



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ



ΣΙΣΜΑΝΗΣ ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ

Ο καύσωνας και η μελέτη επεισοδίων καύσωνα στην περιοχή της
Θεσσαλονίκης για την περίοδο 1951-2019

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2020





ΣΙΣΜΑΝΗΣ ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ
Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5472

Ο καύσωνας και η μελέτη επεισοδίων καύσωνα στην περιοχή της
Θεσσαλονίκης για την περίοδο 1951-2019

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας,

Επιβλέπων

Μπαμπζέλης Δημήτριος

© Ευστάθιος Σισμάνης, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Μετεωρολογίας και
Κλιματολογίας, 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Ο ΚΑΥΣΩΝΑΣ ΚΑΙ Η ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΚΑΥΣΩΝΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 1951-2019 – *Διπλωματική Εργασία*

© Efstathios Sismanis, School of Geology, Dept. of Meteorology and Climatology, 2020
All rights reserved.

HEAT WAVES AND THE STUDY OF HEAT WAVE EPISODES IN THE AREA OF
THESSALONIKI FOR THE PERIOD 1951-2019



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

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



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	10
ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΚΑΥΣΩΝΑ.....	10
2.1 Γενικός ορισμός του καύσωνα	10
2.1.1 Ορισμός επεισοδίου καύσωνα.....	10
2.1.2 Μελέτη του φαινομένου του καύσωνα σε διάφορες περιοχές του κόσμου	12
2.2 Σχηματισμός επεισοδίου καύσωνα.....	14
2.3 Ανίχνευση ημερών καύσωνα χρησιμοποιώντας βιομετεωρολογικούς δείκτες	15
2.3.1 Αισθητή Θερμοκρασία	15
2.3.2 Δείκτης Θερμοκρασίας-Υγρασίας.....	16
2.3.3 Δείκτης Θερμότητας (Heat Index) – Φαινόμενη Θερμοκρασία (Apparent Temperature)	18
2.3.4 Ενθαλπία του αέρα	21
2.4 Επιπτώσεις του καύσωνα	22
2.4.1 Καύσωνας και άνθρωπος.....	22
2.4.2 Καύσωνας και φυτικοί οργανισμοί	23
2.4.3 Καύσωνας και ζωικοί οργανισμοί.....	23
2.5 Ιστορικοί καύσωνες στην Ελλάδα και στην Ευρώπη.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	27
ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΚΑΥΣΩΝΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 1951-2019 ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	27
3.1 Δεδομένα	27
3.2 Μεθοδολογία.....	27
3.3 Αποτελέσματα.....	28
3.3.1 Μελέτη επεισοδίων καύσωνα.....	28
3.3.2 Μελέτη ημερών εντόνου θέρους	31
3.3.3 Κλιματολογικά στοιχεία για τους θερινούς μήνες στη Θεσσαλονίκη	32
3.3.4 Σύγκριση των επεισοδίων καύσωνα με τις μέσες τιμές της θερμοκρασίας ανά μήνα	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	38
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	38
4.1 Σύνοψη	38
4.2 Συμπεράσματα	40
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	44





ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η διπλωματική αυτή εργασία συντάχτηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του Τμήματος Γεωλογίας της Σχολής Θετικών Επιστημών (Σ.Θ.Ε.) του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (Α.Π.Θ.) και του υποχρεωτικού μαθήματος Η' εξαμήνου με κωδικό GGN 873Y «Διπλωματική Εργασία» 6 Διδακτικές Μονάδες και 16 Ευρωπαϊκές Μονάδες – E.C.T.S.

Σκοπός της εργασίας είναι η κατανόηση του φαινομένου του καύσωνα καθώς και η μελέτη των επεισοδίων καύσωνα που εξελίχθηκαν στη περιοχή της Θεσσαλονίκης τη χρονική περίοδο 1951-2019.

Καταρχήν, θα ήθελα να ευχαριστήσω πολύ τον επιβλέπων καθηγητή μου κ. Μπαμπζέλη Δημήτριο, του Τομέα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, για την βοήθεια του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στους καθηγητές του Τμήματος Γεωλογίας (Σ.Θ.Ε., Α.Π.Θ.) τα χρόνια της προπτυχιακής μου πορείας καθώς και στους συναδέλφους για την ανταλλαγή απόψεων όλη αυτή την περίοδο.

Σισμάνης Ευστάθιος

Ο καύσωνας είναι ένα από τα σημαντικότερα καιρικά φαινόμενα που διαταράσσουν σε πολλά επίπεδα την ζωή του ανθρώπου. Για το λόγο αυτό, αποτελεί διαχρονικά αντικείμενο συστηματικής μελέτης. Ανατρέχοντας τόσο στην ελληνική, όσο και στην διεθνή βιβλιογραφία προκύπτει πως δεν υπάρχει ένας γενικώς αποδεκτός ορισμός του εν λόγω φαινομένου. Η δυσκολία αυτή οφείλεται στα ιδιαίτερα μετεωρολογικά χαρακτηριστικά που έχει κάθε τύπος και είναι υπεύθυνα για τον καθορισμό του εκάστοτε επεισοδίου.

Τα ακραία καιρικά φαινόμενα, συμπεριλαμβανόμενου και του καύσωνα, επηρεάζουν διάφορους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας. Ακόμα και μια μικρή μεταβολή στις μέσες τιμές των μετεωρολογικών παραμέτρων είναι ικανή να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό την ένταση των ακραίων γεγονότων και να προκαλέσει επιβλαβείς επιπτώσεις τόσο στα οικοσυστήματα όσο και στην ανθρώπινη κοινωνία.

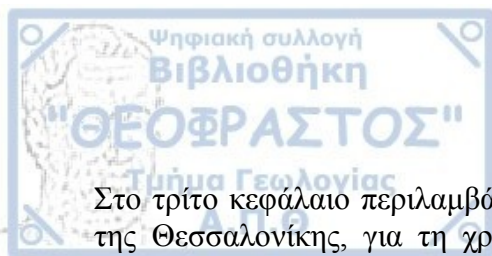
Μεταξύ των επιβλαβών επιπτώσεων που προκαλούν οι υψηλές θερμοκρασίες είναι η καταστροφή της πανίδας και της χλωρίδας μια περιοχής. Οι συνθήκες που δημιουργούνται σχηματίζουν μια απονικτική κατάσταση, με αποτέλεσμα να προσβάλει την υγεία του ανθρώπου και να αυξάνει τα ποσοστά θνησιμότητας. Παρά την εξαιρετική σημασία που έχει για τους οργανισμούς, ο καύσωνας προκαλεί μεγάλο κόστος για την κοινωνία και την οικονομία μιας χώρας. Τομείς που εξαρτώνται από το επίπεδο της θερμοκρασίας, όπως η γεωργία, η κτηνοτροφία, η αλιεία, η δασοκομία, η ενέργεια και ο τουρισμός πλήττονται σε μεγάλο βαθμό. Για όλους τους παραπάνω λόγους είναι πολύ χρήσιμη η μελέτη τέτοιου είδους επεισοδίων.

Πρώτος αντικειμενικός στόχος της εργασίας είναι να παρουσιάσει το φαινόμενο του καύσωνα με στόχο την κατανόησή του, το τρόπο δημιουργίας του, καθώς και τις επιπτώσεις που προκαλεί.

Δεύτερος αντικειμενικός στόχος είναι η μελέτη των επεισοδίων καύσωνα στη Θεσσαλονίκη για το χρονικό διάστημα 1951-2019. Ο εντοπισμός πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας τις ωριαίες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα, οι οποίες προέρχονται από τον Τομέα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Η δομή της εργασίας οργανώνεται στα παρακάτω κεφάλαια ως εξής:

Στο δεύτερο κεφάλαιο δίνεται ο ορισμός του καύσωνα, όπως προτάθηκε από διάφορους ερευνητές ανά τον κόσμο. Γίνεται μια βιβλιογραφική αναφορά του φαινομένου, τόσο στην Ελλάδα, όσο και στη διεθνή κοινότητα. Αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο σχηματίζεται ένα επεισόδιο καύσωνα και παρουσιάζονται οι επιπτώσεις που προκαλεί στους ανθρώπους, στα φυτά και στα ζώα. Επιπλέον, γίνεται αναφορά σε συγκεκριμένες μεθόδους ανίχνευσης ημερών καύσωνα, χρησιμοποιώντας διάφορους βιομετεωρολογικούς δείκτες. Στο τέλος του κεφαλαίου, αναγράφονται σημαντικοί καύσωνες που καταγράφηκαν στον ελλαδικό χώρο και στην Ευρώπη.



Στο τρίτο κεφάλαιο περιλαμβάνεται η μελέτη των επεισοδίων καύσωνα για την περιοχή της Θεσσαλονίκης, για τη χρονική περίοδο 1951-2019, χρησιμοποιώντας τις ωριαίες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα. Κατόπιν υπολογίζονται οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας για τους μήνες Ιούνιο-Ιούλιο-Αύγουστο για τα τελευταία 70 έτη. Τέλος οι τιμές αυτές συγκρίνονται με τις μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας των μηνών που έχουν σημειωθεί τα επεισόδια καύσωνα, με σκοπό τη μελέτη και την αξιολόγηση των διαφορών και των ομοιοτήτων τους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρατίθενται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη σύνθεση και ολοκλήρωση της μελέτης αυτής.

ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΚΑΥΣΩΝΑ

2.1 Γενικός ορισμός του καύσωνα

Σύμφωνα με την μελέτη, τόσο στην ελληνική, όσο και στην διεθνή βιβλιογραφία, είναι δύσκολο να υπάρξει ένας μοναδικός και γενικώς αποδεκτός ορισμός για το φαινόμενο του καύσωνα. Κατά καιρούς έχουν προταθεί διάφοροι όροι, ανάλογα με τα τοπικά κλιματολογικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής. Ανάμεσα σε αυτούς ξεχωρίζουν οι όροι «ημέρα καύσωνα», «επεισόδιο καύσωνα», «θερμό κύμα», «θερμή εισβολή» και «θερμή περίοδος», με κύριο χαρακτηριστικό τους την τοπική ισχύ.

2.1.1 Ορισμός επεισοδίου καύσωνα

Γενικά, όταν η διαφορά της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας από τη μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία, για ένα συγκεκριμένο τόπο, είναι μεγαλύτερη από 10 °C και η σχετική υγρασία είναι αρκετά υψηλή, τότε θεωρείται ότι επικρατούν συνθήκες καύσωνα.

Ο χαρακτηρισμός του καύσωνα μπορεί να γίνει με δυο τρόπους. Ο πρώτος αναφέρεται στην χρονική διάρκεια που εντοπίζονται τα ακραία καιρικά φαινόμενα ενώ ο δεύτερος επικεντρώνεται σε συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Οι προϋποθέσεις αυτές διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή και εξαρτώνται από πολλούς κλιματικούς και γεωμορφολογικούς παράγοντες.

ΕΛΛΑΔΑ

Για τον ελλαδικό χώρο ενδεικτικά, σύμφωνα με την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, μέγιστες θερμοκρασίες ίσες ή άνω των 39°C, ελάχιστες άνω των 26°C, μικρό θερμοκρασιακό εύρος και ασθενείς άνεμοι σε ευρεία γεωγραφική έκταση συνιστούν επεισόδιο καύσωνα.

Υπάρχουν πολλοί ερευνητές που κατά καιρούς μελέτησαν και προσπάθησαν να αποδώσουν τον ορισμό του καύσωνα καθώς και παραπλήσιες έννοιες. Οι ορισμοί που δόθηκαν αναφέρονται σε συγκεκριμένες περιοχές στην Ελλάδα, στην ευρύτερη περιοχή των Βαλκανίων, αλλά και στην Μεσόγειο.

ΘΕΡΜΟ ΚΥΜΑ

Οι Μαριολόπουλος και Καραπιτέρης (1956) ορίζουν για πρώτη φορά το θερμό κύμα ως μία σειρά διαδοχικών ημερών, στην οποία η μέση θερμοκρασία του αέρα κοντά στο έδαφος μιας τουλάχιστον ημέρας, είναι κατά τουλάχιστον 5°C μεγαλύτερη από την μέση θερμοκρασία της αντίστοιχης ημερομηνία που έχει εξαχθεί από παρατηρήσεις της χρονικής περιόδου 1901-1950.

Ο Φλόκας (1970) ορίζει την έννοια της θέρμης εισβολής ως «η αύξηση των τιμών των πρωτευόντων ή δευτερευόντων μεγίστων της θερμοκρασίας του αέρα κατά τουλάχιστον 0,6°C, σε ένα τουλάχιστον Μετεωρολογικό σταθμό της Ελλάδας. Αργότερα ο Φλόκας (1981) ονομάζει ως περίοδο θέρμων εισβολών στο μετεωρολογικό σταθμό του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, κάθε « σειρά διαδοχικών ημερών, οι οποίες χαρακτηρίζονται από τιμές μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας, τουλάχιστον ίσες με την τιμή του αθροίσματος του μέσου όρου της μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας μιας μακράς σειράς ετών και τυπικής απόκλισης του μέσου αυτού».

Οι Μπαλαφούτης και Αρσένη-Παπαδημητρίου (1998) ορίζουν ως “πολύ θερμή περίοδο” στα Νότια Βαλκάνια, κάθε περίοδο τριών τουλάχιστον διαδοχικών ημερών, οι οποίες χαρακτηρίζονται από τιμές μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας μεγαλύτερες από το μακροχρόνιο μέσο όρο της μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας, κατά τουλάχιστον 4°C.

ΤΡΟΠΙΚΗ ΗΜΕΡΑ-ΘΕΡΙΝΗ ΗΜΕΡΑ

Οι Κυριαζόπουλος και Λιβαδάς (1963) εισάγουν τον όρο, τροπική ημέρα στην Ελλάδα, ως «κάθε ημέρα με τιμή ημερήσιας μέσης θερμοκρασίας μεγαλύτερη των 30°C», ένας ορισμός ο οποίος υιοθετήθηκε από τους Αρσένη-Παπαδημητρίου για τους μετεωρολογικούς σταθμούς της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης».

Ο Μπαλαφούτης (1977 α) ορίζει ως θερινή ημέρα για τις περιοχές της Μακεδονίας και της Δυτικής Θράκης, κάθε ημέρα του επτάμηνου Απριλίου-Οκτωβρίου με τιμή ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας μεγαλύτερης των 25°C, ενώ αργότερα η Τσελεπιδάκη (1990) χαρακτηρίζει την θερμή ημέρα, για τους μετεωρολογικούς σταθμούς του Ελληνικούς και της Αράξου, κάθε «ημέρα με τιμή μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας τουλάχιστον ίση με το άθροισμα του μέσου όρου της ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας μιας μακράς σειράς ετών».

ΘΕΡΜΗ ΗΜΕΡΑ-ΗΜΕΡΑ ΚΑΥΣΩΝΑ

Οι Νιάχου κ.α. (1998) ορίζουν ως θερμή ημέρα, για το τετράμηνο Ιουνίου-Σεπτεμβρίου, σε οκτώ Μετεωρολογικούς Σταθμούς του Αιγαίου, «κάθε ημέρα με τιμή μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας μεγαλύτερη των 24°C, ή τιμή μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας μεγαλύτερη των 28°C».

Σύμφωνα με τους Μεταξά και Κάλλο (1979,1980) ως «ημέρα καύσωνα στον ελλαδικό χώρο» ορίζεται κάθε «ημέρα θέρους» κατά την οποία:

1. Η τιμή της μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας στο Μετεωρολογικό Σταθμό Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) να είναι τουλάχιστον 37°C, ενώ η τιμή της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας στον ίδιο Μετεωρολογικό Σταθμό να είναι τουλάχιστον ίση με 31°C.
2. Η τιμή της μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας στο Μετεωρολογικό Σταθμό Λάρισας να είναι τουλάχιστον ίση με 38°C.

Οι Ανδρεάκος και Μποζανάς υποστηρίζουν πως είναι εξαιρετικά δύσκολο να οριστεί μια ημέρα ως ημέρα καύσωνα, μόνο με την τιμή της θερμοκρασίας, διότι θα μπορούσε να αποδοθεί ένα όριο μέγιστης θερμοκρασίας, όπου κάθε μέρα με μεγαλύτερη τιμή από το όριο αυτό θα θεωρείται ημέρα καύσωνα. Για το λόγο αυτό, θεωρούν «ημέρα καύσωνα» στην περιοχή της Αττικής κάθε ημέρα της θερμής περιόδου όπου η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία υπερβαίνει την τιμή που είναι μεγαλύτερη από το 93% του συνόλου των τιμών των ημερήσιων μεγίστων θερμοκρασιών μια μακράς περιόδου.

Τέλος το κριτήριο των Μεταξά και Κάλλο (1979,1980) υιοθετήθηκε από τον Πρεζεράκο (1989) και από τους Μπαλαφούτη και Μακρογιάννη (2000) στη μελέτη της περίπτωσης του καύσωνα το 1999.

