



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
-ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΤΟΜΕΑΣ
ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ



ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΥΣΟΒΑΛΑΝΤΗΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΨΥΧΡΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΠΟΛΗ ΤΗΣ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2023





ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΥΣΟΒΑΛΑΝΤΗΣ
Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας,
ΑΕΜ: 5657

ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΨΥΧΡΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας,
Τομέα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας

Επιβλέπων

Αναγνωστοπούλου Χριστίνα



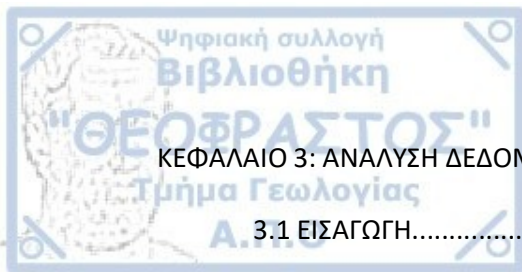
© Χρυσοβαλάντης Παπαδόπουλος, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας
Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, 2023
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.
ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΨΥΧΡΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΠΟΛΗ ΤΗΣ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ – *Διπλωματική Εργασία*

©Chrysovalantis Papadopoulos, School of Geology, Dept. of
Meteorology and Climatology, 2023
All rights reserved.
STUDY OF THE WIND CHILL INDEX FOR THE CITY OF
THESSALONIKI– *Bachelor Thesis*



Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1 ΚΛΙΜΑ ΕΛΛΑΔΟΣ.....	8
1.2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	18
1.3 ΤΟΠΙΚΟΙ ΑΝΕΜΟΙ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	19
1.4 ΚΑΤΑΒΑΤΙΚΟΙ ΑΝΕΜΟΙ.....	25
1.5 Ο ΚΑΤΑΒΑΤΗΣ ΒΑΡΔΑΡΗΣ.....	27
1.5.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΕΜΟΥ ΒΑΡΔΑΡΗ.....	27
1.5.2 ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΕΜΟ ΒΑΡΔΑΡΗ.....	28
1.6 ΔΕΙΚΤΗΣ ΨΥΧΡΟΤΗΤΑΣ	31
1.6.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΔΕΙΚΤΗ ΨΥΧΡΟΤΗΤΑΣ.....	31
1.6.2 ΥΨΗΛΕΣ ΤΙΜΕΣ ΔΕΙΚΤΗ ΨΥΧΡΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	34
1.7 ΣΤΟΧΟΙ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ.....	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΕΔΟΜΕΝΑ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	38
2.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ.....	38
2.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	41
2.3 ΨΥΧΡΕΣ ΕΙΣΒΟΛΕΣ ΚΑΙ ΔΕΙΚΤΗΣ ΨΥΧΡΟΤΗΤΑΣ.....	50



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	54
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	54
3.2 ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ.....	55
3.3 ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ.....	59
3.3.1 ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΕΜΟΥ.....	59
3.3.2 ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΕΜΟΥ.....	63
3.3.3 ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΑΝΕΜΩΝ.....	66
3.4 ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΨΥΧΡΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΤΑΘΜΟ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ.....	71
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΝΟΨΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	76
4.1 ΣΥΝΟΨΗ.....	76
4.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	77
4.3 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	80
 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	82
 ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	85



ΠΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Η παρούσα εργασία με τίτλο << μελέτη του δείκτη ψυχρότητας για τη πόλη της Θεσσαλονίκης>> εκπονήθηκε στα πλαίσια των προπτυχιακών μου σπουδών στον Τομέα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Στην εργασία αυτή μελετάται ο δείκτης ψυχρότητας(wind chill index) , βάση δεδομένων θερμοκρασίας περιβάλλοντος και ταχύτητας ανέμου των τελευταίων 20 ετών για την πόλη της Θεσσαλονίκης. Η εκτίμηση του δείκτη μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τις αποφάσεις της τοπικής κοινωνίας της εν λόγω περιοχής, παρέχοντας έτσι ένα σημαντικό κίνητρο για τη μελέτη των χαρακτηριστικών του. Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται η ανάλυση των δεδομένων θερμοκρασίας και ανέμου της τελευταίας εικοσαετίας καθώς και οι τάσεις που παρουσιάζουν οι 2 αυτές συνιστώσες στο μέλλον σε σχέση με τους επικρατούντες ανέμους στην περιοχή. Παράλληλα παρουσιάζονται οι τιμές του δείκτη ψυχρού κλίματος καθώς και η συχνότητα όπου εμφανίζονται αυτές οι τιμές σε βάθος 20ετίας στη πόλη της Θεσσαλονίκης. Τέλος γίνεται αναπαράσταση πίνακα τιμών δείκτη ψυχρού κλίματος για τη πόλη της Θεσσαλονίκης, οι οποίες προκύπτουν από το συνδυασμό τιμών θερμοκρασιών και ανέμου που επικρατούν στη πόλη.

