ.Α.Κ.- Οι 4 Κλιματικές Ζώνες της Ελλάδας*. [online] Available at: <<https://rizosdimitris.blogspot.com/2012/01/4.html>> [Accessed 10 Jun. 2019].
- Βαλαβανίδης, Θ. and Ευσταθίου, Κ., 2014. *Η χημική ένωση του μήνα: Διοξείδιο του άνθρακα*. [online] Available at: <http://195.134.76.37/chemicals/chem_carbondioxide.htm> [Accessed 21 Apr. 2018].
- Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2019. *Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία*. [online] Available at: <<http://www.hnms.gr/emv/el/>> [Accessed 16 Apr. 2019].
- Εθνικό Τυπογραφείο, 2010. *ΦΕΚ 407/9.4.2010*. [online] Αθήνα. Available at: <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tpree/totee/FEK_407-B-2010_-_KENAK.pdf> [Accessed 10 Jun. 2019].
- ΕΜΕΚΑ, 2011. *Οι Περιβαλλοντικές, Οικονομικές και Κοινωνικές Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στην Ελλάδα*. Τράπεζα της Ελλάδος.
- Κατσαφάδος, Π. and Μαυροματίδης, Η., 2015. *Εισαγωγή Στη Φυσική Της Ατμόσφαιρας Και Την Κλιματική Αλλαγή*. Εκδόσεις Κάλλιπος.
- Μηλιαρέσης, Γ., 2003. *Φωτοερμηνεία - Τηλεπισκόπηση*. Αθήνα: Εκδόσεις Ίων.
- Τμήμα Περιβάλλοντος, 2018. *1η Ετήσια Έκθεση προς το Υπουργικό Συμβούλιο σχετικά με την υλοποίηση των Μέτρων Προσαρμογής της Στρατηγικής και του Σχεδίου Δράσης Προσαρμογής στην Κλιματική Αλλαγή*. Λευκωσία.
- Χαλδούπης, Χ., 2015. *Εισαγωγή στην ατμοσφαιρική φυσική*. Εκδόσεις Κάλλιπος.