2.1.2 Μελέτη του φαινομένου του καύσωνα σε διάφορες περιοχές του κόσμου

Η δυσκολία καταγραφής ενός ορισμού για το φαινόμενο του καύσωνα εντοπίζεται και στην διεθνή βιβλιογραφία. Οι ορισμοί οι οποίοι έχουν αναπτυχτεί, ισχύουν συνήθως σε τοπική κλίμακα (για ένα συγκεκριμένο Μετεωρολογικό Σταθμό) είτε, σε λιγότερες περιπτώσεις, σε εθνικό επίπεδο.

Κάθε χώρα χρησιμοποιεί διαφορετικά όρια στις τιμές των μετεωρολογικών παραμέτρων (θερμοκρασία, υγρασία κ.α.) με αποτέλεσμα οι ορισμοί να διαφέρουν μεταξύ τους τόσο από χώρα σε χώρα, όσο και από την μια ήπειρο στην άλλη.

ΜΕΓΑΛΗ ΒΡΕΤΑΝΙΑ

Στην Μεγάλη Βρετανία, χρησιμοποιούνται αρκετοί ορισμοί για το φαινόμενο του καύσωνα. Ένας από τους πιο χαρακτηριστικούς είναι αυτός του Burt (1992), ο οποίος ονομάζει "θερμή περίοδο" κάθε «περίοδο τουλάχιστον τεσσάρων διαδοχικών ημερών, με τιμές ημερησίας μέγιστης θερμοκρασίας τουλάχιστον ίσες με 32°C».

ΓΑΛΛΙΑ

Σύμφωνα με τον Sneyers (1982), ως θερινή ημέρα στην Γαλλία θεωρείται κάθε «ημέρα με μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία μεγαλύτερη ή ίση με 25 °C».

ΓΕΡΜΑΝΙΑ

Ο Heinemann (1986) ορίζει, για τον Μετεωρολογικό Σταθμό της Βρέμης, ως "θερινή ημέρα" (somertage) κάθε «ημέρα του τριμήνου Ιουνίου-Αυγούστου, με τιμή ημερησίας μέγιστης θερμοκρασίας μεγαλύτερη ή ίση των 25 °C».

Δυο χρόνια αργότερα, οι Jansser et al. (1988) ονομάζουν "θερμή ημέρα" (warmen tage) για τον Μετεωρολογικό Σταθμό Munster, κάθε «ημέρα με τιμή μέσης ημερησίας θερμοκρασίας τουλάχιστον ίση με 20 °C».

Ο Gandino (1990) χρησιμοποιεί κατά βάση δυο κριτήρια για να διακρίνει κατηγορίες "θερμών ημερών" για τον Μετεωρολογικό Σταθμό Ispra. Πρώτο και κυριότερο κριτήριο είναι η μέση ημερήσια και η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία του αέρα, ενώ δεύτερο και συμπληρωματικό κριτήριο είναι η τάση των υδρατμών του αέρα.

Αναλυτικότερα:

1. Ως "θερμή και υγρή ημέρα" θεωρείται κάθε «ημέρα του τριμήνου Ιουνίου-Αυγούστου, με τιμή ημερήσιας μέσης θερμοκρασίας μεγαλύτερη από 20,5 °C, τιμή ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας τουλάχιστον ίση με 26 °C και τιμή τάσης υδρατμών τουλάχιστον ίση με 21 hPa».
2. Ως "θερινή ημέρα με αποπνικτική υγρασία" θεωρείται κάθε «ημέρα του τριμήνου Ιουνίου-Αύγουστου, με τιμή ημερήσιας μέσης θερμοκρασίας τουλάχιστον ίση με 24 °C, τιμή ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας τουλάχιστον ίση με 30 °C και τιμή τάσης υδρατμών τουλάχιστον ίση με 26 hPa».

ΟΛΛΑΝΔΙΑ

Το Ινστιτούτο Μετεωρολογίας της Ολλανδίας (Netherlands Royal Meteorological Institute) ορίζει τον καύσωνα ως « η περίοδος τουλάχιστον πέντε ημερών, σε κάθε μια μέρα από τις οποίες η μέγιστη θερμοκρασία είναι τουλάχιστον 25 °C, συμπεριλαμβανομένου ότι τουλάχιστον τρεις συνεχόμενες ημέρες έχουν μέγιστη θερμοκρασία το λιγότερο 30 °C»

ΙΝΔΙΑ

Η Ινδική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Indian Meteorological Department, 1943) ορίζει για το τετράμηνο Μαρτίου-Ιουνίου:

1. Ως "ημέρα μέτριου καύσωνα" κάθε «ημέρα με τιμή ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας μεγαλύτερη κατά τουλάχιστον 6 °C από το μέσο όρο της ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας για μια μακρά περίοδο του παρελθόντος», και,
2. Ως "ημέρα ισχυρού καύσωνα" κάθε «ημέρα με τιμή ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας μεγαλύτερη κατά τουλάχιστον 8 °C από το μέσο όρο της ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας για μια μακρά περίοδο του παρελθόντος»
- 3.

ΗΝΩΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΕΙΕΣ ΑΜΕΡΙΚΗΣ

Η National Weather Service (2001) για να διαπιστώσει αν εκδηλώνεται καύσωνας, χρησιμοποιεί το Δείκτη Θερμότητας (HI) ο οποίος αποτελεί ένα μέτρο του κατά πόσο η θερμοκρασία του αέρα σε συνδυασμό με τα ποσοστά σχετικής υγρασίας επηρεάζουν στην αίσθηση άνεσης ή δυσφορίας του πληθυσμού, καθώς και τις συνέπειες που μπορεί να υποστεί ο ανθρώπινος οργανισμός.

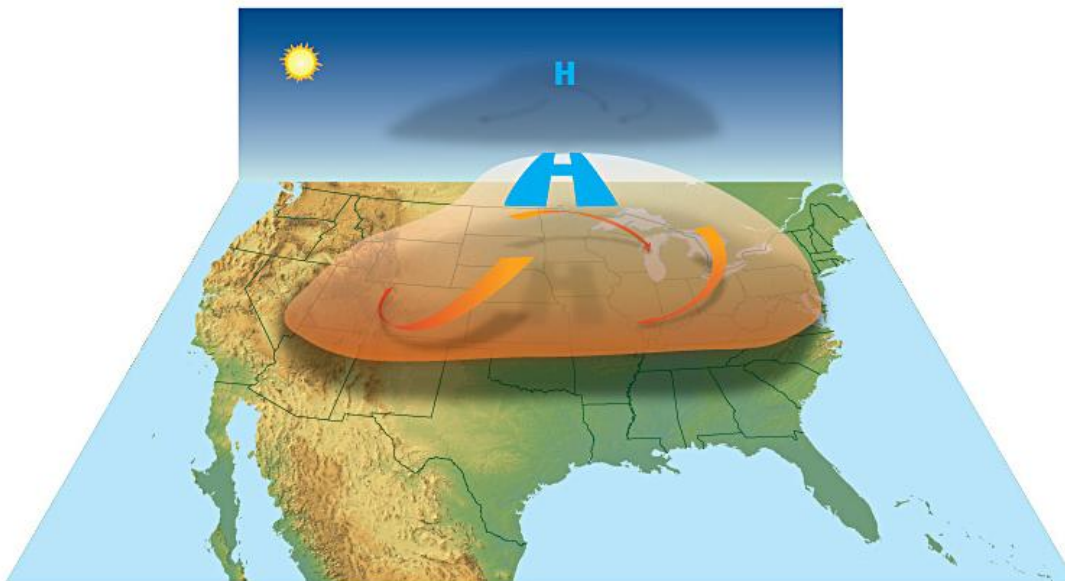
Για να εντοπιστεί ένα επεισόδιο καύσωνα, πρέπει :

1. Η μέγιστη τιμή του Δείκτη Θερμότητας (HI) κατά τη διάρκεια της ημέρας να είναι μεγαλύτερη από 40,6 °C (105 °F)
2. Η μέγιστη τιμή του Δείκτη Θερμότητας (HI) κατά τη διάρκεια της νύχτας να είναι μεγαλύτερη από 26,7 °C (80 °F)

2.2 Σχηματισμός επεισοδίου καύσωνα

Ένα επεισόδιο καύσωνα συνήθως συμβαίνει, όταν ένα σύστημα υψηλής ατμοσφαιρικής πίεσης ενισχύεται και παραμένει σε μια περιοχή για αρκετές ημέρες έως και αρκετές εβδομάδες. Σε ένα τέτοιο σύστημα υψηλής πίεσης, ο αέρας από τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιράς κινείται καθοδικά προς το έδαφος όπου και συμπιέζεται. Αυτός ο βυθισμένος αέρας λειτουργεί ως "θόλος" που καλύπτει την ατμόσφαιρα, εμποδίζοντας τον θερμό αέρα στα κατωτέρα στρώματα, κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, να ανυψωθεί και να ψυχθεί, με αποτέλεσμα να ανακυκλώνεται και να θερμαίνεται όλο και περισσότερο.

Γενικά, σε ένα πεδίο υψηλών πιέσεων οι άνεμοι είναι ασθενείς. Επιπλέον επειδή εμποδίζονται οι ανοδικές κινήσεις της αέριας μάζας υπάρχει μικρή ή καθόλου ανωμεταφορά και συνεπώς μικρά ή καθόλου νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης (cumulus cloud) με ελάχιστες πιθανότητες βροχής. Η απουσία νεφών οδηγεί τη συνεχή τροφοδότηση του εδάφους με ηλιακή ακτινοβολία, θερμαίνοντας ακόμη περισσότερο την περιοχή αυτή. Ο συνδυασμός όλων αυτών των παραγόντων είναι ικανός να δημιουργήσει τις εξαιρετικά θερμές συνθήκες που ονομάζουμε θερμό κύμα.



Σχήμα 2.1 Η υψηλή πίεση στα μεσαία στρώματα της ατμόσφαιρας λειτουργεί ως θόλος ή καπάκι επιτρέποντας τη συσσώρευση θερμότητας στην επιφάνεια της γης (National Weather Service)

Σημαντική είναι η συμμετοχή του Υποτροπικού Αεροχειμάρρου (ΥΑ) στην εκδήλωση επεισοδίων καύσωνα. Κατά τη θερινή περίοδο, που ο ΥΑ πολύ συχνά πνέει σε υψηλά γεωγραφικά πλάτη, η εξάπλωση τροπικών αερίων μαζών προκαλεί επεισόδια καύσωνα. Επιπλέον ο ΥΑ δύναται να ενισχύσει τα επεισόδια καύσωνα δια της μέσο – συνοπτικής κλίμακας αδιαβατικής θέρμανσης δια κατολισθήσεως, είτε εμπρός από αντικυκλωνικά καμπυλωμένα μέγιστα, είτε στο δεξιό τεταρτημόριο εξόδου του αεροχειμάρρου.

Το φαινόμενο του καύσωνα είναι συνηθισμένο το καλοκαίρι (τόσο στο Βόρειο όσο και στο Νότιο Ημισφαίριο). Τα καιρικά φαινόμενα του καλοκαιριού είναι γενικά πιο αργά για να αλλάξουν από ότι το χειμώνα, δηλαδή χαρακτηρίζονται πιο σταθερά. Αυτό έχει ως συνέπεια τη δύσκολη μετακίνηση άλλων συστημάτων καιρού σε μία περιοχή, συνεπώς ένα θερμό κύμα μπορεί να διαρκέσει αρκετές ημέρες ή εβδομάδες. Όσο περισσότερο παραμένει το σύστημα σε μια περιοχή, τόσο πιο ζεστή γίνεται η περιοχή αυτή.

Ειδικότερα για την Ελλάδα η κύρια αιτία επεισοδίων καύσωνα είναι η οριζόντια μεταφορά θερμών αερίων μαζών από την βόρεια Αφρική και η ιδιαίτερα έντονη καθίζηση από τα μέσα της τροπόσφαιρας έως το οριακό στρώμα, η οποία προκαλεί αδιαβατική θέρμανση των αερίων μαζών και συνεπώς ακόμα υψηλότερες θερμοκρασίες στην επιφάνεια (Πρεζεράκος, 1989).

2.3 Ανίχνευση ημερών καύσωνα χρησιμοποιώντας βιομετεωρολογικούς δείκτες

Όπως ήδη έχει αναφερθεί στην προηγούμενη παράγραφο, ο καθορισμός ενός αυστηρού μετεωρολογικού ορισμού για το φαινόμενο του καύσωνα είναι αρκετά δύσκολος. Για το λόγο αυτό, έχουν θεσπιστεί και χρησιμοποιούνται ορισμένα κριτήρια για τον εντοπισμό των ημερών καύσωνα σε μια συγκεκριμένη περίοδο. Τα κριτήρια αυτά βασίζονται στην αίσθηση της θερμικής δυσφορίας που προκαλείται από το φαινόμενο του καύσωνα, με την βοήθεια βιομετεωρολογικών δεικτών (ή δεικτών δυσφορίας).

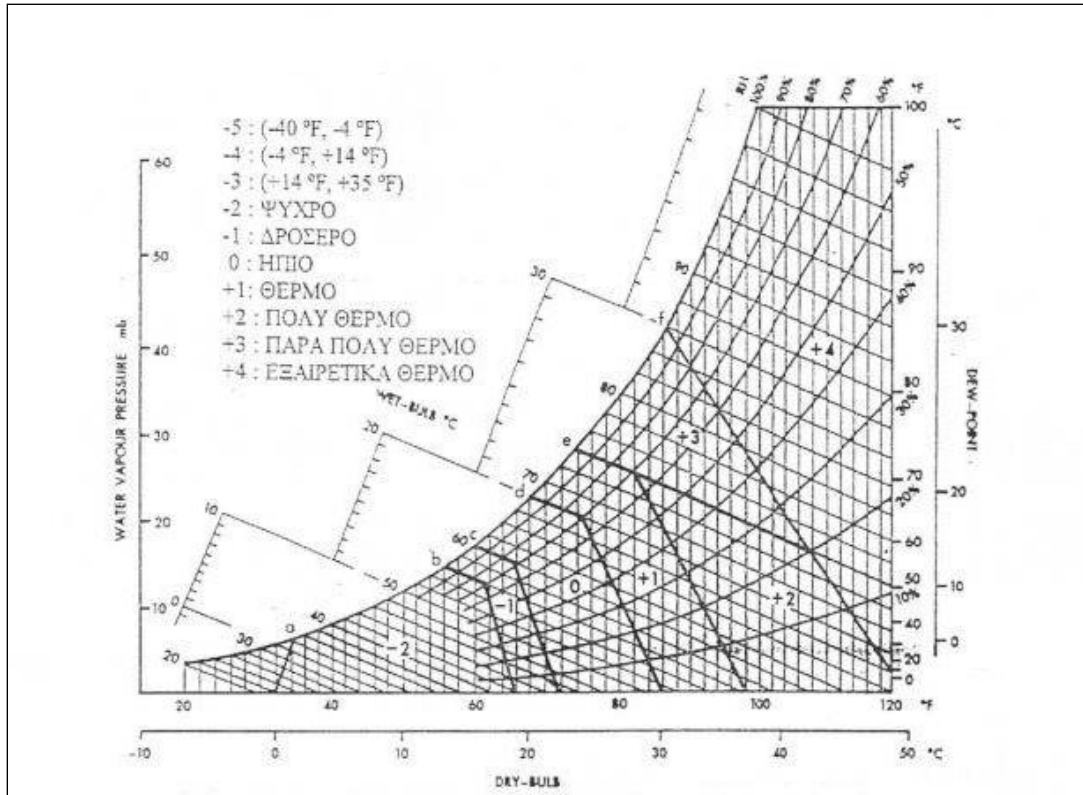
Διάφοροι ερευνητές, σε όλο τον κόσμο, έχουν μελετήσει και διαμορφώσει εμπειρικούς τύπους, που εκφράζουν ποσοτικά την αίσθηση της θερμικής δυσφορίας, με την βοήθεια μετεωρολογικών και βιοφυσικών παραμέτρων. Οι πιο σημαντικοί μετεωρολογικοί παράγοντες είναι η θερμοκρασία και η υγρασία του αέρα, και σε δευτερεύον ρόλο η επίδραση της ταχύτητας του ανέμου και της ακτινοβολίας, ενώ οι βιοφυσικοί παράμετροι που ρυθμίζουν το επίπεδο διαμόρφωσης της θερμικής δυσφορίας είναι κυρίως το επίπεδο δραστηριότητας των ατόμων και η θερμομονωτική ικανότητα των ενδυμάτων τους.

2.3.1 Αισθητή Θερμοκρασία

Η Αισθητή Θερμοκρασία (Effective Temperature – ET) αποτελεί ένα εμπειρικό δείκτη δυσφορίας, ο οποίος εκφράζει την «επίδραση της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της ταχύτητας κίνησης του αέρα, στην αίσθηση του θερμού ή ψυχρού που βιώνει το ανθρώπινο σώμα» σύμφωνα με τους Houghton and Yaglou (1923,1924). Οι τιμές προέκυψαν ύστερα από πολυάριθμα πειράματα, Αμερικανών πολιτών, στους κλιματικούς θαλάμους των εργαστηρίων της Αμερικανικής Ένωσης Μηχανικών Θέρμανσης και Εξαερισμού (American Society of Heating and Ventilation Engineers, ASHVE).

Από την μελέτη και την ανάλυση των αποτελεσμάτων των παραπάνω πειραμάτων προέκυψε μια σειρά διαγραμμάτων του δείκτη ET, το όποια ονομάζονται ψυχομετρικά διαγράμματα ή διαγράμματα θερμικής άνεσης (comfort charts).