Στην περάτωση των προπτυχιακών σπουδών μου συνέβαλλαν πολλοί άνθρωποι τους οποίους δεν έχω παρά να τους ευχαριστήσω θερμά. Ωστόσο ειδική μνεία οφείλει να γίνει στην υπεύθυνη καθηγήτρια μου, κ. Αναγνωστοπούλου Χριστίνα. Την ευχαριστώ θερμά όχι μόνο για τις πολύτιμες γνώσεις και το φιλικό κλίμα συνεργασίας αλλά και για το ήθος και την ψυχική στήριξη που έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, και δεν έχω παρά να την παρακαλέσω να συνεχίσει με το ίδιο πάθος και την ίδια αποφασιστικότητα να εμπνέει όλους εμάς που επιθυμούμε να ασχοληθούμε με το γνωστικό αντικείμενο της Κλιματολογίας.

Μεγάλη και σημαντική ήταν η συνεισφορά του καθηγητή κ. Δημήτριου Μπαμπζέλη για τη χορήγηση των δεδομένων από τους σταθμούς του Μετεωροσκοπίου του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, χωρίς τη χρήση των οποίων η εργασία αυτή δεν θα ήταν ολοκληρωμένη.

Το μεγαλύτερο όμως ευχαριστώ το οφείλω στους γονείς μου. Στους ανθρώπους που μέσω των δικών τους προσωπικών θυσιών και διδασμάτων έφτασα ως εδώ, σε αυτούς που μου δίδαξαν να μην τα παρατάω και να μην απελπίζομαι, σε αυτούς οφείλω την πορεία μου έως τώρα. Τους ευχαριστώ και τους υπόσχομαι ότι δεν θα σταματήσω να τους κάνω περήφανους όπου και αν βρίσκομαι, σε κάθε πτυχή της ζωής μου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Κλίμα Ελλάδος

Το κλίμα της Ελλάδας μπορεί να χαρακτηριστεί ως τυπικά μεσογειακό, και διακρίνεται για τους ήπιους χειμώνες με τη μεγάλη μεταβλητότητα ποσοστού βροχόπτωσης από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά, για τα ξηρά και θερμά καλοκαίρια καθώς και για την επικράτηση ηλιοφάνειας κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια του έτους.

Το πλούσιο γεωμορφολογικό ανάγλυφο του Ελληνικού χώρου αποτελεί έναν πολύ σημαντικό συντελεστή διαμόρφωσης του κλίματος. Συγκεκριμένα η ύπαρξη της οροσειράς της Πίνδου κατά μήκος του κύριου Ηπειρωτικού κορμού της χώρας, καθώς και η ύπαρξη διάσπαρτων ορεινών όγκων σε συνδυασμό με τις εναλλαγές ξηράς θάλασσας είναι αυτοί οι παράγοντες που διαμορφώνουν την πολυπλοκότητα του κλίματος της χώρας μας, το οποίο παραμένει πάντοτε στα πλαίσια του Μεσογειακού. Έτσι από το δροσερό θέρος των Κυκλάδων και των νησιών του Βόρειου Ανατολικού Αιγαίου μεταπίπτουμε στο ξηρό και θερμό θέρος της Θεσσαλίας και γενικότερα της κύριας ηπειρωτικής χώρας, ως απότοκο των μορφολογικών διαφορών των περιοχών αυτών. Το γεγονός ότι σε μια χώρα τόσο μικρής έκτασης όπως η Ελλάδα, παρατηρούνται τόσο σημαντικές διαφορές στο κλίμα μεταξύ περιοχών που δύναται να βρίσκονται ακόμα και σε κοντινές αποστάσεις, αποδεικνύει τον καθοριστικό ρόλο που καθορίζει το γεωμορφολογικό ανάγλυφο στο κλίμα κάθε περιοχής.

Ειδικότερα ισχύει ότι οι παράκτιες περιοχές και τα νησιά έχουν δροσερότερο θέρος από τις ηπειρωτικές περιοχές, εξαιτίας της θαλάσσιας αύρας, αφενός και λόγω της επικράτησης των ετησίων ανέμων που πνέουν στο Αιγαίο Πέλαγος δίνοντας παράλληλα μια αίσθηση δροσιάς. Επιπλέον οι ήπιοι χειμώνες των παράκτιων περιοχών παρουσιάζουν χαμηλότερο εύρος θερμοκρασιών αλλά και σημαντικά λιγότερο ποσοστό κατακρημνισμάτων. Επομένως οι τιμές τόσο του Ημερήσιου Θερμοκρασιακού Εύρους (ΗΘΕ) όσο και του Ετήσιου Θερμοκρασιακού Εύρους (ΕΘΕ) για τις παράκτιες περιοχές είναι μικρότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες που παρατηρούνται στις ηπειρωτικές περιοχές. Παρόλα αυτά, ανεξάρτητα της περιοχής μελέτης, το θέρος των περιοχών με μεσογειακό κλίμα διακρίνεται για το μεγάλο πλήθος θερμών και ηλιόλουστων ημερών και ειδικότερα για τις περιοχές του Ελληνικού χώρου με μικρότερο γεωγραφικό πλάτος, δηλαδή για τις περιοχές που βρίσκονται στη