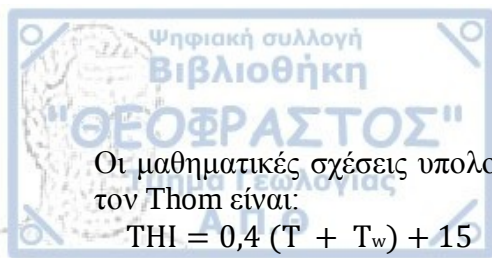
Τα ψυχομετρικά διαγράμματα δίνουν, για κάθε τιμή αισθητής θερμοκρασίας, το ποσοστό (%) των ατόμων που αισθάνονται θερμική δυσφορία. Τα διαγράμματα αυτά, διαιρούνται σε περιοχές θερμικής άνεσης ή δυσφορίας, κάθε μια από τις οποίες περιλαμβάνει ένα σύνολο σημείων με συντεταγμένες x και y. Η τετμημένη x αντικατοπτρίζει μια τιμή ET ενώ η τεταγμένη y, το ποσοστό (%) των ανθρώπων που αισθάνεται θερμική δυσφορία, για μια συγκεκριμένη τιμή ET.



Σχήμα 2.2. Διάγραμμα θερμικής άνεσης (Terjung, 1968)

2.3.2 Δείκτης Θερμοκρασίας-Υγρασίας

Ο Δείκτης Θερμοκρασίας-Υγρασίας (Temperature-Humidity Index, THI) προτάθηκε από τον Thom (1957,1959) και ορίζεται ως η «αριθμητική τιμή της θερμοκρασίας τεχνητού περιβάλλοντος, κορεσμένου σε υγρασίας και σε κατάσταση άπνοιας, συνθήκες οι οποίες προκαλούν σε ένα πληθυσμό ατόμων θερμική αίσθηση παρόμοια με αυτή που προκαλεί ο πραγματικός αέρας του περιβάλλοντος». Ο δείκτης αυτός αναφέρεται δηλαδή, πως αισθάνεται ο άνθρωπος την θερμοκρασία ανάλογα με το ποσό του νερού που εξατμίζεται στον αέρα, αποδίδοντας την σε αριθμητικές σχέσεις που βασίζονται στα διαγράμματα του δείκτη ET.



Οι μαθηματικές σχέσεις υπολογισμού του δείκτη Θερμοκρασίας-Υγρασίας σύμφωνα με τον Thom είναι:

$$THI = 0,4 (T + T_w) + 15 \quad (\text{Σχέση 2.1})$$

$$THI = T - (0,55 - 0,55RH)(T - 58) \quad (\text{Σχέση 2.2})$$

$$THI = 0,55T + 0,2T_{dp} + 17,5 \quad (\text{Σχέση 2.3})$$

όπου:

T είναι η θερμοκρασία του ξηρού θερμομέτρου (σε F°)

T_w είναι η θερμοκρασία του υγρού θερμομέτρου (σε F°)

T_{dp} είναι η θερμοκρασία του σημείου δρόσου (σε F°)

RH είναι η σχετική υγρασία του αέρα (σε δεκαδική μορφή)

καθώς επίσης και οι σχέσεις:

$$THI = 0,4 (T + T_w) + 4,8 \quad (\text{Σχέση 2.4})$$

$$THI = T - 0,55(1 - 0,01 RH)(T - 14,5) \quad (\text{Σχέση 2.5})$$

$$THI = 0,72 (T + T_{dp}) + 40,6 \quad (\text{Σχέση 2.6})$$

όπου:

T είναι η θερμοκρασία του ξηρού θερμομέτρου (σε C°)

T_w είναι η θερμοκρασία του υγρού θερμομέτρου (σε C°)

T_{dp} είναι η θερμοκρασία του σημείου δρόσου (σε C°)

RH είναι η σχετική υγρασία του αέρα (σε δεκαδική μορφή)

Το ποια σχέση θα χρησιμοποιηθεί για τον καλύτερο υπολογισμό των τιμών του δείκτη THI, καθορίζεται ανάλογα με τα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα.

Οι Ruffner and Bair (1977) συσχετίζουν τις βαθμίδες συνθηκών θερμοκρασίας και υγρασίας με ισοδύναμες τιμές του δείκτη THI. Καθορίστηκαν, συνεπώς ζώνες τιμών THI, που βασίζονται στην δυσφορία που αισθάνεται ένα ενδεδυμένο άτομο, απασχολούμενο με καθιστική δραστηριότητα, υπό συνθήκες αέρα, χαρακτηριζόμενου από νημενία

Οι Barrow and Karacostas (1996) προτείνουν τις εξής βαθμίδες, οι οποίες δίνονται στον παρακάτω Πινάκα 2.2.1.

Πινάκας 2.2.1 Βαθμίδες τιμών THI (Barrow and Karacostas, 1996)

THI	Χαρακτηρισμός	Περιγραφή
$69 \leq THI < 75$	Ήπια	Λίγα άτομα νιώθουν δυσφορία
$75 \leq THI < 80$	Μέτρια	Σχεδόν το 50% των ατόμων νιώθουν δυσφορία
$80 \leq THI < 84$	Σοβαρή	Σχεδόν όλοι νιώθουν δυσφορία
$84 \leq THI < 92$	Έντονη	Ταχέως ελάττωση της απόδοσης στην εργασία
$92 \leq THI$	Εξαιρετική	Εξαιρετικά επικίνδυνη κατάσταση

Σε αρκετές περιπτώσεις, όταν η θερμοκρασία εκφράζεται σε °C, χρησιμοποιείται η κλίμακα βαθμίδων τιμών του δείκτη THI, που προτάθηκε από τον Thom (1959), Πίνακας 2.2.2.

Πίνακας 2.2.2 Βαθμίδες τιμών THI (Thom, 1959)

THI	Περιγραφή
THI < 21	Κανένας δεν νιώθει δυσφορία
21 ≤ THI < 24	Το 10% του πληθυσμού νιώθει δυσφορία
24 ≤ THI < 26	Το 50% του πληθυσμού νιώθει δυσφορία
26 ≤ THI < 26,7	Το σύνολο του πληθυσμού νιώθουν δυσφορία
26,7 ≤ THI	Η δυσφορία γίνεται επικίνδυνη

Αργότερα, η National Weather Service (2001) προτείνει μια νέα σχέση και κατάταξη για τον δείκτη Θερμοκρασίας-Υγρασίας, THI. Πίνακας 2.2.3

$$THI = 0,4 \times (\text{θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου} + \text{θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου})$$

(Σχέση 2.7)

όπου η θερμοκρασία μετράται σε °F

Πίνακας 2.2.3 Βαθμίδες τιμών THI (National Weather Service, 2001)

THI	Περιγραφή
THI = 70	Οι άνθρωποι αισθάνονται άνετα
THI = 75	Το 50% των ανθρώπων δεν αισθάνεται άνετα
THI = 80	Ποσοστό μεγαλύτερο από 50% δεν αισθάνεται άνετα

2.3.3 Δείκτης Θερμότητας (Heat Index) – Φαινόμενη Θερμοκρασία (Apparent Temperature)

Ο Δείκτης Θερμότητας (Heat Index, HI) αποτελεί έναν πολύ ικανοποιητικό υπολογισμό για την δυσφορία που αισθάνεται ένα άτομο, όταν η θερμοκρασία συνδυάζεται με την υγρασία. Ο George Alfred Winterling (1978) δημιουργεί τον όρο "humiture" (humidity + temperature) και ένα χρόνο αργότερα η National Weather Service υιοθετεί τον όρο σαν Δείκτη Θερμότητας (Heat Index).

Ο υπολογισμός του Δείκτη Θερμότητας (HI) πραγματοποιείται με την παρακάτω σχέση και θεωρείται ότι ισχύει για θερμοκρασίες 80 °F ή υψηλότερες και σχετική υγρασία 40% ή μεγαλύτερη.

$$HI = -42,379 + 2,04901523 \times T_f + 10,14333127 \times RH - 0,22475541 \times (T_f) \times (RH) - 6,83783 \times 10^{-3} \times (T_f^2) - 5,481717 \times 10^{-3} \times (RH^2) + 1,22874 \times 10^{-3} \times (T_f^2) \times (RH) + 8,5282 \times 10^{-4} \times (T_f) \times (RH^2) - 1,99 \times 10^{-6} \times (T_f^2) \times (RH^2)$$

(Σχέση 2.8)

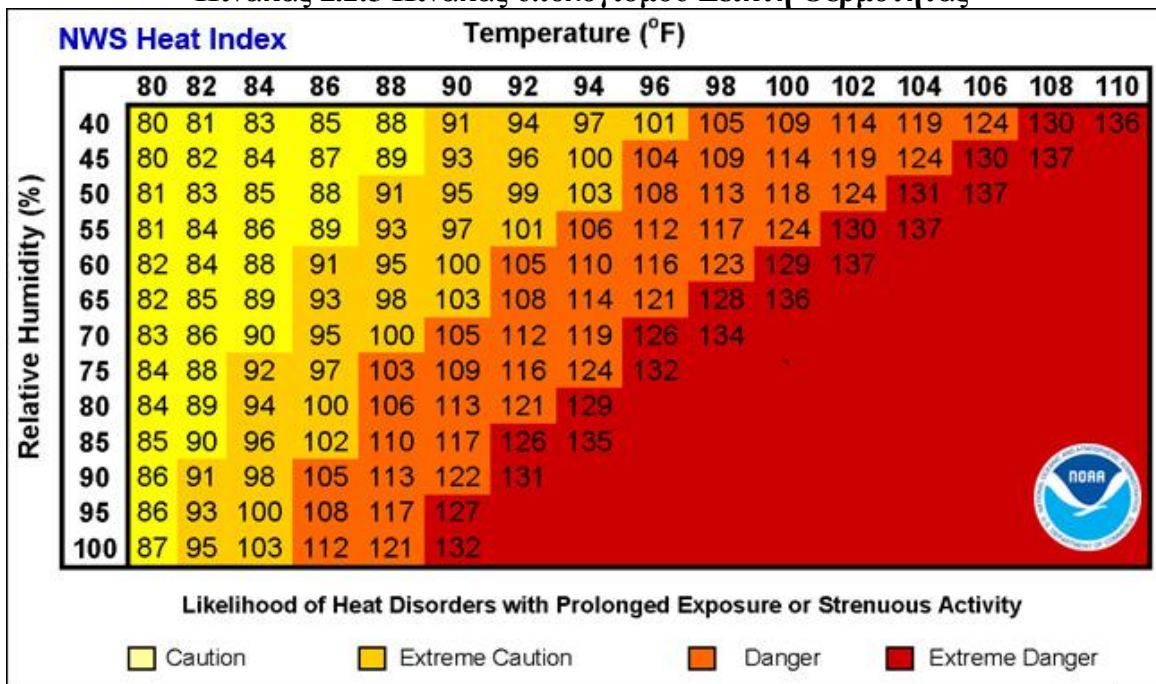
όπου:

T_f είναι η θερμοκρασία του αέρα σε °F

RH είναι η σχετική υγρασία σε % ποσοστό

Το NWS προσφέρει επίσης ένα γράφημα (Πινάκας 2.2.5) Δείκτη Θερμότητας για περιοχή με υψηλή θερμότητα αλλά χαμηλή σχετική υγρασία. Δεδομένου ότι οι τιμές του Δείκτη Θερμότητας εξάχθηκαν υπό σκιά και με ελαφρύ άνεμο, η έκθεση σε πλήρη ηλιοφάνεια μπορεί να αυξήσει τις τιμές του Δείκτη Θερμότητας έως και 15 ° F. Επίσης, οι ισχυροί άνεμοι, ιδιαίτερα με πολύ ζεστό και ξηρό αέρα, μπορεί να είναι εξαιρετικά επικίνδυνοι.

Πινάκας 2.2.5 Πίνακας υπολογισμού Δείκτη Θερμότητας



Η αντιμετώπιση της αυξανόμενης θερμοκρασίας από τον κάθε οργανισμό είναι διαφορετική ανάλογα με την ηλικία, την υγεία και τα χαρακτηριστικά του σώματος. Όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα 2.2.6, οι δείκτες θερμότητας που πληρούν ή υπερβαίνουν τους 103 ° F μπορεί να οδηγήσουν σε επικίνδυνες θερμικές διαταραχές με παρατεταμένη έκθεση ή / και φυσική δραστηριότητα στη θερμότητα.

Πίνακας 2.2.6 Κλίμακα μεταβολής της φαινόμενης θερμοκρασίας

80 °F – 90 °F	Κόπωση, πιθανόν λόγω παρατεταμένης έκθεσης και φυσικής δραστηριότητας
90 °F – 105 °F	Ηλίαση, θερμικές κράμπες και θερμική εξουθένωση, πιθανόν λόγω παρατεταμένης έκθεσης και φυσικής δραστηριότητας
105 °F – 130 °F	Ηλίαση, θερμικές κράμπες και θερμική εξουθένωση Θερμοπληξία, πιθανόν λόγω παρατεταμένης έκθεσης και φυσικής δραστηριότητας
130 °F ή περισσότερο	Θερμοπληξία ή ηλίαση (η θερμοπληξία προέρχεται από το συνδυασμό της υψηλής θερμοκρασίας και της υψηλής υγρασίας, ενώ η ηλίαση είναι ένα είδος θερμοπληξίας και προέρχεται από την υπερέκθεση στον ήλιο)

Η μελέτη του Winterling (1978) και του National Weather Service (1979) για το Δείκτη Θερμότητας βασίστηκε στην έρευνα του Steadman για την φαινόμενη θερμοκρασία. (Apparent Temperature, AT). Ο δείκτης αυτός προτάθηκε από τον Steadman (1979a, 1979b, 1984) και ορίζεται ως «η θερμοκρασιακή επίδραση στο μέσο άνθρωπο αέρα σε άπνοια και χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένες θερμοϋγρομετρικές συνθήκες».

Οι ωριαίες (ή ημερήσιες) τιμές του δείκτη AT υπολογίζονται από τον παρακάτω τύπο του Steadman (1979a, 1979b):

$$AT = 2,719 + 0,094 \times T_a + 0,016 \times (T_d)^2 \quad (\text{Σχέση 2.9})$$

όπου:

T_a είναι η ωριαία (ή ημερήσια) τιμή της θερμοκρασίας του αέρα σε °C

T_d είναι η ωριαία (ή ημερήσια) τιμή της θερμοκρασίας του σημείου δρόσου σε °C

Επίσης, εμπειρικές τιμές του δείκτη Φαινόμενης Θερμοκρασίας δίνονται απευθείας από τις τιμές (σε °C) της θερμοκρασίας του ξηρού θερμομέτρου και της θερμοκρασίας του σημείου δρόσου, στον παρακάτω Πινάκα 2.2.7.

Πίνακας 2.2.7 Τιμές του δείκτη AT σε °C (Steadman, 1979a)

T(°C)	T _{dp} (°C)															
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
20	18	18	18	19	19	19	20	20	21	21	21					
22	20	20	21	21	21	22	22	22	22	23	23	24				
24	22	23	23	23	23	24	24	24	24	25	25	26	26			
26	24	25	25	25	25	25	26	26	26	27	27	28	29	30		
28	26	27	27	27	27	27	28	28	29	29	30	31	32	33	36	
30	28	28	28	29	29	29	30	30	31	31	32	33	35	36	38	45
32	30	30	30	31	31	31	31	32	33	33	34	36	37	39	41	50
34	32	32	32	33	33	33	33	34	35	36	37	38	40	42	45	
36	33	33	34	34	34	35	35	36	37	38	39	41	43	45	48	
38	35	35	35	36	36	37	37	38	39	41	42	44	46	49	52	
40	36	37	37	38	38	39	39	40	41	43	45	47	49	52		
42	38	38	39	39	40	40	41	42	43	45	47	49	52			
44	40	40	41	41	42	42	43	44	45	47	49	52				
46	42	42	42	43	44	44	45	46	47	49	51					
48	43	44	44	45	45	45	46	48	49	51						
50	45	45	46	46	47	47	48	50	52							

Χαρακτηριστικό παράδειγμα χρησιμοποίησης του δείκτη AT στην ποσοτική απόδοση της θερμικής δυσφορίας αποτελεί η μελέτη των Μαχαίρα και Μπαλαφούτη (1992), στην οποία υπολογίζονται για τον μετεωρολογικό σταθμό Αθήνας, οι ημερήσιες τιμές AT των ημερών του εξαμήνου Μάιος-Οκτώβριος για μια σειρά ετών. Οι τιμές αυτές υπολογίζονται από την παρακάτω σχέση, η οποία ισχύει ειδικά για την Ελλάδα:

$$AT = 1,002 \times Ta + 0,399 \times Td - 4,358 \quad (\text{Σχέση 2.10})$$

όπου:

T_a είναι η ωριαία (ή ημερήσια) τιμή της θερμοκρασίας του αέρα σε °C

T_d είναι η ωριαία (ή ημερήσια) τιμή της θερμοκρασίας του σημείου δρόσου σε °C

2.3.4 Ενθαλπία του αέρα

Ένας σημαντικός δείκτης για την μελέτη της δυσφορίας είναι η ενθαλπία του αέρα (Air Enthalpy, i) (Gregorczyk; 1968, Μπαλαφούτης; 1977b, Giles and Balafoutis; 1984, Μπαλαφούτης και Μαχαίρας; 1986, κλπ.). Η ενθαλπία (i) εκφράζεται ως συνάρτηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας του αέρα και μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση των Bradtke and Liese (1952):

$$i = 0,24 \times t + \frac{0,622}{(P - e)} * (0,46 \times t + 595) \times e \quad (\text{Σχέση 2.11})$$

όπου:

i είναι η ενθαλπία του αέρα Kcal/Kgr

t είναι η θερμοκρασία του αέρα σε °C

P είναι η ατμοσφαιρική πίεση σε mmHg

e είναι η τάση των υδρατμών σε mmHg

Ο Brazol (1951, 1954) καθιέρωσε μια κλίμακα τιμών ενθαλπίας, αντιστοιχώντας τις με τις συνθήκες δυσφορίας στην περιοχή της Αργεντινής, (Πίνακας 2.2.8).