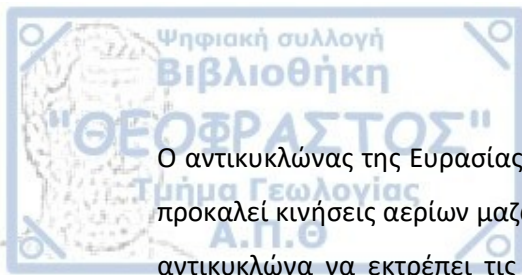


Νότια Ελλάδα το καλοκαίρι έχει μεγαλύτερη διάρκεια όσον αφορά την ηλιοφάνεια και τις υψηλές θερμοκρασίες συγκριτικά με τις περιοχές που βρίσκονται στη Βόρεια Ελλάδα.

Η εποχή της Άνοιξης στον Ελληνικό χώρο ξεχωρίζει για το μεγάλο εύρος θερμοκρασιών που παρουσιάζει, γεγονός που οφείλεται στη συχνή και πολλές φορές απότομη αλλαγή μεταξύ ημερών που παρουσιάζουν χαρακτηριστικά χειμώνα και ημερών με χαρακτηριστικά θέρους. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στην επικράτηση κατά την εποχή αυτή, κυρίως μεσημβρινής κυκλοφορίας. Από την άλλη το Φθινόπωρο χαρακτηρίζεται για τη μικρή του χρονική διάρκεια, με θερμοκρασίες που άλλοτε προσεγγίζουν τις θερμοκρασίες των θερινών μηνών και άλλοτε των χειμερινών. Το φθινόπωρο είναι συνήθως μικρής χρονικής διάρκειας και με κάπως απότομη και σταθερή έναρξη του χειμώνα.

Όσον αφορά το Χειμώνα στον Ελληνικό χώρο, παρουσιάζεται μεγάλη μεταβλητότητα τόσο στο θερμοκρασιακό εύρος όσο και στο ποσοστό βροχόπτωσης μεταξύ των περιοχών της Βόρειας και Δυτικής Ελλάδας σε σχέση με τις περιοχές της Νότιας και της Νότιο Ανατολικής Ελλάδας. Συγκεκριμένα η Βόρεια και Δυτική Ελλάδα παρουσιάζουν ψυχρούς χειμώνες μεγάλης διάρκειας και σε συνδυασμό με τους τοπικούς ανέμους που πνέουν αλλά και με τις λεγόμενες "ψυχρές εισβολές" που προσεγγίζουν τη χώρα ευνοούν το φαινόμενο του παγετού και αρκετές φορές και αυτό του ολικού παγετού. Τόσο ο παγετός όσο και ο ολικός παγετός ευνοούνται από την έντονη νυχτερινή ακτινοβολία του εδάφους καθώς και από τις θερμοκρασιακές αναστροφές που παρατηρούνται. Στη διάρκεια της χειμερινής περιόδου επικρατούν τοπικοί άνεμοι, οι οποίοι πνέουν από το εσωτερικό των ηπείρων προς τις παράκτιες περιοχές, είτε με τη μορφή τοπικών ανέμων είτε με τη μορφή καταβατικών ανέμων συντελώντας έτσι στον καθαρισμό της ατμόσφαιρας από τους ρύπους αυξάνοντας παράλληλα τη διάρκεια ηλιοφάνειας.

Κατά τη χειμερινή περίοδο η περιοχή της Μεσογείου επηρεάζεται άλλοτε από το εποχιακό κέντρο δράσης του σιβηρικού αντικυκλώνα και άλλοτε από τις υφέσεις που φτάνουν από τα δυτικά μέσω της ζωνικής κυκλοφορίας. Ειδικότερα ο Ελληνικός χώρος δέχεται την επιρροή ενός βαρομετρικού λαιμού μεταξύ των βαρομετρικών υψηλών της Σιβηρίας και Αζορών καθώς και των βαρομετρικών χαμηλών του Βορείου Ατλαντικού και της Βόρειο Ανατολικής Αφρικής. (Φλόκας,2010)

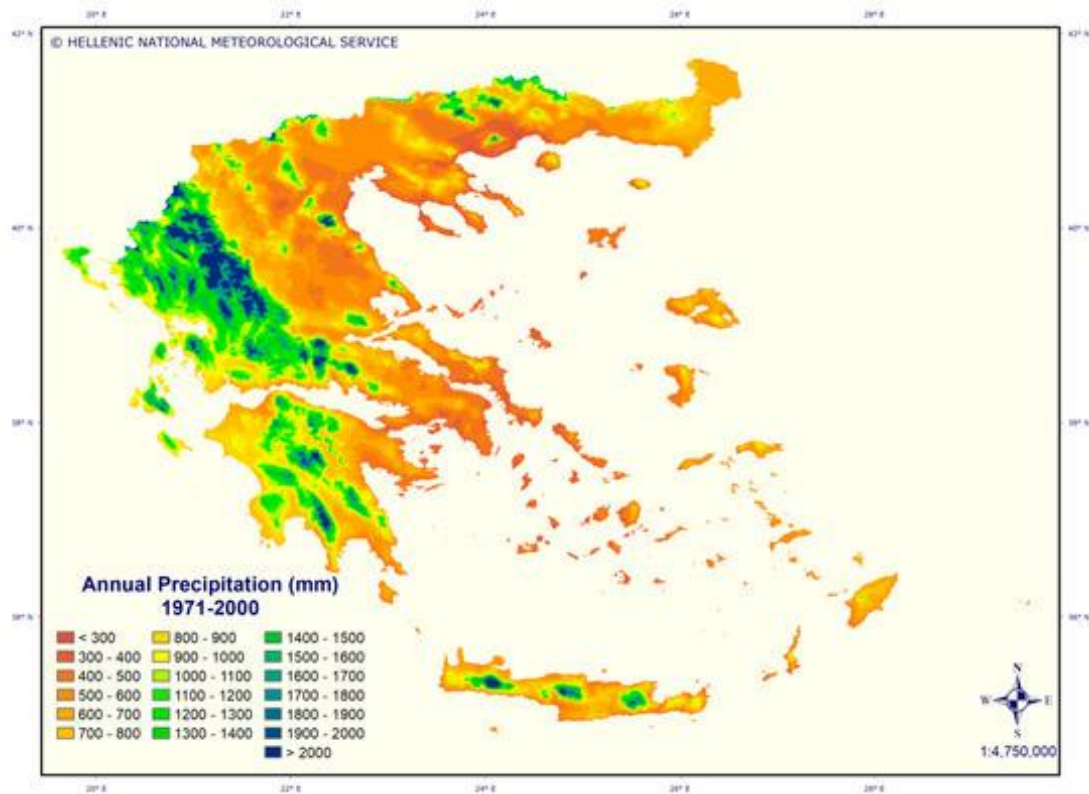


Ο αντικυκλώνας της Ευρασίας σε συνδυασμό με τα βαρομετρικά χαμηλά της Μεσογείου, προκαλεί κινήσεις αερίων μαζών που επηρεάζουν τη χερσαία περιοχή της Ελλάδας, με τον αντικυκλώνα να εκτρέπει τις υφέσεις της περιοχής αυτής πάνω από τη Μεσόγειο. Έτσι εξαιτίας της έντονης δραστηριότητας των υφέσεων της Μεσογείου στον Ελληνικό χώρο παρατηρούνται θερμές και υγρές αέριες μάζες. Ωστόσο στην περίπτωση που αντί για τον αντικυκλώνα της Ευρασίας, ο χώρος της Μεσογείου δέχεται την επίδραση ενός αντικυκλώνα της Νότιας Ευρώπης τότε παρατηρείται στον Ελληνικό χώρο δριμύ ψύχος με πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και φαινόμενα παγετού λόγω της εισβολής των Βόρειων ηπειρωτικών αερίων μαζών, αποτέλεσμα της δράσης του αντικυκλώνα. Αξιοσημείωτο μετεωρολογικό φαινόμενο είναι και οι "Αλκυονίδες" μέρες, δηλαδή οι νήεμες και ηλιόλουστες ημέρες που παρατηρούνται ιδιαίτερα τον μήνα Ιανουάριο και οφείλονται στην έλλειψη βαροβαθμίδας στον Ελληνικό χώρο, ως αποτέλεσμα επικράτησης αντικυκλωνικών καταστάσεων στην περιοχή εμφάνισης των ημερών αυτών. Κατά τις ημέρες αυτές παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας και ελάττωση της υγρασίας στις περιοχές της Ανατολικής Ελλάδας. (Φλόκας,2010)

Το κλίμα στον Ελληνικό χώρο, κατά τους θερινούς μήνες ελέγχεται από 2 μεγάλα κέντρα πύεσης τα οποία ωθούν τις ευσταθείς αέριες μάζες προς το χώρο της Μεσογείου, δημιουργώντας ημέρες με θερμά και ξηρά χαρακτηριστικά καιρού, με μεγάλα ποσοστά ηλιοφάνειας στον Ελληνικό χώρο καθώς και τους Ετησίους ανέμους, ως αποτέλεσμα μιας πολύ μεγάλης βαροβαθμίδας που δημιουργείται στο Αιγαίο Πέλαγος. Συγκεκριμένα η εμφάνιση του Ηπειρωτικού αντικυκλώνα στην περιοχή της Βαλκανικής χερσονήσου σε συνδυασμό με την ενίσχυση του βαρομετρικού χαμηλού των Ινδιών και Πακιστάν, συνθέτουν τα κλιματικά χαρακτηριστικά του Ελληνικού καλοκαιριού.