Πίνακας 2.2.8 Βαθμίδες τιμών ενθαλπίας (Brazol, 1951)

Είδη Κλιμάτων	i	Περιγραφή
Υπόθερμα	$i \leq 2,5$	Πολύ ψυχρός αέρας
	$2,5 \leq i \leq 3,5$	Ψυχρός αέρας
	$3,5 \leq i \leq 3,5$	Πολύ δροσερός αέρας
	$6 \leq i \leq 3,5$	Δροσερός αέρας
Θερμικώς άριστα	$7,5 \leq i \leq 3,5$	Ανεκτά δροσερός αέρας
	$8,5 \leq i \leq 3,5$	Ιδανική θερμοκρασία αέρα
	$10 \leq i \leq 3,5$	Ανεκτά θερμός αέρας
Υπέρθερμα	$11 \leq i \leq 3,5$	Πολύ θερμός αέρας
	$12 \leq i \leq 3,5$	Θερμικά δυσάρεστος αέρας
	$19 \leq i \leq 3,5$	Καύσωνας
	$26 \leq i \leq 3,5$	Ισχυρός καύσωνας
	$31 \leq i$	Κατάσταση θερμοπληξίας

Ο Πίνακας 2.2.8 χρησιμοποιήθηκε και στις μελέτες Ελλήνων ερευνητών για την απόδοση της θερμικής δυσφορίας με την βοήθεια της ενθαλπίας του αέρα. Ο Μπαλαφούτης (1977β) και οι Gilles και Μπαλαφούτης (1984) υπολόγισαν τις μέσες μηνιαίες τιμές της ενθαλπίας των θερινών μηνών για το Μετεωρολογικό Σταθμό Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ), ενώ λίγα χρόνια αργότερα πραγματοποιήθηκε μια ακόμα μελέτη, Μπαλαφούτης και Μαχαίρας (1986) σε πολλούς άλλους μετεωρολογικούς σταθμούς της Ελλάδας, με σκοπό την κατάταξη των θερινών μηνών από απόψεως δυσφορίας.

2.4 Επιπτώσεις του καύσωνα

2.4.1 Καύσωνας και άνθρωπος

Οι υψηλές θερμοκρασίες και η μεγάλη σχετική υγρασία μπορούν να οδηγήσουν σε δυσμενείς καταστάσεις για την υγεία του ανθρώπου. Η υπερθερμία, γνωστή και ως θερμοπληξία είναι μια απειλητική για τη ζωή κατάσταση, ειδικά σε άτομα που βρίσκονται στις ευπαθείς ομάδες. Στην κατηγορία αυτή, που χρειάζονται περισσότερο προσοχή κατά τη διάρκεια ενός επεισοδίου καύσωνα είναι:

- Τα βρέφη και τα παιδιά ηλικίας έως τεσσάρων ετών που βασίζονται σε άλλους για να ρυθμίσουν το περιβάλλον τους και να τους παρέχουν επαρκή υγρά.
- Άτομα ηλικίας 65 ετών και άνω που αδυνατούν να αντισταθμίσουν αποτελεσματικά το θερμικό στρες και είναι λιγότερο πιθανό να αισθανθούν και να ανταποκριθούν στην αλλαγή της θερμοκρασίας.
- Άτομα που είναι υπέρβαρα μπορεί να είναι επιρρεπή σε ζέστη λόγω της τάσης τους να διατηρούν περισσότερη θερμότητα στο σώμα.
- Άτομα που είναι σωματικά άρρωστοι, ειδικά με καρδιακές παθήσεις ή υψηλή αρτηριακή πίεση, ή παίρνουν ορισμένα φάρμακα για καταστάσεις όπως κατάθλιψη, αϋπνία, κακή κυκλοφορία.

Σε αρχικό στάδιο, όταν οργανισμός εκτεθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα σε συνθήκες καύσωνα, είναι πιθανό να υποστεί θερμική εξάντληση, η οποία θεωρείται ως ο πρόδρομος της θερμοπληξίας. Στην περίπτωση αυτή, ο άνθρωπος εμφανίζει ήπια συμπτώματα όπως διάρροια, κεφαλαλγία, ναυτία και έμετο, ζάλη, ταχυκαρδία, αδιαθεσία και μυαλγία, τα οποία αντιμετωπίζονται με ξεκούραση, άφθονα υγρά και αποφυγή της ζέστης και μερικές ημέρες. Εάν δεν ακολουθηθούν οι απαραίτητες συμβουλές μπορεί να οδηγήσουν σε απειλητική για την ζωή κατάσταση, όπως είναι η θερμοπληξία. Τα συμπτώματα που παρουσιάζονται είναι η υψηλή θερμοκρασία σώματος, απουσία εφίδρωσης, ζεστό κόκκινο ή ξηρό δέρμα, ταχυπαλμία, ταχύπνοια, παραισθήσεις, σύγχυση, επιληπτική κρίση, κώμα.

Σύμφωνα με την National Association of Medical Examiners (NAME) για να θεωρηθεί ότι ο θάνατος προκλήθηκε από θερμοπληξία, πρέπει η θερμοκρασία του σώματος κατά τη στιγμή του θανάτου να ήταν τουλάχιστον 105 °F (40,5 °C). Ωστόσο, η θερμότητα συχνά δεν αναφέρεται ως η υποκείμενη αιτία θανάτου στα πιστοποιητικά θανάτου και η επίπτωση μπορεί επομένως να υποτιμηθεί σοβαρά.

Οι καρδιαγγειακές, αναπνευστικές ή / και εγκεφαλοαγγειακές παθήσεις αναφέρονται συνήθως ως η υποκείμενη αιτία θανάτου, επειδή τα άτομα με αυτές τις προϋπάρχουσες ασθένειες είναι πιο ευαίσθητα στον θάνατο κατά τη διάρκεια θερμικών κυμάτων (π.χ. θάνατος από έμφραγμα του μυοκαρδίου, εγκεφαλικό επεισόδιο).

Ο καύσωνας αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά ακραία καιρικά φαινόμενα, τα οποία επηρεάζουν την υγεία του ανθρώπου. Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής είναι το πιο θανατηφόρο καιρικό φαινόμενο, όπου ο μέσος ετήσιος αριθμός θανάτων που οφείλονται άμεσα στην υψηλή θερμοκρασία είναι περίπου 400. Μεταξύ 1992 και 2001, οι θάνατοι από υπερβολική θερμότητα στις Ηνωμένες Πολιτείες ήταν 2.190, σε σύγκριση με 880 θανάτους από πλημμύρες και 150 από τυφώνες.

2.4.2 Καύσωνας και φυτικοί οργανισμοί

Οι αυξημένες ημερήσιες ή εποχιακές μεταβολές στην θερμοκρασία του αέρα, μπορεί να επιδράσουν καθοριστικά στη φυσιολογική λειτουργία ενός φυτικού οργανισμού. Τα φυτά έχουν συγκεκριμένες θερμικές απαιτήσεις που διαμορφώνονται από το χώρο διαβίωσης τους. Στις περιπτώσεις που εμφανίζονται ακραίες θερμικές συνθήκες, αδυνατούν να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο και υφίστανται σημαντικές βλάβες.

Οι υψηλές θερμοκρασίες είναι ικανές να προκαλέσουν αφυδάτωση των φυτικών ιστών, διότι μεγαλώνει η διάφορα της τάσης των υδρατμών των φύλλων με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Επιπλέον όταν οι θερμοκρασίες είναι μεγαλύτερες των αντοχών των φυτικών οργανισμών, οι συνέπειες μπορεί να είναι καταστροφικές, οδηγώντας το φυτό στην μερική ή ολική ξήρανση του. Το μέγεθος της βλάβης που προκαλείται στον φυτικό οργανισμό εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες, οι όποιοι μπορεί να είναι μετεωρολογικοί ή βιολογικοί. Οι μετεωρολογικοί παράγοντες επικεντρώνονται στη ένταση και στη διάρκεια του καύσωνα, ενώ οι βιολογικοί αφορούν την ηλικία, την θρεπτική και την υγιεινή κατάσταση του φυτού.

Στην Ελλάδα, ένα επεισόδιο καύσωνα μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στις καλλιέργειες, κάνοντας τα φυτικά προϊόντα μη εμπορεύσιμα. Οι κηπευτικές καλλιέργειες είναι οι περισσότερο ευάλωτες στις υψηλές θερμοκρασίες, προκαλώντας βλάβες στη βλάστηση και στους καρπούς φυτικών οργανισμών όπως της ντομάτας, της πιπεριάς, του φασολιού, της πεπονιάς. Επίσης θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 40°C και διάρκειας πολλών ημερών, είναι ικανές να προσβάλουν καλλιέργειες αμπελιού, προκαλώντας εγκαύματα και αφυδάτωση στο σταφύλι.

2.4.3 Καύσωνας και ζωικοί οργανισμοί

Οι ζωικοί οργανισμοί έχουν την ικανότητα να διατηρήσουν την θερμοκρασία του σώματος τους σε κανονικά επίπεδα, όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι υψηλή. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφίδρωση και την αναπνευστική οδό. Σε περιπτώσεις όμως ισχυρού και εκτεταμένου καύσωνα, οι διαδικασίες αυτές δεν είναι ικανές να ανταπεξέλθουν τις συνθήκες, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται δυσμενείς ακόμα και θανατηφόρες καταστάσεις.

Το σημαντικότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι ζωικοί οργανισμοί είναι αυτό της υπερθερμίας. Στην περίπτωση αυτή η παραγόμενη θερμότητα του οργανισμού είναι μεγαλύτερη από την αποβαλλομένη. Υπερθερμία μπορεί να εμφανίσει ένας οργανισμός από παρατεταμένη σωματική άσκηση, κάτω από ακραίες καιρικές συνθήκες, όπως εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες του αέρα και υψηλή σχετική υγρασία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η θερμοκρασία των σωμάτων των ζώων να είναι μεγαλύτερη από αυτή που μπορεί να αντέξουν και η μεγάλη παραμονή τους στις συνθήκες αυτές να οδηγήσουν στο θάνατο.

Τα ζώα, τα οποία είναι πιο ευάλωτα σε ένα επεισόδιο καύσωνα, είναι τα αιγοπρόβατα, οι σκύλοι και οι όρνιθες. Αυτό οφείλεται στον περιορισμένο ρόλο της θερμορρύθμισης του σώματος του με την διαδικασία της εφίδρωσης, οπότε αυτή επιτυγχάνεται δια της αναπνοής (ταχύπνοια). Στα ιπποειδή, η αύξηση της θερμοκρασίας κατά 5°C μεγαλύτερη από τα όρια αντοχής τους, μπορεί να οδηγήσει ακόμα και στο θάνατο. Τέλος τα θηλαστικά είναι ικανά να αντιμετωπίσουν με μεγαλύτερη ευκολία χαμηλές θερμοκρασίες σε σχέση με τις υψηλές.

2.5 Ιστορικοί καύσωνες στην Ελλάδα και στην Ευρώπη

Οι υψηλές θερμοκρασίες του αέρα, δεν αποτελούν ασυνήθιστο γεγονός για την Ελλάδα. Κατά καιρούς έχουν εμφανιστεί θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 40°C , ωστόσο δεν διήρκεσαν αρκετές ημέρες ώστε να αποτελούν ένα επεισόδιο καύσωνα. Ένα τέτοιο περιστατικό συνέβη στις 10 Ιουλίου του 1977 όπου ο Μετεωρολογικός Σταθμός της Ελευσίνας σημείωσε μέγιστη θερμοκρασία 48°C .

Ένα από τα σημαντικότερα επεισόδια καύσωνα που σημειώθηκαν στην Ελλάδα, ήταν από τις 19 έως τις 27 Ιουλίου 1987. Αν και οι μέγιστες θερμοκρασίες του αέρα που καταγράφηκαν ήταν μικρότερες από αντίστοιχες παλαιότερων περιπτώσεων, η μεγάλη διάρκεια του επεισοδίου (9 ημέρες) ήταν ασυνήθης. Το γεγονός αυτό, οδήγησε σε δυσάρεστες συνθήκες για τον άνθρωπο, τα ζώα και τα φυτά προκαλώντας τραγικά αποτελέσματα.

Η μέγιστη θερμοκρασία του αέρα που μετρήθηκε ήταν $41,6^{\circ}\text{C}$ ($106,9^{\circ}\text{F}$) στις 23 Ιουλίου στο κέντρο της Αθήνας και $43,6^{\circ}\text{C}$ ($110,5^{\circ}\text{F}$) στις 27 Ιουλίου, στο Μετεωρολογικό Σταθμό της Νέας Φιλαδέλφειας. Οι ελάχιστες θερμοκρασίες που σημειώθηκαν ήταν $30,2^{\circ}\text{C}$ ($86,4^{\circ}\text{F}$) στο κέντρο της Αθήνας στις 27 Ιουλίου και $29,9^{\circ}\text{C}$ ($85,8^{\circ}\text{F}$) στις 24 Ιουλίου στη Νέα Φιλαδέλφεια. Το χαμηλότερο ελάχιστο ήταν $25,6^{\circ}\text{C}$ ($78,1^{\circ}\text{F}$) στο κέντρο της Αθήνας. Η 27^η Ιουλίου θεωρήθηκε για πολλές πόλεις η κορυφή του θερμού κύματος. Ο Μετεωρολογικός Σταθμός της Ελευσίνας σημείωσε μέγιστη θερμοκρασία τους 45°C , που αποτέλεσε την υψηλότερη θερμοκρασία για ολόκληρη την Ελλάδα στο συγκεκριμένο επεισόδιο καύσωνα.

Η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ) είχε προειδοποιήσει τον κόσμο δυο ημέρες πριν (15 Ιουλίου) με τριήμερη πρόγνωση καιρού. Παρά την προειδοποίηση της ΕΜΥ ότι το κύμα καύσωνα θα συνεχιζόταν για αρκετές ημέρες, δεν ακολουθηθήκαν τα απαραίτητα μέτρα από τους πολίτες με αποτέλεσμα να σημειωθούν περισσότεροι από 1.500 θάνατοι. Επιπλέον καταγράφηκαν τεράστιες ζημιές στην γεωργία και στην κτηνοτροφία, καθώς και σημαντικές ελλείψεις σε πόσιμο νερό και τροφίμων.

Το καλοκαίρι του 2007 θεωρείται ένα από τα πιο θερμά των τελευταίων ετών στην Ελλάδα. Κατά την περίοδο αυτή, εξελίχθηκαν τρία επεισόδια καύσωνα, πλήττοντας περιοχές σε ολόκληρη τη χώρα.

Το πρώτο επεισόδιο καύσωνα (19-28 Ιουνίου 2007) επηρέασε κυρίως την Ανατολική και Νότια Ελλάδα, με αποτέλεσμα να καταγραφούν υψηλότερες τιμές σε Αθήνα και ανατολική Πελοπόννησο. Ο Μετεωρολογικός Σταθμός της Νέας Φιλαδέλφειας κατέγραψε 46,2 °C, ενώ στο Άργος σημειώθηκε μέγιστη θερμοκρασία 46,4 °C. Στις 26 Ιουνίου του 2007, η θερμοκρασία στο Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών έφτασε τους 44,8 °C, μια τιμή που αποτελεί την υψηλότερη καταγεγραμμένη για τον σταθμό από το 1897 (Λαγουβάρδος και Κοτρώνη, 2007).

Στον δεύτερο επεισόδιο καύσωνα (18-25 Ιουλίου 2007) επηρεάστηκε κυρίως η Δυτική και Βόρεια Ελλάδα, όπου καταρρίφθηκαν και πάλι ρεκόρ δεκαετιών σε μια σειρά πόλεις (Σέρρες, Θεσσαλονίκη, Κέρκυρα). Στον μετεωρολογικό σταθμό του ΑΠΘ η θερμοκρασία έφτασε τους 43,3 °C την μεγαλύτερη τιμή από το 1930 έως και σήμερα.

Το τρίτο επεισόδιο καύσωνα, (21-26 Αυγούστου 2007) επηρέασε τη Δυτική Ελλάδα και είναι φανερό ότι συνέβαλε στο φούντωμα των καταστροφικών πυρκαγιών της Δυτικής Πελοποννήσου. Στο Άργος σημειώθηκε μέγιστη θερμοκρασία 42,4 °C, στον Πύργο 42,2 °C και στη Κόνιτσα 42,0 °C.