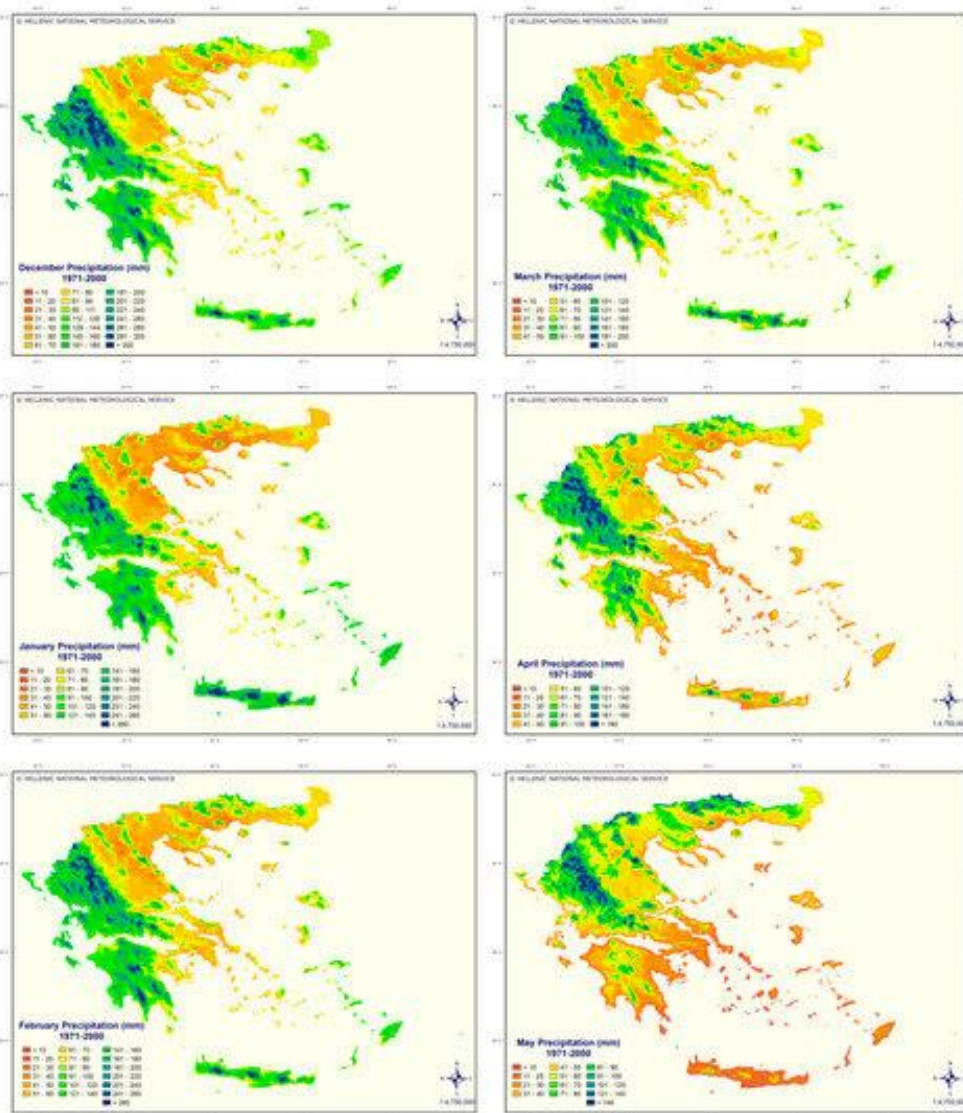
Όσον αφορά τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα στον Ελληνικό χώρο, είναι αποτέλεσμα της δράσης του Βόρειου Πολικού μετώπου πάνω από το χώρο της Μεσογείου και ειδικότερα της δράσης ενός κλάδου του μετώπου αυτού, του Μεσογειακού Πολικού μετώπου(Φλόκας,2010). Συγκεκριμένα τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα στον Ελληνικό χώρο, σχηματίζονται κατά μήκος του μετώπου αυτού λόγω ενός μηχανισμού μείξης των αερίων μαζών, με αποτέλεσμα τη δημιουργία υφέσεων που δίνουν τα ατμοσφαιρικά αυτά κατακρημνίσματα. Αναμφισβήτητα καθοριστικός παράγοντας κατανομής των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στον Ελληνικό χώρο αποτελεί το γεωμορφολογικό ανάγλυφο. Η ύπαρξη του κύριου ορεινού όγκου της Ελλάδας, της οροσειράς της Πίνδου η