Τα τρία επεισόδια καύσωνα το καλοκαίρι του 2007, οδήγησαν σε πρωτοφανείς συνέπειες όπως γενικευμένη δυσφορία στις πόλεις, θερμοπληξίες (τουλάχιστον 366 περιστατικά, εκ των οποίων 18 θανατηφόρα στους δύο πρώτους καύσωνες), επιβάρυνση της υγείας, καταπόνηση χλωρίδας και πανίδας και αυξημένη κατανάλωση ενέργειας. Η πιο καταστροφική συνέπεια του καύσωνα ήταν οι πυρκαγιές που έπληξαν σε μεγάλο βαθμό την περιοχή της Πελοποννήσου, όπου εξαιτίας της παρατεταμένης ξηρασίας, ο συνδυασμός υψηλών θερμοκρασιών και ισχυρών ανέμων αποτέλεσαν πρόσφορο έδαφος για τη δημιουργία εκτεταμένων πυρίνων μετώπων. Υπολογίζεται ότι αυτές οι πυρκαγιές οδήγησαν στην καταστροφή του 2% της ηπειρωτικής χώρας και στην απώλεια 64 ανθρώπινων ζωών (Φούντα, 2008α).

Ο καύσωνας του 2003 οδήγησε στο πιο ζεστό, καταγεγραμμένο καλοκαίρι στην Ευρώπη από το 1540 (Luterbacher et al., 2004). Το επεισόδιο καύσωνα διήρκησε αρκετές ημέρες (20 Ιουνίου – 20 Αύγουστου) με την μεγαλύτερη ισχύ τις πρώτες δυο εβδομάδες του Αύγουστου, πλήττοντας πολλές χώρες της Ευρώπης.

Στην Γαλλία καταγράφηκαν ασυνήθιστες για την χώρα θερμοκρασίες. Στην περιοχή της Ιόν και πιο συγκεκριμένα στην πόλη της Ωσέρ, σημειώθηκαν μέγιστες θερμοκρασίες υψηλότερες των 40 °C για 8 συνεχόμενες ημέρες. Σύμφωνα με το Γαλλικό Ινστιτούτο Υγείας καταγράφηκαν 14.802 θάνατοι που σχετίζονται με το κύμα καύσωνα (κυρίως μεταξύ των ηλικιωμένων). Λόγω των ήπιων καλοκαιριών, οι ακραία μεγάλες θερμοκρασίες, σπάνια θεωρούνταν για την χώρα σημαντικός κίνδυνος. Η ελλιπή γνώση για την αντιμετώπιση του καύσωνα, αλλά και η απουσία σε πολλά σπίτια εγκαταστάσεων κλιματισμού, οδήγησαν σε πρωτοφανείς για την Γαλλία συνέπειες.

Στην Πορτογαλία, ο καύσωνας εξελίχθηκε από τις 30 Ιουνίου μέχρι 15 Αυγούστου. Στις πόλεις, Μπράγκα και Βίλα Ρεάλ σημειώθηκαν θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 45 °C, ενώ η μέγιστη θερμοκρασία καταγράφηκε στην Amareleja, στις 1 Αυγούστου, φτάνοντας τους 47,5 °C. Το κύμα καύσωνα είχε ως συνέπεια, την αύξηση της

θνησιμότητας κατά 58%, προκαλώντας τον θάνατο σε 2399 ανθρώπους. Οι υψηλές θερμοκρασίες, σε συνδυασμό με τον καυτό, ισχυρό άνεμο Σιρόκο, που αναπτύχτηκε κατά την διάρκεια του επεισοδίου, οδήγησαν στην διάδοση εκτεταμένων δασικών πυρκαγιών, καταστρέφοντας το 5% της υπαίθρου της Πορτογαλίας (480.000 εκτάρια γης) και το 10% της δασικής της έκτασης (280.000 εκτάρια γης), (Trigo et al., 2006).

Στην Ολλανδία ο καύσωνας του καλοκαιριού 2003 διήρκεσε από τις 31 Ιουλίου έως τις 13 Αυγούστου, συνολικά δεκατέσσερις ημέρες, συμπεριλαμβανομένων επτά τροπικών ημερών. Προηγήθηκαν τέσσερις τροπικές ημέρες στα μέσα Ιουλίου, όμως δεν θεωρούνται επεισόδιο καύσωνα, καθώς οι μέρες αυτές διακοπήκαν από μια δροσερή μέρα. Παρά την μεγάλη θνησιμότητα που προκάλεσε (1400 – 2000 θανάτους), δεν θεωρείται ο ισχυρότερος καύσωνας για τα χρονικά της χώρας. Η υψηλότερη θερμοκρασία που καταγράφηκε ήταν στις 7 Αυγούστου, όταν στο Arcen, στο Limburg, σημειώθηκε θερμοκρασία 37,8 °C, η οποία ήταν 0,8 °C κάτω από το εθνικό ρεκόρ (από το 1904).

Στην Ιταλία, το καλοκαίρι του 2003 ήταν ένα από το πιο ζεστά των τελευταίων τριών αιώνων. Οι υψηλές θερμοκρασίες, σε συνδυασμό με τη αυξημένη σχετική υγρασία δημιούργησαν δυσμενείς συνθήκες, οδηγώντας στο θάνατο 546 ανθρώπους. Η μέγιστη θερμοκρασία σημειώθηκε στον μετεωρολογικό σταθμό της Catenanuova, στη Σικελία, φτάνοντας τους 46 °C.

Σε αρκετές χώρες της Ευρώπης σημειώθηκαν θερμοκρασίες ρεκόρ. Στο Faversham του Kent, στην Αγγλία η θερμοκρασία έφτασε τους 38,5 °C, ενώ στο Greycrook της Σκωτίας τους 32,3 °C, προκαλώντας τον θάνατο σε 900 ανθρώπους, σε όλο το Ηνωμένο Βασίλειο. Στο χωριό Grono, στην Ελβετία, καταγράφηκε μέγιστη θερμοκρασία 41,5 °C, που αποτελεί την υψηλότερη καταγεγραμμένη για την χώρα. Στο Fidel του Λουξεμβούργου, η θερμοκρασία έφτασε τους 37,9 °C, η υψηλότερη τιμή, από τότε που ξεκίνησαν επίσημα να καταγράφονται μετρήσεις το 1947.

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΚΑΥΣΩΝΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 1951-2019 ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

3.1 Δεδομένα

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μελέτη των επεισοδίων καύσωνα στην περιοχή της Θεσσαλονίκης κατά την περίοδο 1951-2019. Τα δεδομένα προέρχονται από το Μετεωρολογικό Σταθμό του Τομέα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και αφορούν τις ωριαίες τιμές της θερμοκρασίας για το ανωτέρω αναφερόμενο χρονικό διάστημα.

3.2 Μεθοδολογία

Ο ορισμός ενός επεισοδίου καύσωνα μπορεί να γίνει με δυο γενικές προσεγγίσεις. Η πρώτη αφορά στην χρονική διάρκεια όπου εμφανίζονται τα ακραία φαινόμενα (μέγιστες θερμοκρασίες), ενώ η δεύτερη βασίζεται σε συγκριμένους μετεωρολογικούς και βιολογικούς παράγοντες. Η παρακάτω μελέτη βασίστηκε στην πρώτη προσέγγιση, όπου ο χαρακτηρισμός των επεισοδίων καύσωνα πραγματοποιήθηκε καθαρά και μόνο με την θερμοκρασία.

Ο εντοπισμός των επεισοδίων καύσωνα για την χρονική περίοδο 1951-2019 (69 χρόνια) στην περιοχή της Θεσσαλονίκης έγινε σύμφωνα με τα κριτήρια που ορίζει η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία. Η ΕΜΥ χαρακτηρίζει ως «καύσωνα» τις περιπτώσεις υψηλών θερμοκρασιών όταν:

- Η μέγιστη θερμοκρασία σε συνοπτικούς ή αερονavigικούς μετεωρολογικούς σταθμούς είναι μεγαλύτερη ή ίση των 39 βαθμών Κελσίου.
- Η ελάχιστη θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη των 26 βαθμών Κελσίου.
- Επικρατεί άπνοια ή ασθενείς άνεμοι και το θερμοκρασιακό εύρος είναι μικρό.
- Οι υψηλές θερμοκρασίες παρατηρούνται σε ευρεία γεωγραφική έκταση και η διάρκειά τους υπερβαίνει τις τρεις ημέρες.

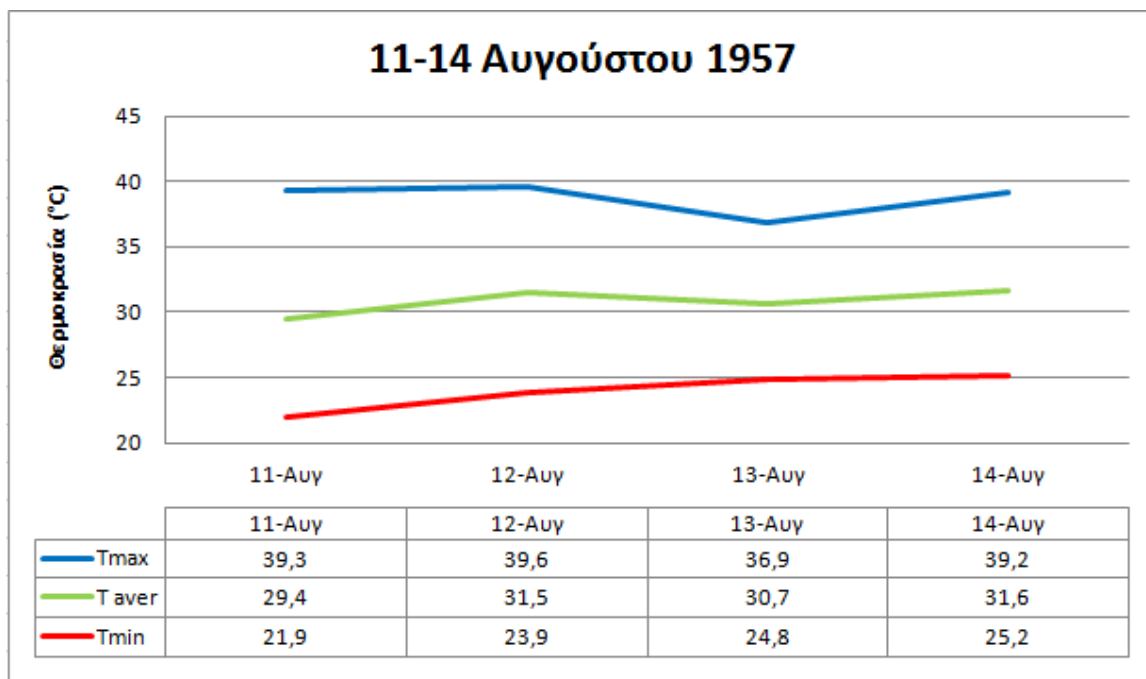
Εκτός από την καταγραφή των επεισοδίων καύσωνα, ακολουθεί η κατανομή αυτών ανά μήνα. Στην περίπτωση αυτή υπολογίστηκαν οι μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα (μέση, μέγιστη, ελάχιστη) για του μήνες κατά τους οποίους σημειώθηκαν τα επεισόδια του καύσωνα. Στη συνέχεια, βρεθήκαν οι ημέρες κατά τις οποίες η μέγιστη θερμοκρασία ξεπέρασε τους 39° C. Οι ημέρες αυτές ονομάζονται ημέρες εντόνου θέρους ή τροπικές ημέρες, καθώς οι υψηλές θερμοκρασίες του αέρα διήρκησαν μόνο μερικές ώρες κατά την διάρκεια του εικοσιτετράωρου.

Σε ένα δεύτερο στάδιο της μελέτης πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός των μέσων τιμών της θερμοκρασίας του αέρα για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο, κάθε χρονιάς από το 1951 μέχρι και το 2019. Οι τιμές που προκύπτουν ομαδοποιούνται, δίνοντας κλιματολογικά δεδομένα για την περιοχή της Θεσσαλονίκης, με σκοπό την τελική τους σύγκριση με τις μέσες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα για τους μήνες όπου καταγράφηκαν τα επεισόδια καύσωνα.

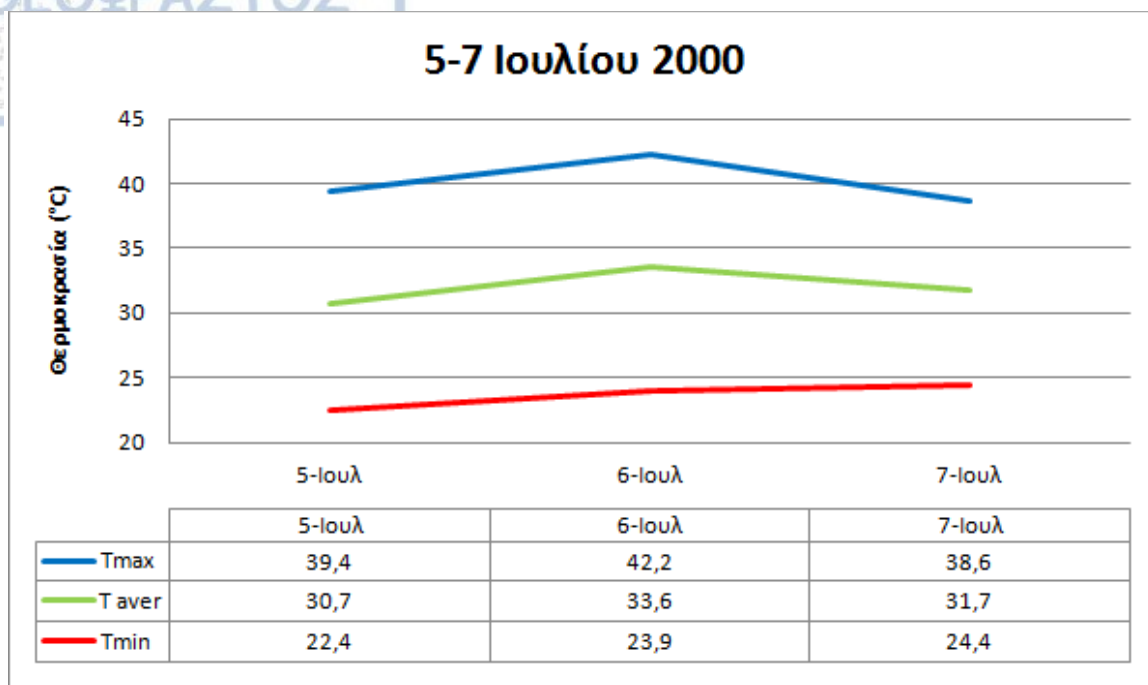
3.3.1 Μελέτη επεισοδίων καύσωνα

Παρόλο που για να θεωρηθεί ένα επεισόδιο υψηλής θερμοκρασίας ως καύσωνα, πρέπει να συνυπάρχουν τα παραπάνω κριτήρια (παράγραφος 3.2), στην συγκεκριμένη μελέτη, για την χρονική περίοδο 1951-2019 στην περιοχή της Θεσσαλονίκης, δεν εντοπιστήκαν επεισόδια όπου ικανοποιούνται και τα τέσσερα κριτήρια ταυτόχρονα. Για αυτό το λόγο, ο χαρακτηρισμός του καύσωνα πραγματοποιήθηκε με βάση δύο ή τριών εκ των κριτηρίων. Οι δυο παράγοντες που κατά βάση ελεγχτήκαν, είναι η μέγιστη θερμοκρασία του αέρα, καθώς και η διάρκεια κατά την οποία διήρκεσαν οι υψηλές αυτές θερμοκρασίες.

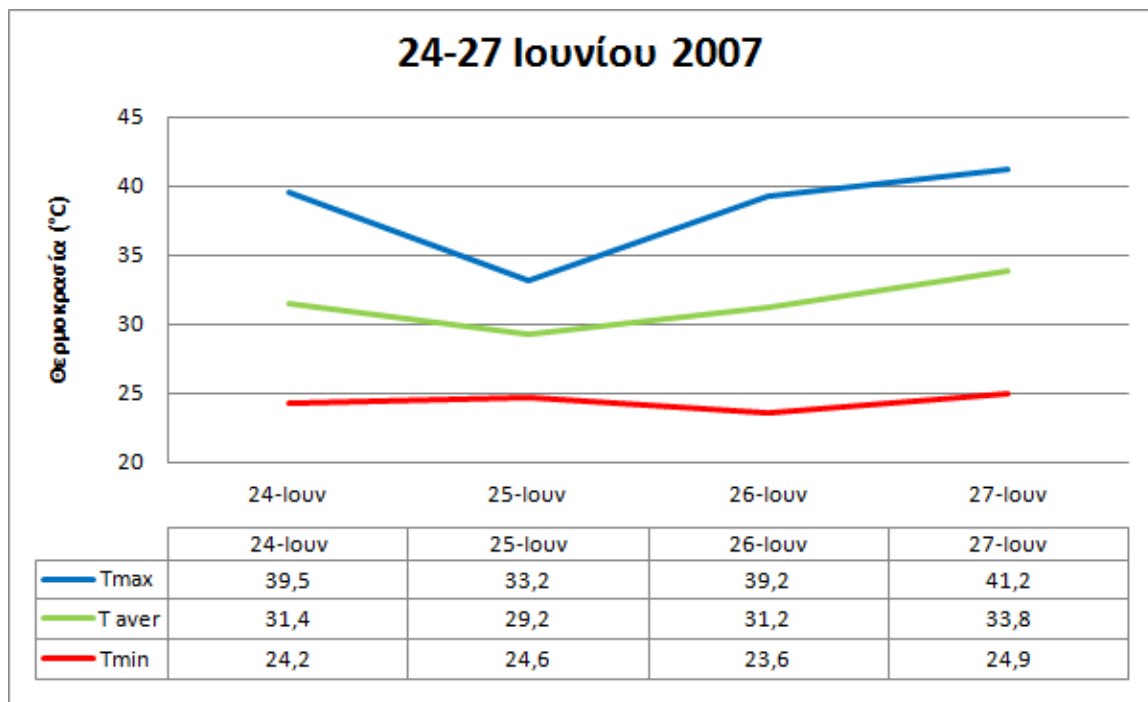
Από τη μελέτη της ωριαίας θερμοκρασίας, τα τελευταία 70 χρόνια στη Θεσσαλονίκη, παρατηρήθηκαν συνολικά πέντε περιπτώσεις, οι οποίες εξυπηρετούν τα δυο παραπάνω κριτήρια. Αναλυτικότερα, το πρώτο επεισόδιο καύσωνα, εξελίχτηκε από τις 11-14 Αύγουστου το 1957. Ακολούθησε μια περίοδος 43 ετών, μέχρις ότου να καταγραφεί το επόμενο θερμό επεισόδιο. Κατά τη διάρκεια των συγκεκριμένων ετών παρατηρήθηκαν μεμονωμένες ημέρες, όπου η θερμοκρασία ξεπέρασε τους 39° C. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα τελευταία 20 χρόνια το φαινόμενο του καύσωνα φαίνεται να είναι συχνότερο σε σχέση με τα παλαιότερα έτη. Συγκεκριμένα, σε μια διάρκεια 17 ετών καταγράφηκαν άλλα τέσσερα επεισόδια: 5-7 Ιουλίου 2000, 24-27 Ιουνίου 2007, 23-25 Ιουλίου 2007 και 30 Ιουνίου -2 Ιουλίου 2017. Παρακάτω απεικονίζονται οι κατανομές της μέσης, μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας του αέρα για τις ημέρες κάθε επεισοδίου καύσωνα (Σχήμα 3.1, Σχήμα 3.2, Σχήμα 3.3, Σχήμα 3.4, Σχήμα 3.5).



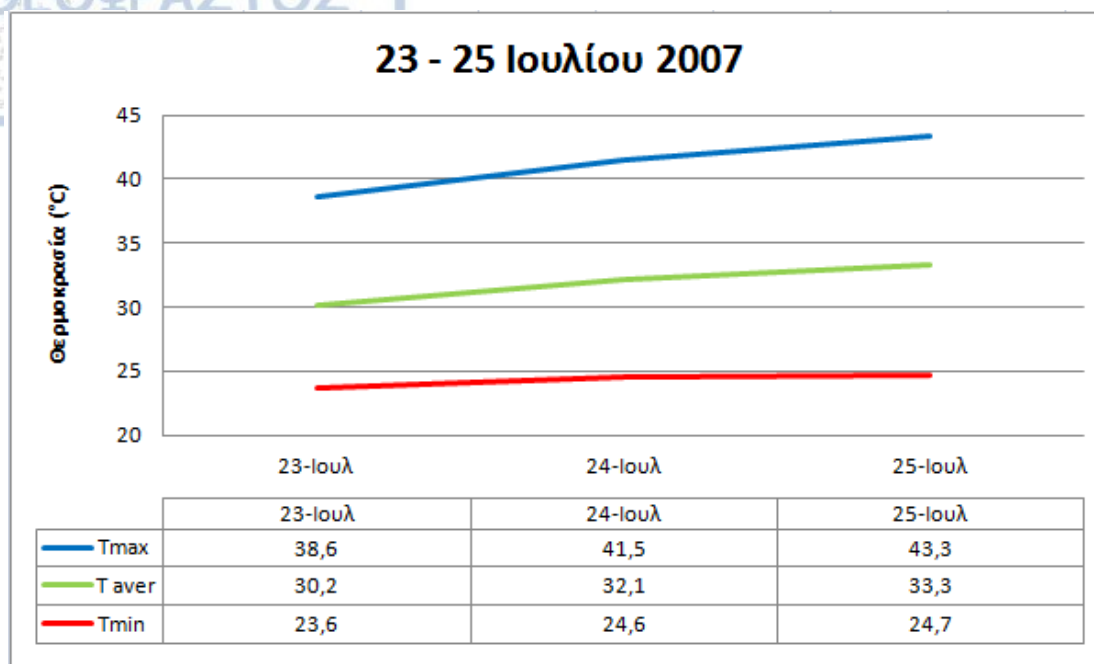
Σχήμα 3.1 Κατανομή της θερμοκρασίας του επεισοδίου καύσωνα, 11-14 Αύγουστου 1957



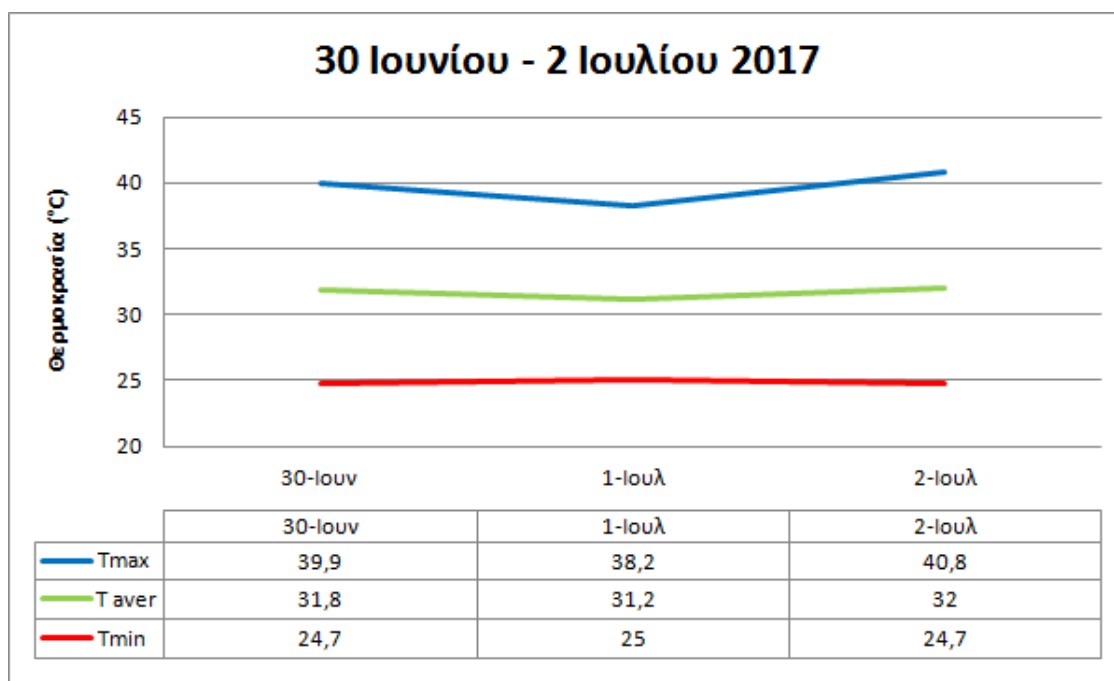
Σχήμα 3.2 Κατανομή της θερμοκρασίας του επεισοδίου καύσωνα, 5-7 Ιουλίου 2000



Σχήμα 3.3 Κατανομή της θερμοκρασίας του επεισοδίου καύσωνα, 24-27 Ιουνίου 2007



Σχήμα 3.4 Κατανομή της θερμοκρασίας του επεισοδίου καύσωνα, 23-25 Ιουλίου 2007



Σχήμα 3.5 Κατανομή της θερμοκρασίας του επεισοδίου καύσωνα, 30 Ιουνίου-2 Ιουλίου 2017

Tmax	Μέγιστη θερμοκρασία του αέρα σε °C
T aver	Μέση θερμοκρασία του αέρα σε °C
Tmin	Ελάχιστη θερμοκρασία του αέρα σε °C

3.3.2 Μελέτη ημερών έντονου θέρους

Κατά την διάρκεια της περιόδου μελέτης, για την περιοχή της Θεσσαλονίκης, σημειώθηκαν ημέρες όπου η θερμοκρασία έφτασε υψηλές τιμές. Παρόλο που η μέγιστη θερμοκρασία ξεπέρασε τους 39 °C, το φαινόμενο αυτό δεν συνεχίστηκε για τις επόμενες ημέρες ώστε να θεωρηθεί ως επεισόδιο καύσωνα. Για το λόγο αυτό, οι συγκεκριμένες ημέρες χαρακτηρίζονται ως ημέρες έντονου θέρους για την περιοχή της Θεσσαλονίκης.

Πίνακας 3.6 Πίνακας θερμοκρασιών ημερών έντονου θέρους

Year	Date	Tmin	Time	Tmax	Time	Tmean
1955	27-Ιουλ	23,5	5:00	39	14:00	30,9
1956	22-Ιουλ	22,9	3:00	40,1	13:00	31,3
1956	31-Ιουλ	22,1	3:00	39,3	13:00	29,6
1958	24-Αυγ	24,3	4:00	40,0	14:00	30,3
1973	19-Ιουλ	23,4	3:00	41,5	14:00	31,4
1978	9-Αυγ	20,2	4:00	39,0	15:00	28,0
1985	1-Αυγ	23,9	5:00	40,0	14:00	32,0
1987	16-Σεπ	21,0	5:00	40,3	14:00	29,9
1988	7-Ιουλ	25,1	5:00	42,1	16:00	32,7
1988	16-Αυγ	22,6	4:00	41,9	17:00	32,8
1997	6-Ιουλ	23,4	4:00	40,0	14:00	31,4
1998	6-Αυγ	26,0	3:00	39,6	14:00	32,5
2000	27-Ιουλ	23,3	4:00	40,8	13:00	31,6
2001	12-Ιουν	20,0	6:00	39,0	16:00	28,9
2007	25-Αυγ	23,6	4:00	39,4	14:00	29,9
2009	19-Ιουλ	24,7	4:00	39,6	14:00	30,8
2010	14-Αυγ	25,5	5:00	39	15:00	31,8
2012	12-Ιουλ	24,4	4:00	39,1	15:00	31,3
2012	16-Ιουλ	24,6	5:00	39,4	14:00	31,9
2012	27-Ιουλ	26,9	23:00	39	13:00	31,8
2012	7-Αυγ	25,1	5:00	41,2	15:00	32,5
2012	8-Αυγ	26,4	5:00	41,1	11:00	33,7
2017	24-Ιουν	22,9	4:00	39,4	14:00	30,6
2017	7-Ιουλ	22,1	5:00	39,1	15:00	29,9

Tmax	Μέγιστη θερμοκρασία του αέρα σε °C
T aver	Μέση θερμοκρασία του αέρα σε °C
Tmin	Ελάχιστη θερμοκρασία του αέρα σε °C

3.3.3 Κλιματολογικά στοιχεία για τους θερινούς μήνες στη Θεσσαλονίκη

Πίνακας 3.7 Πίνακας Μέσων Τιμών Θερμοκρασίας για τον μήνα Ιούνιο

	T _m aver	T _m min	T _m max		T _m aver	T _m min	T _m max
1951	24,9	20,5	30	1986	23,2	18,2	28,3
1952	24,3	19,7	29,4	1987	23,5	17,9	29,4
1953	24,8	20,7	29,5	1988	24,2	19,2	29,6
1954	26,4	21,4	32	1989	22,4	17,8	27
1955	23,7	19,1	29,3	1990	23,6	18,4	28,8
1956	23,4	19	28,3	1991	24,3	19,3	29,4
1957	24,5	20,2	29,5	1992	23,4	18,7	28,1
1958	24,5	19,5	29,6	1993	23,9	18,5	29
1959	22,6	19,2	26,6	1994	23,4	18,3	28,6
1960	23,4	19	28	1995	25,3	20,6	30,1
1961	24	20,4	28,1	1996	23,5	18,5	28,6
1962	23,1	18,8	27,7	1997	24	19	29,1
1963	23,8	19,1	28,8	1998	24,8	19,4	30,1
1964	24	19,9	28,9	1999	24,3	19	29,8
1965	24,1	19,7	28,4	2000	24,3	18,8	29,6
1966	22,7	19,1	26,6	2001	23,7	18,5	29,3
1967	22,5	18,4	27,2	2002	25,1	20,3	30,1
1968	23,5	19,4	30,5	2003	26,1	21,1	31,3
1969	23,6	19,4	28,5	2004	24	19,2	29,3
1970	23,4	18,6	28,7	2005	23,4	18,5	28,4
1971	23,2	18,1	28,3	2006	23,6	18,3	29,1
1972	24,4	19,6	29,6	2007	25,9	20,5	31,2
1973	22,6	18,1	27,1	2008	25,3	20,4	30,2
1974	22,8	17,9	28,1	2009	24,8	29,5	30,3
1975	23,1	18,3	28,2	2010	24,9	20,1	29,8
1976	22,5	17,8	27,8	2011	24,3	19,5	29,3
1977	23,6	18,5	29,2	2012	26,9	21,3	32,6
1978	24,2	18,9	30,3	2013	25,4	19,9	31,4
1979	24,8	19,9	30,2	2014	23,8	20,1	27,6
1980	22,8	18	28	2015	22,9	19,2	26,7
1981	24,7	19,4	30,2	2016	26,3	20,8	32
1982	23,6	18,5	28,7	2017	26,3	20,8	32,1
1983	21,6	17,2	26,4	2018	24,2	29,6	29,2
1984	22,9	17,6	28,6	2019	26,2	21	31,7
1985	24,1	19,1	29,4				

Πίνακας 3.8 Πίνακας Μέσων Τιμών Θερμοκρασίας για τον μήνα Ιούλιο

	T _m aver	T _m min	T _m max		T _m aver	T _m min	T _m max
1951	26,4	21,2	31,4	1986	24,5	19,6	29,5
1952	26,5	22,2	31,4	1987	27,2	22	32,9
1953	27,6	23,3	32,3	1988	28,1	22,9	34,2
1954	27,6	22,8	32,9	1989	25,2	20,5	29,8
1955	26,9	22	32,5	1990	26,6	21,3	32,1
1956	26,7	21,9	32,1	1991	25	20,2	30,1
1957	26,7	22,2	31,6	1992	24,9	20,1	29,9
1958	26,9	22,5	31,9	1993	25	19,5	30,9
1959	26,7	22,9	31,2	1994	26,7	21,4	31,8
1960	25,4	21,2	29,8	1995	26,7	22,4	31
1961	25,7	21,9	30	1996	25	20,3	29,8
1962	25,9	21,6	30,8	1997	26,8	21,6	32,2
1963	27,3	22,8	32,1	1998	26,7	21	32,5
1964	27,1	22,4	32,4	1999	27	22,5	31,9
1965	25,9	21,4	30,7	2000	26,9	20,7	33,1
1966	26,4	22,1	31,1	2001	27,8	22,7	32,8
1967	25,6	21,5	30,2	2002	26,8	22,2	31,8
1968	26,5	21,8	31,3	2003	27,3	22,4	32,5
1969	24,5	20,4	28,9	2004	26,3	21,2	31,4
1970	25,2	20,3	30,5	2005	26,5	21,6	31,6
1971	24,5	19,7	29,8	2006	25,8	21,1	30,7
1972	25,6	21,1	30,6	2007	28	22,2	34,3
1973	26,2	21,2	31,7	2008	26,7	21,7	31,7
1974	25,3	20	30,8	2009	28,3	23,2	33,9
1975	26,1	21,4	31,4	2010	27,9	22,4	33,4
1976	24,7	19,8	30	2011	27,5	23,9	31
1977	26,1	21	32	2012	30	24,4	36
1978	25,8	20,4	31,8	2013	27,4	22,1	33
1979	25,1	20,2	30,4	2014	25,9	22,6	29,4
1980	25,1	20,3	30,6	2015	27,4	23,8	31,1
1981	25,1	20,1	30,4	2016	28,6	23,2	34,1
1982	24,9	20,4	29,7	2017	27,8	22,2	33,4
1983	-	-	-	2018	27	22	32,7
1984	24,4	19	29,7	2019	27,1	21,7	32,7
1985	26,6	21,2	31,9				