οποία εκτείνεται με διεύθυνση από το Βορρά προς το Νότο, δηλαδή με διεύθυνση κάθετη στη μέση διεύθυνση των τροχιών των υφέσεων της Μεσογείου έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία στον Ελληνικό χώρο χαρακτηριστικών ζωνών πλούσιων σε βροχή τις οποίες διαδέχονται ζώνες με μέτρια ή με λίγα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (Φλόκας, 2010). Οι προσήνεμες περιοχές ενός ορεινού όγκου δέχονται πολύ μεγαλύτερα ύψη βροχής συγκριτικά με τις αντίστοιχες υπήνεμες περιοχές καθώς και ότι στον Ελληνικό χώρο τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα παρουσιάζουν φθίνουσα πορεία από το Βορρά προς το Νότο και από την κύρια ηπειρωτική χώρα προς τα παράκτια και τις νησιωτικές περιοχές (Σχήμα 1.1). Όσον αφορά τις βροχοπτώσεις κατά τους θερινούς μήνες, αυτές παρατηρούνται κατά κύριο λόγο στη Βόρεια Ελλάδα υπό τη μορφή καταιγίδων σύντομης χρονικής διάρκειας, οι οποίες δημιουργούνται λόγω της ύπαρξης αστάθειας στην ατμόσφαιρα. Οι θερινές βροχοπτώσεις στη Νότια Ελλάδα και ειδικότερα στα νησιά των Κυκλάδων εμφανίζουν πολύ μικρό ύψος βροχής αν όχι μηδενικό. Σε σχέση με τις θερινές βροχοπτώσεις, αέριες μάζες πλούσιες σε υδρατμούς τροφοδοτούν τις βροχοπτώσεις κατά τους χειμερινούς μήνες μέσω του μηχανισμού των υφέσεων. Στον Ελληνικό χώρο το γεγονός ότι τα ύψη βροχόπτωσης και χιονόπτωσης αντίστοιχα, αυξάνονται με την αύξηση του υψομέτρου εξηγεί γιατί στην Ελλάδα και ειδικά στις ορεινές περιοχές παρατηρούνται κλιματικοί τύποι οι οποίοι μπορούν να ταξινομηθούν στους ορεινούς κλιματικούς τύπους, βάση της κατάταξης κατά Korpen. Επιπρόσθετα βάση παρατηρήσεων έχει αποδειχθεί ότι η Δυτική Ελλάδα δέχεται τον μεγαλύτερο όγκο βροχοπτώσεων στον ελληνικό χώρο και συγκεκριμένα οι περιοχές προσήνεμα της οροσειράς της Πίνδου καθώς και τα νησιά του Ιονίου. Παράλληλα τα νησιά του Βόρειου Ανατολικού Αιγαίου δέχονται υψηλότερα ποσοστά βροχόπτωσης σε σχέση με τα νησιά των Κυκλάδων, λόγω αέριων μαζών που εμπλουτίστηκαν με υδρατμούς μετά από τη διέλευση τους πάνω από το Αιγαίο Πέλαγος. Οι περιοχές προσήνεμα της οροσειράς της Πίνδου δέχονται ύψη βροχής μεγαλύτερα των 2000mm, ενώ τα χαμηλότερα ύψη βροχής στον Ελληνικό χώρο δέχεται κατά μέσο όρο η Σχοινούσα με 243mm, βάση δεδομένων 10 ετών (2013-2023).



Σχήμα 1.1: Χάρτης ετήσιων βροχοπτώσεων για την Ελληνική περιοχή για δεδομένα μελέτης 1971-2000. (Πηγή: <http://climatlas.hnms.gr/sdi/>)

Στο σχήμα 1.1 παρουσιάζεται το ύψος των ετήσιων βροχοπτώσεων για το χρονικό διάστημα μελέτης 1971-2000, επιβεβαιώνοντας το γεγονός ότι οι προσήνεμες της οροσειράς της Πίνδου περιοχές δέχονται και τα μεγαλύτερα ύψη βροχής λόγω της ύπαρξης του ορεινού όγκου της Πίνδου, και ακόμη αποδεικνύουν ότι τα ελάχιστα ποσά βροχόπτωσης παρατηρούνται στην Ανατολική ηπειρωτική Ελλάδα, στις παραθαλάσσιες περιοχές και ιδίως στα νησιά των Κυκλάδων.