Πίνακας 3.9 Πίνακας Μέσων Τιμών Θερμοκρασίας για τον μήνα Αύγουστο

	T _m aver	T _m min	T _m max		T _m aver	T _m min	T _m max
1951	27	22,6	32,4	1986	24,3	20,9	31,9
1952	28,4	23,7	33,9	1987	24,9	19,9	30,3
1953	26,3	21,9	31,4	1988	26,3	20,8	32,1
1954	27,1	22,5	32,5	1989	25,3	20,3	30,8
1955	25,4	20,9	30,9	1990	25,3	20,2	30,6
1956	27,8	23,1	33,2	1991	25,1	20,9	29,7
1957	27	22,6	32,3	1992	27	21,8	32,5
1958	26,8	22,9	31,5	1993	25,7	20,7	31,2
1959	26,2	22,4	30,6	1994	26,6	21,4	32,1
1960	26,4	22,1	31,3	1995	25,1	21	30
1961	26,3	22,5	30,7	1996	25,8	21,1	30,7
1962	27,6	23,3	32,4	1997	26,6	19,6	30,1
1963	26,9	22,2	32,2	1998	27,3	22,8	32,3
1964	24,9	20,7	29,5	1999	26,7	21,9	31,9
1965	24,3	20,3	28,8	2000	26,6	20,8	32,4
1966	26,7	22,9	31,1	2001	27,6	23	32,6
1967	26,8	22,8	31,4	2002	25,8	21,6	30,4
1968	24,3	20	29,5	2003	27,4	22,5	32,8
1969	25,3	21,3	30,2	2004	25,6	20,6	31,6
1970	25,7	21,4	30,8	2005	26,1	21,4	31,3
1971	25,8	21	31,3	2006	27,1	21,8	32,9
1972	25,3	20,7	30,4	2007	26,6	21,3	32,3
1973	24,8	20,2	29,8	2008	27,6	22,5	33,3
1974	25,8	21,2	31,3	2009	26,9	22,1	32,1
1975	24	19,7	29,4	2010	29,6	25,2	34,7
1976	22,4	17,6	27,8	2011	26,7	23,2	30,7
1977	25,6	20,6	31,5	2012	28,4	22,5	34,9
1978	24,5	19,3	30,6	2013	28,4	22,7	34,4
1979	24,4	20,1	29,5	2014	26,6	23,2	30,2
1980	25	20,5	30,3	2015	27	23,6	30,7
1981	25	19,8	30,6	2016	27,8	22,7	33,5
1982	24,9	20,4	29,8	2017	28,3	22,8	34,1
1983	24,3	19,8	29,1	2018	27,3	22,3	32,7
1984	23,9	19,5	28,7	2019	27,9	22,6	33,6
1985	27,1	21,8	32,7				

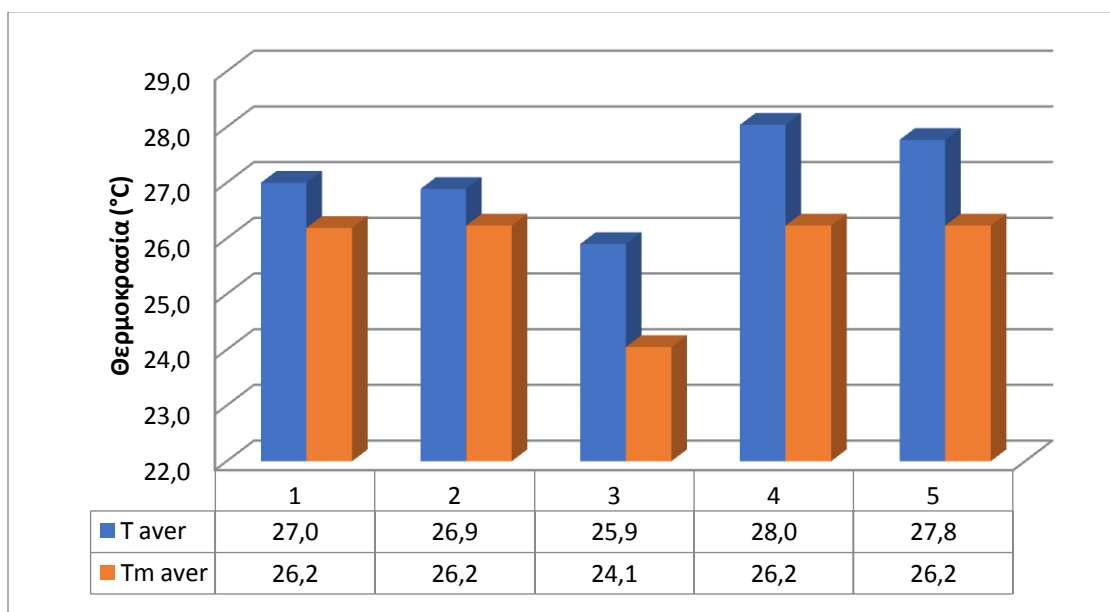
3.3.4 Σύγκριση των επεισοδίων καύσωνα με τις μέσες τιμές της θερμοκρασίας ανά μήνα

Στα παρακάτω σχήματα (Σχήμα 3.6, Σχήμα 3.7, Σχήμα 3.8) συγκρίνονται οι μέσες τιμές των θερμοκρασιών για τους μήνες όπου εμφανίστηκαν τα επεισόδια καύσωνα στην περιοχή της Θεσσαλονίκης, με τις μέσες μηνιαίες τιμές των τελευταίων 70 ετών. Με το μπλε χρώμα παρουσιάζονται οι πέντε καταγγεγραμμένοι καύσωνες για την περιοχή της Θεσσαλονίκης κατά την περίοδο 1951-2019 με βάση την θερμοκρασία:

1. Αυγούστος 1957
2. Ιούλιος 2000
3. Ιούνιος 2007
4. Ιούλιος 2007
5. Ιούλιος 2017

Με το πορτοκαλί χρώμα παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αυγούστο για τα τελευταία 70 έτη. Σύμφωνα με τα δεδομένα του Μετεωρολογικού Σταθμού του ΑΠΘ, οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας για του θερινούς μήνες στη Θεσσαλονίκη είναι:

	Μέση	Ελάχιστη	Μέγιστη
Ιούνιος	24,1°C	19,3°C	29,2°C
Ιούλιος	26,2°C	21,9°C	31,6°C
Αύγουστος	26,2°C	21,5°C	31,4°C

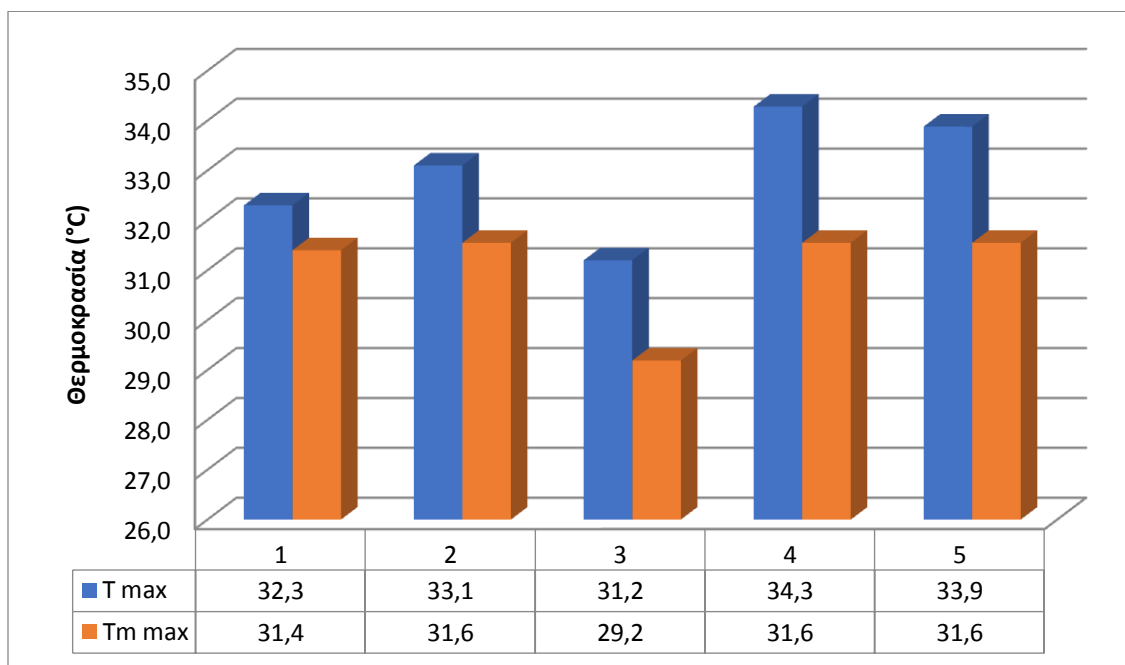


Σχήμα 3.6 Σύγκριση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας των επεισοδίων καύσωνα με την μέση μηνιαία θερμοκρασία των ετών 1951-2019 για την περιοχή της Θεσσαλονίκης.

Όπου:

T mean είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα σε °C για το μηνά του επεισοδίου καύσωνα

Tm mean είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα σε °C για τα έτη 1951-2019

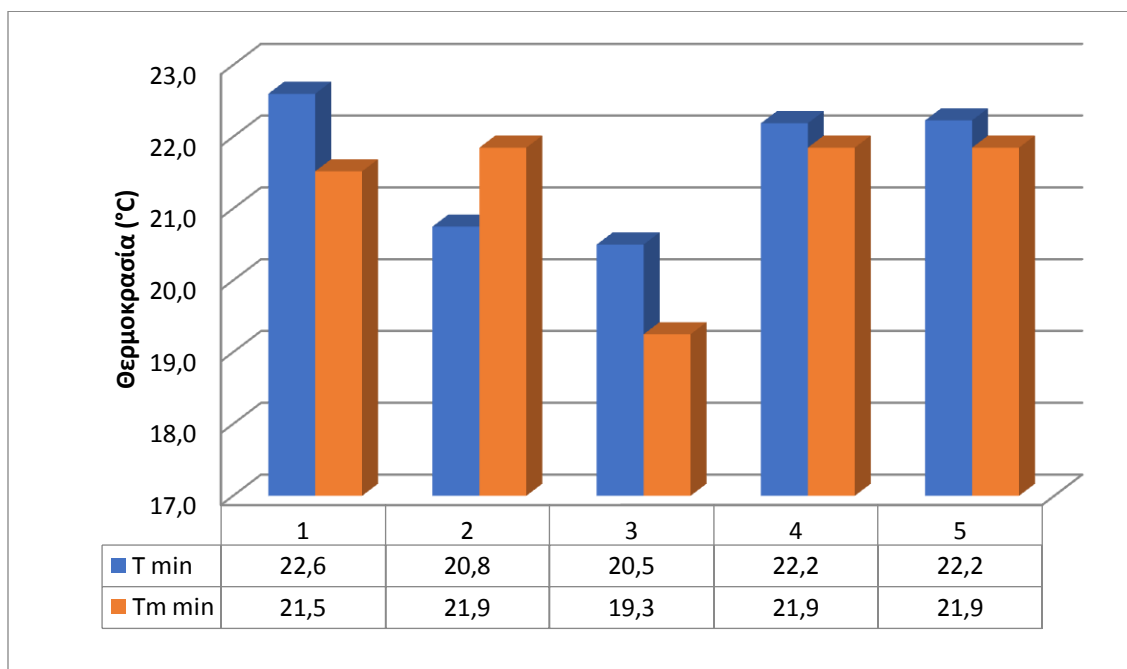


Σχημα 3.7 Σύγκριση της μέσης μέγιστης μηνιαίας θερμοκρασίας των επεισοδίων καύσωνα με την μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία των ετών 1951-2019 για την περιοχή της Θεσσαλονίκης.

Όπου:

Tmax είναι η μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία του αέρα σε °C για το μηνά του επεισοδίου καύσωνα

Tm max είναι η μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία του αέρα σε °C για τα έτη 1951-2019



Σχημα 3.8 Σύγκριση της μέσης ελάχιστης μηνιαίας θερμοκρασίας των επεισοδίων καύσωνα με την μέση ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία των ετών 1951-2019 για την περιοχή της Θεσσαλονίκης.

Όπου:

Tmin είναι η μέση ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία του αέρα σε °C για το μηνά του επεισοδίου καύσωνα

Tm min είναι η μέση ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία του αέρα σε °C για τα ετη 1951-2019

4.1 Σύνοψη

Ο καύσωνας αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά ακραία καιρικά φαινόμενα. Οι επιπτώσεις που προκαλεί έχουν αντίκτυπο τόσο σε κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο όσο και στην ανθρώπινη ζωή. Οι υψηλές θερμοκρασίες είναι ικανές να δημιουργήσουν αρκετά προβλήματα στην υγεία του ανθρώπου καθώς και των ζωικών και φυτικών οργανισμών. Για το λόγο αυτό, η συστηματική μελέτη των επεισοδίων καύσωνα είναι εξαιρετικά σημαντική για την καλύτερη αντιμετώπιση του φαινομένου.

Κατά την διάρκεια των τελευταίων ετών, έχουν σημειωθεί επεισόδια καύσωνα που προκάλεσαν δυσμενείς καταστάσεις για την υγεία των ανθρώπων. Έχει καταγράψει αύξηση των θανάτων που σχετίζονται με τον καύσωνα, ιδιαίτερα για τις ευπαθείς ομάδες, σε αντίθεση με άλλες περιοχές όπου παρατηρείται μείωση των θανάτων που σχετίζονται με το κρύο.

Ο καύσωνας είναι ικανός να προσβάλει έμμεσα και άμεσα πολλά είδη φυτών και ζώων, που αγωνίζονται να αντιμετωπίσουν τα ακραία φαινόμενα. Πολλά είδη που ζουν στην ξηρά ή σε γλυκά και θαλασσινά νερά, έχουν μετακινηθεί σε περιοχές όπου οι συνθήκες είναι ευνοϊκότερες για την επιβίωση τους. Επιπλέον, όσον αφορά του φυτικού οργανισμού, οι ακραίες υψηλές και επαναλαμβανόμενες θερμοκρασίες είναι ικανές να αυξήσουν τον κίνδυνο εξαφάνισης διάφορων ειδών. Συχνό φαινόμενο για αρκετές χώρες, αποτελούν οι δασικές πυρκαγιές και ξηρασίες που προκαλούνται λόγω των συχνών κυμάτων καύσωνα.

Παρά την εξαιρετική σημασία που έχει για την υγεία των οργανισμών, ο καύσωνας προκαλεί μεγάλο κόστος για την κοινωνία και την οικονομία μιας χώρας. Τομείς που εξαρτώνται από το επίπεδο της θερμοκρασίας, όπως η γεωργία, η κτηνοτροφία, η αλιεία, η δασοκομία, η ενέργεια και ο τουρισμός πλήττονται σε μεγάλο βαθμό. Συγκεκριμένα, οι φτωχές, αναπτυσσόμενες χώρες είναι αυτές με τις περισσότερες συνέπειες. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι οι άνθρωποι που ζουν εκεί βασίζονται σε μεγάλο βαθμό από το φυσικό τους περιβάλλον, το οποίο είναι ευάλωτο στα ακραία καιρικά φαινόμενα. Επιπλέον οι χώρες αυτές διαθέτουν λιγότερους πόρους για να αντιμετωπίσουν τα επεισόδια καύσωνα που καταγράφονται. Ακόμα και οι υλικές ζημιές και οι ζημιές στις υποδομές που μπορεί να συμβούν λόγω των υψηλών θερμοκρασιών (ξηρασία), συνεπάγονται στο υψηλό κόστος για την κοινωνία και την οικονομία.

Το κλίμα της Ελλάδος χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό, με ήπιους χειμώνες και δροσερά καλοκαίρια. Παρόλα αυτά, κατά την διάρκεια των χρόνων έχουν σημειωθεί σημαντικά επεισόδια καύσωνα, επηρεάζοντας την υγεία των ανθρώπων, καθώς και την ομαλή λειτουργία της χώρας σε αρκετούς τομείς.

Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό τη μελέτη των επεισοδίων καύσωνα στην περιοχή της Θεσσαλονίκης για τη χρονική περίοδο 1951-2019, χρησιμοποιώντας μόνο την θερμοκρασία του αέρα. Για τη μελέτη αυτή, υιοθετήθηκε ο ορισμός του καύσωνα όπως

δόθηκε από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ), όπου ως καύσωνα χαρακτηρίζονται οι περιπτώσεις υψηλής θερμοκρασίας όταν:

- Η μέγιστη θερμοκρασία σε συνοπτικούς ή αεροναυτικούς μετεωρολογικούς σταθμούς είναι μεγαλύτερη ή ίση των 39 βαθμών Κελσίου.
- Η ελάχιστη θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη των 26 βαθμών Κελσίου.
- Επικρατεί άπνοια ή ασθενείς άνεμοι και το θερμοκρασιακό εύρος είναι μικρό.
- Οι υψηλές θερμοκρασίες παρατηρούνται σε ευρεία γεωγραφική έκταση και η διάρκειά τους υπερβαίνει τις τρεις ημέρες.

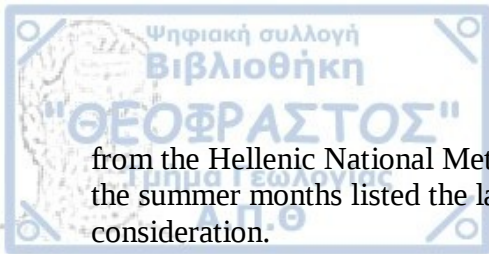
Λαμβάνοντας υπόψη τον παραπάνω ορισμό, μόνο μια μέρα κατάφερε να ανταποκριθεί στα συγκεκριμένα κριτήρια. Για αυτό το λόγο, πραγματοποιήθηκαν ορισμένοι περιορισμοί ώστε να μπορέσει ο ορισμός να ανταποκριθεί για την περιοχή της Θεσσαλονίκης. Έτσι, χαρακτηρίζεται ένα επεισόδιο καύσωνα αν η μέγιστη θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη ή ίση των 39 βαθμών Κελσίου και η διάρκεια τους υπερβαίνει τις τρεις ημέρες. Τα δεδομένα προέρχονται από το Μετεωρολογικό Σταθμό του Τομέα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης για την χρονική περίοδο 1951-2019.