Σχήμα 1.2:Χάρτης ετήσιων βροχοπτώσεων για την ελληνική περιοχή. Στην αριστερή στήλη διακρίνονται από πάνω προς τα κάτω οι μήνες Δεκέμβριος, Ιανουάριος, Φεβρουάριος ενώ στη δεξιά στήλη διακρίνονται οι μήνες Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος.(Πηγή: <http://climatlas.hnms.gr/sdi/>)

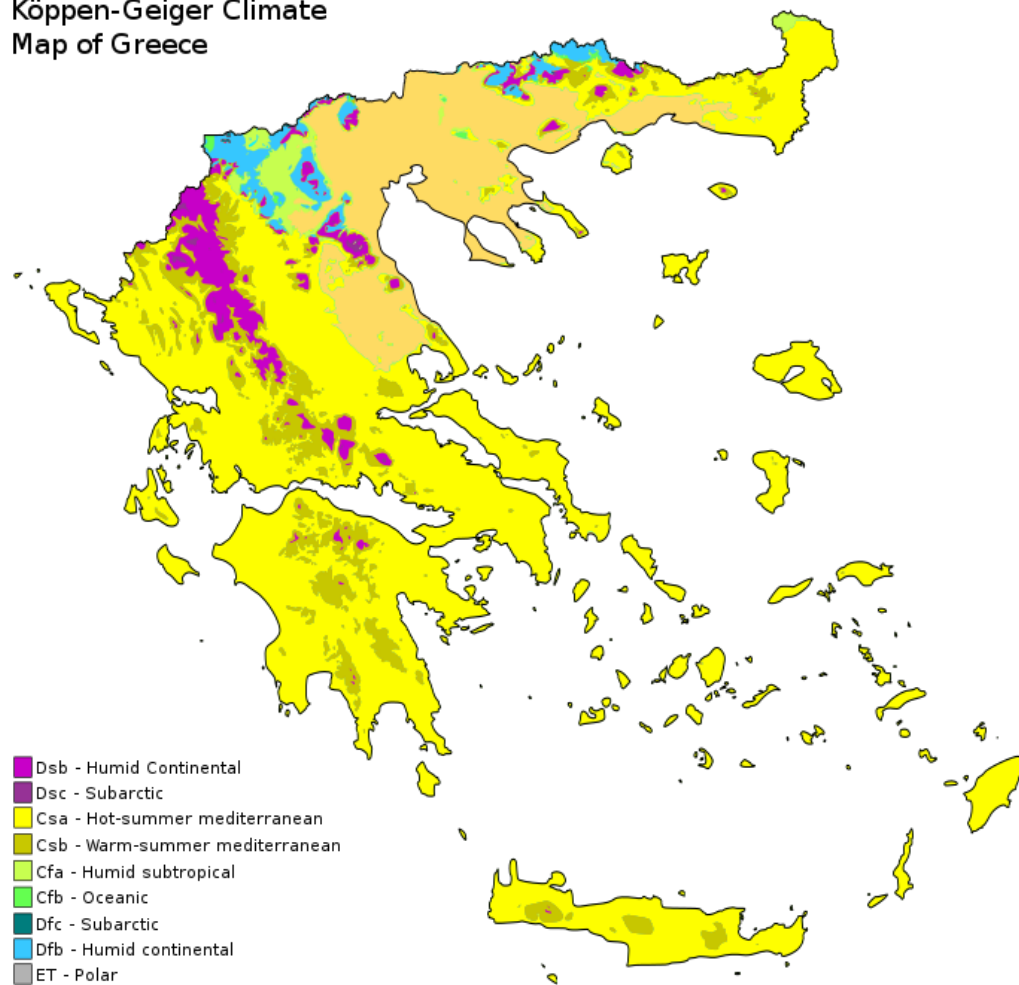
Παρατηρώντας το σχήμα 1.2 αποδεικνύεται, ότι υπάρχει σαφής εξάρτηση των χειμερινών και ετήσιων βροχοπτώσεων με το γεωγραφικό μήκος, με παρατηρούμενη μια γενική μείωση των βροχοπτώσεων από τη Δυτική προς την Ανατολική ηπειρωτική Ελλάδα. Ακόμη καθίσταται σαφές πως η οροσειρά της Πίνδου, που εκτείνεται από τα Βόρεια προς τα Νότια είναι υπαίτια για τη δημιουργία διαφορετικών καθεστώτων βροχόπτωσης μεταξύ του Δυτικού(υγρότερου) και του Ανατολικού(ξηρότερου) τμήματος της ηπειρωτικής χώρας.(Gofa,2019)