Η έρευνα στο δεύτερο κομμάτι της εργασίας έχει ως εξής: Στο πρώτο μέρος εντοπίζονται τα επεισόδια καύσωνα με βάση τον συγκεκριμένο περιορισμό που δόθηκε. Για κάθε επεισόδιο αναφέρεται η μέση, η ελάχιστη και η μέγιστη θερμοκρασία του αέρα. Στο δεύτερο μέρος σημειώνονται οι ημέρες, οι οποίες η μέγιστη θερμοκρασία ξεπέρασε τους 39° C αλλά η τιμή αυτή δεν ανταποκρίθηκε το κριτήριο της χρονικής διάρκειας. Τέλος στο τρίτο μέρος της μελέτης, πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός της μέσης, της μέσης ελάχιστης και της μέσης μέγιστης μηνιαίας θερμοκρασίας για τους θερινούς μήνες, στην περιοχή της Θεσσαλονίκης των τελευταίων 70 ετών. Έχοντας αυτές τιμές, έγινε η σύγκριση με τις μηνιαίες τιμές κατά τις οποίες σημειώθηκαν τα επεισόδια καύσωνα.

Ολοκληρώνοντας τη μελέτη προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα για την περίοδο 1951-2019:

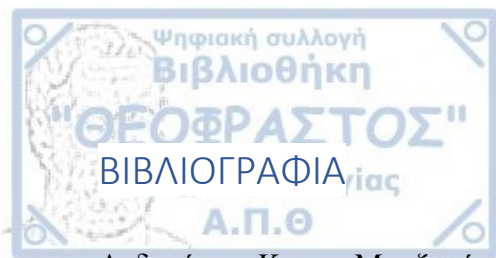
1. Σύμφωνα με τα κριτήρια τα οποία έχουν δοθεί, εντοπιστήκαν πέντε επεισόδια καύσωνα, στην περιοχή της Θεσσαλονίκης.
 - a) Το πρώτο επεισόδιο καύσωνα εξελίχτηκε από τις **11-14 Αύγουστου το 1957**
 - b) Το δεύτερο επεισόδιο καύσωνα εξελίχτηκε από τις **5-7 Ιουλίου το 2000**
 - c) Το τρίτο επεισόδιο καύσωνα εξελίχτηκε από τις **24-27 Ιουνίου το 2007**
 - d) Το τέταρτο επεισόδιο καύσωνα εξελίχτηκε από τις **23-25 Ιουλίου το 2007**
 - e) Το πέμπτο επεισόδιο καύσωνα εξελίχτηκε από τις **30 Ιουνίου μέχρι τις 2 Ιουλίου το 2017**
2. Συνολικά 24 ημέρες έντονου θέρους, με μέγιστη θερμοκρασία μεγαλύτερη ή ίση των 39° C, εκ των οποίων στις 11 ημέρες, η μέγιστη θερμοκρασία ξεπέρασε τους 40° C.
3. Η υψηλότερη μέγιστη θερμοκρασία που έχει καταγραφεί στην Θεσσαλονίκη, σημειώθηκε κατά την διάρκεια του τέταρτου επεισοδίου καύσωνα, στις 25 Ιουλίου 2007. Η θερμοκρασία έπιασε τους 43,3° C.
4. Η υψηλότερη μέση θερμοκρασία που έχει καταγραφεί στην Θεσσαλονίκη, σημειώθηκε κατά την διάρκεια του τρίτου επεισοδίου καύσωνα, στις 27 Ιουνίου 2007.
5. Κλιματολογικά στοιχεία για την Θεσσαλονίκη, την χρονική περίοδο 1951-2019, με βάση τα δεδομένα από το Μετεωρολογικό Σταθμό του ΑΠΘ.
 - a. Ο θερμότερος Ιούνιος που έχει καταγραφεί είναι αυτός του 2012.
 - i. Μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία στους 32,6° C
 - ii. Μέση μηνιαία θερμοκρασία στους 26,9° C
 - iii. Μέση ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία στους 21,3° C
 - b. Ο θερμότερος Ιούλιος που έχει καταγραφεί είναι αυτός του 2012
 - i. Μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία στους 36° C
 - ii. Μέση μηνιαία θερμοκρασία στους 30° C
 - iii. Μέση ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία στους 24,4° C
 - c. Ο θερμότερος Αύγουστος που έχει καταγραφεί είναι αυτός του 2010
 - i. Μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία στους 34,7° C
 - ii. Μέση μηνιαία θερμοκρασία στους 29,6° C
 - iii. Μέση ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία στους 25,2° C
6. Σύγκριση των επεισοδίων καύσωνα με τις μέσες τιμές της θερμοκρασίας ανά μήνα

- I. Τον Αύγουστο του 1957, η μέση μηνιαία, η μέση ελάχιστη μηνιαία και η μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία ήταν μεγαλύτερη κατά $0,8^{\circ}\text{C}$, $1,1^{\circ}\text{C}$ και $0,9^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα, από τις μέσες τιμές θερμοκρασίας του Αύγουστου για την περιοχή της Θεσσαλονίκης.
- II. Τον Ιούλιο του 2000, η μέση μηνιαία και η μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία ήταν μεγαλύτερη κατά $0,7^{\circ}\text{C}$ και $1,5^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα, ενώ η μέση ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία ήταν μικρότερη κατά $0,9^{\circ}\text{C}$ από τις μέσες τιμές θερμοκρασίας του Ιουλίου για την περιοχή της Θεσσαλονίκης.
- III. Τον Ιούνιο του 2007, η μέση μηνιαία, η μέση ελάχιστη μηνιαία και η μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία ήταν μεγαλύτερη κατά $1,8^{\circ}\text{C}$, $1,2^{\circ}\text{C}$ και 2°C αντίστοιχα, από τις μέσες τιμές θερμοκρασίας του Ιουνίου για την περιοχή της Θεσσαλονίκης.
- IV. Τον Ιούλιο του 2007, η μέση μηνιαία, η μέση ελάχιστη μηνιαία και η μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία ήταν μεγαλύτερη κατά $1,8^{\circ}\text{C}$, $0,3^{\circ}\text{C}$ και $2,7^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα, από τις μέσες τιμές θερμοκρασίας του Ιουλίου για την περιοχή της Θεσσαλονίκης.
- V. Τον Ιούλιο του 2017, η μέση μηνιαία, η μέση ελάχιστη μηνιαία και η μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία ήταν μεγαλύτερη κατά $1,6^{\circ}\text{C}$, $0,3^{\circ}\text{C}$ και $2,3^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα, από τις μέσες τιμές θερμοκρασίας του Ιουλίου για την περιοχή της Θεσσαλονίκης.



from the Hellenic National Meteorological Service. The average temperature values of the summer months listed the last 70 years will be also calculated and taken into consideration.

The study finally comes to a conclusion comparing the average temperature values observed during months with heat waves with the average temperature values of the summer months.



Ανδρεάκος, Κ., και Μποζανάς, Μ., 1980: Ο καύσωνας στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας: Περίοδος συνεχών ημερών καύσωνα, Αναμνηστικός Τόμος στη μνήμη του Η.Γ. Μαριολόπουλο, Μετεωρολογικά, No 69, 29-4

Balafoutis, C., and Arseni-Papadimitriou, A., 1998: Lengths of very warm and very cold spells at Southern Balkans, Τιμητικός τόμος Gorczynski (Υπό δημοσίευση)

Balafoutis, C., and Macrogianis, T.J., 2000: A contribution to the study of the heat wave phenomenon over Greece in August 1999, Proceedings of the 3rd European Conference on Applied Climatology (ECAC2000), Pisa Italy

Balafoutis, C., and Maheras, P., 1986: Geographical distribution and grouping of bioclimatic types in Greece related to air enthalpy, Z. Meteorol. 36, 4:259-264

Barrow, E.M., and Karacostas, T.S., 1996: The impact of greenhouse gas – induced climate change on the frequency and intensity of heat waves in Greece, University of East Anglia, Norwich, 88 pp

Bradtke, F., and Liese, W., 1952: Hilfsbuch fur raum-und bauklimatische Messungen, Berlin- Gottingen- Heidelberg, Springer

Brazol, D., 1951: La temperature biologica optima, Meteoros I, 99-106

Brazol, D., 1954: Bosquezo bioclimatico de la Republica Argentina, Meteoros 4, 381-394

Brikas D, 2006: “The subtropical jet stream and its contribution to the generation and severity of extreme weather events in the Greek region.” PhD Thesis, Aristotle Univ. of Thessaloniki, 270 pp. (in Greek).

Burt, S., 1992: The exceptional Hot Spells of Early August 1990 in the United Kingdom, International Journal of Climatology, Vol. 12, 547-567

Φλόκας, ΑΑ, 1970: Συμβολή εις τη μελέτη των θερμών εισβολών εν Ελλάδι, Διδακτορική Διατριβή, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη

Flocas, ΑΑ, 1981: Persistence of Cold and Hot Spells at Thessaloniki, Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. A, 30, 135-144

Founda , D., Giannakopoulos, C., Sarantopoulos, A., Petrakis, M., Zerefos, C., 2008a: Estimating present and future fire risk in Greece: Links with the destructive fires of summer 2007, Geophysical Research Abstracts, Vol. 10, EGU2008-A-07848, 2008, id:1607-7962/gra/EGU2008-A-07848.



Gandino, C., 1990: Périodes de Chaleur Humide a Ispra, Publication de l' Association Internationale de Climatologie, Vol. 3, 401-109

Garssen, J., Harmsen, C., de Beer, J., 2005: The effect of the summer 2003 heat wave on mortality in the Netherlands, Surveillance report, Vol. 10, No 7, 01/Jul/2005 Article

Giles, B.D., and Balafoutis, C.J., 1984: Diurnal variation of air enthalpy at Thessaloniki, Greece, Arch. Meteorol. Geophys. Bioklimatol., Ser. B, 34:375-383

Heinemann, H.-J., 1986: Über die Sommer in Bremen, Meteorol. Rdsch, 39, Jg., Heft 4, 139-143

Houghton, F.C, and Yaglou, C.P., 1923: Determining lines of equal comfort, ASHVE Transaction 29: 163-175

Houghton, F.C, and Yaglou, C.P., 1924: ASHVE Transaction 30: 103, In H.E. Landsberg, WMO, Technical Note Nr.123, 1972

Indian Met. Dep., 1943: The Climatic Charts of Indian and neighborhood for Meteorologists and Airmen

Janssen, A., Scheid, G., und Thiele, H., 1988: Ein später Rückblick auf den Sommer 1987 in Nordrhein-Westfalen am Biespiel der Station Münster, Meteorolog. Rdsch, 40, Jg., Heft 6, 182-184

Κυριαζοπούλος, Β.Δ, και Λιβαδάς, Γ.Κ, 1963: Πρακτική Μετεωρολογία, Όργανα και μέθοδοι παρατηρήσεως Μετεωρολογικών Σταθμών εδάφους, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη

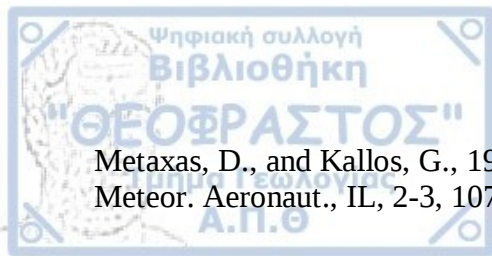
Lagouvardos, K., and Kotroni, V., 2007: "Monthly bulletin of meteorological parameters: June 2007"., National Observatory of Athens, 3 pp. (in Greek)

Luterbacher, J., Dietrich, D., Xoplaki, E., Grosjean, M., Wanner, H., 2004: European Seasonal and Annual Temperature Variability, Trends, and Extremes Since 1500, Science, Vol. 303, Issue 5663, pp. 1499-1503, DOI: 10.1126/science.1093877

Maheras, P., et Balafoutis, Ch., 1992: Variation séculaire des indices bioclimatique mensuels à Athènes, Climat et Santé, No 7, 33-40

Mariolopoulos, E., and Karapiperis, L., 1956: On the annual march of air temperatures in Athens and their anomalies, Publications of Athens University Laboratory, No2, Athens

Metaxas, D., and Kallos, G., 1979: Heat waves from a synoptic point of view, Technical Rep. 14, Ioannina



Metaxas, D., and Kallos, G., 1980: Heat waves from a synoptic point of view, Riv. Di Meteor. Aeronaut., IL, 2-3, 107-119

Μπαλαφούτης, Χ., 1977α: Συμβολή στη μελέτη του κλίματος της Μακεδονίας και της Δυτικής Θράκης, Διδακτορική Διατριβή, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη

National Weather Service, Office of Climate, Water, and Weather Services, Natural Hazard Statistics, 2001

Νιάχου, Α., Ακύλας, Ε., και Λειβαδά, Η., 1998: Συμβολή στη μελέτη συνθηκών θερμικής άνεσης στην ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου Πελάγους, Πρακτικά 4^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Μετεωρολογίας, Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Θεσσαλονίκη, 471-475

Prezerakos, N.G., 1989: A contribution to the study of the extreme heatwave over the South Balkans in July 1987, Meteorology and Atmospheric Physics, 41(4): 261-271

Πυθαρούλης, Ι., Μπρίκας, Δ., Λουκά, Π., Μακρογιάννης, Τ., Καρακώστας, Θ., 2008Q «Χαρακτηριστικά και Προγνωσιμότητα του έντονου Επεισοδίου Καύσωνα που επηρέασε τον ελλαδικό Χώρο τον Ιούνιο του 2007», Τομέας Μετεωρολογίας – Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ

Ricardo M. Trigo, Alexandre M. Ramos, Paulo J. Nogueira, Filipe D. Santos, Ricardo Garcia-Herrera, Celia Gouveia, Fátima E. Santo, 2009: Evaluating the impact of extreme temperature based indices in the 2003 heatwave excessive mortality in Portugal, Environmental Science & Policy, Vol. 12, No 7, 844-854

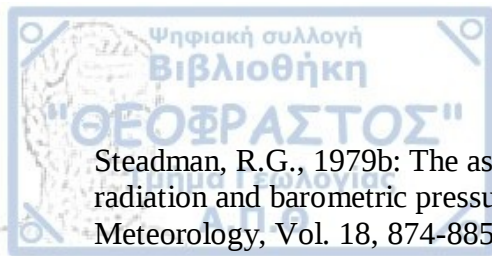
Ruffner, J.A., and Bair, F.E., (eds), 1977: The Weather Almanac, 2nd edition, Gale Research Company, Detroit, Michigan

Rupa Basu, Jonathan M. Samet, 2002: Relation between Elevated Ambient Temperature and Mortality: A Review of the Epidemiologic Evidence, Epidemiologic Reviews, Vol. 24, No 2, 190–202

Σερέλη-Χρονοπούλου, Αικ., και Φλόκας, ΑΑ., 2010: Μαθήματα Γεωργικής Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη, 176-194

Sneyers, R., 1982: Revue climatologique mensuelle, Ciel et Terre, Vol. 98, 237-243

Steadman, R.G., 1979a: The assessment of sultriness. Part I: A Temperature – Humidity Index based on human physiology and clothing science, Journal of Applied Meteorology, Vol. 18, 861-873



Steadman, R.G., 1979b: The assessment of sultriness. Part II: Effects of wind, extra radiation and barometric pressure on apparent temperature, Journal of Applied Meteorology, Vol. 18, 874-885

Steadman, R.G., 1984: A universal scale of apparent temperature , Journal of Applied Meteorology, Vol. 23, 1674-1687

Thom, E.C., 1957: A new concept for cooling degree-days, Air Condit, Heat Ventil. 54:73-80

Thom, E.C., 1959: The discomfort Index, Weatherwise, 12:57-60

Tolika K., Maheras P., Tegoulas I., 2009: Extreme Temperatures in Greece during 2007: Could this be a 'return to the future'?", Geophysical research Letters vol. 36, L10813, doi: 10.1029/2009GL038538, 2009

Τσελεπιδάκη, Η.Γ., 1990: Η κατανομή των ημερησίων μεγίστων θερμοκρασιών του αέρα το καλοκαίρι στο Ελληνικό και στον Άραξο, Αναμνηστικός Τόμος στη μνήμη του Λ. Καραπιπέρη, 386-396

ΔΙΑΔΥΚΤΙΑΚΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

<https://www.weather.gov/jetstream/hi>

<https://web.archive.org/web/20120608111607/http://www.capetown.gov.za/en/DRM/Pages/HeatWave.aspx>

<http://www.kolydas.gr/content/%CF%84%CE%B9-%CE%B5%CE%B9%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CE%BA%CE%B1%CF%85%CF%83%CF%89%CE%BD%CE%B1%CF%82>

http://www.hnms.gr/emy/el/climatology/climatology_month?minas=07

https://ec.europa.eu/clima/change/consequences_el

https://en.wikipedia.org/wiki/2003_European_heat_wave