Η Ελλάδα λόγω του γεγονότος ότι βρίσκεται στην Εύκρατη ζώνη, επηρεάζεται σχεδόν από όλες τις κατηγορίες αέριων μαζών, με τις επικρατέστερες ωστόσο να είναι οι πολικές αέριες μάζες. Ο γενικός κανόνας που επικρατεί αναφέρει πως στον Ελληνικό χώρο μπορεί κανείς να συναντήσει όλες τις κατηγορίες αέριων μαζών, εξαιρουμένου της κατηγορίας των αρκτικών αέριων μαζών(A) οι οποίες παρατηρούνται μονάχα τους χειμερινούς μήνες. Συγκεκριμένα όσον αφορά τις αέριες μάζες, κατά τη χειμερινή περίοδο οι πολικές θαλάσσιες αέριες μάζες(mP) φτάνουν στον Ελληνικό χώρο ψυχρές και ξηρές έχοντας αποβάλλει μεγάλο μέρος των υδρατμών τους λόγω της πρόσκρουσης με ορεινούς όγκους που συνάντησαν κατά τον ερχομό τους πάνω από την Ευρώπη. Αντιθέτως οι ηπειρωτικές τροπικές αέριες μάζες(cT) υπό τη μορφή Νοτιάδων φέρουν θερμότητα αλλά και υψηλή υγρασία διότι καθώς διέρχονται πάνω από τη Μεσόγειο εμπλουτίζονται με υδρατμούς λόγω του υψηλού βαθμού εξάτμισης της θερμής αυτής επιφάνειας. Επιπλέον λόγω της δράσης του αντικυκλώνα του Ατλαντικού κατά τη θερμή περίοδο, φτάνουν θαλάσσιες τροπικές αέριες μάζες(mT) οι οποίες όμως λόγω της διαδρομής που ακολούθησαν πάνω από θερμές περιοχές της Κεντρικής Ευρώπης φτάνουν στον Ελληνικό χώρο με χαρακτήρες θερμών ηπειρωτικών τροπικών αέριων μαζών(cT). Παρόλα αυτά στην περίπτωση όπου οι τροπικές αέριες μάζες(mT) φτάνουν με ταχείς ρυθμούς στην Ελλάδα, δημιουργούν φαινόμενα βροχοπτώσεων στην Βόρεια Ελλάδα διότι δεν πρόλαβαν να αποβάλλουν το σύνολο των υδρατμών τους. Καταληκτικά κρίνεται αναγκαίο να αναφερθεί πως κακοκαιρίες κατά το θέρος ιδιαίτερα στη Βόρεια Ελλάδα, μπορεί να προκληθούν και λόγω της κυκλοφορίας ενός καλά οργανωμένου κέντρου χαμηλών πιέσεων της Σκανδιναβικής χερσονήσου, το οποίο προωθεί ψυχρές πολικές θαλάσσιες αέριες μάζες προς το Βόρειο τμήμα της χώρας .

Με βάση τα δεδομένα των μετεωρολογικών σταθμών ολόκληρης της ελληνική επικράτειας, προκύπτει ότι βάση της κατάταξης Korpen, το σύνολο των περιοχών υπάγεται στην ομάδα των μεσόθερμων κλιμάτων τύπου "C" και αυτό γιατί οι τιμές της θερμοκρασίας του αέρα για τον ψυχρότερο μήνα(συνήθως του Ιανουαρίου) κυμαίνονται μεταξύ $-2^{\circ}\text{C} < T_{\psi} < 18^{\circ}\text{C}$ καθώς επίσης η τιμή της θερμοκρασίας του θερμότερου μήνα είναι μεγαλύτερη από $T_{\theta} > 22^{\circ}\text{C}$. Επομένως βάση των παραπάνω στο συμβολισμό του ελληνικού κλίματος για περιοχές με υψόμετρα μικρότερα των 1000μέτρων(<1000m) ως τρίτο γράμμα χρησιμοποιείται το "a". Επιπλέον για τις ορεινές περιοχές με υψόμετρο άνω των 1000μέτρων(>1000m) για τη μέση μηνιαία θερμοκρασία των δύο θερμότερων θερινών μηνών ισχύει ότι $T_{\theta} < 22^{\circ}\text{C}$ και ως εκ τούτου το τρίτο γράμμα που θα χρησιμοποιηθεί για το

συμβολισμό των κλιμάτων στις περιοχές αυτές είναι το "b". Παράλληλα από την μελέτη των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων προκύπτει ότι στο σύνολο των πεδινών και ημιορεινών περιοχών, σημειώνονται κατά το θερμό δίμηνο του καλοκαιριού(Ιούλιο-Αύγουστο) ύψη βροχής<30mm. Ακόμη παρατηρείται ότι η πιο βροχερή περίοδος συμπίπτει με την ψυχρότερη και άρα ως δεύτερο γράμμα στον χαρακτηρισμό του ελληνικού κλίματος θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί το "s", για να δηλώσει το θερμό και ξηρό θέρος.

Köppen-Geiger Climate Map of Greece



Σχήμα 1.3: Χάρτης Ελλάδος στον οποίο παρουσιάζονται οι τύποι κλίματος βάση της κατάταξης Korppen για κάθε περιοχή του Ελληνικού χώρου. Προέκυψε από μελέτη δεδομένων για το χρονικό διάστημα 1986-2016.(Πηγή: Greece's Köppen Climate Types Map, Hylke et al.(2018)

Από παρατήρηση του σχήματος 1.3, καθίσταται σαφές πως ο κυρίαρχος τύπος κλίματος- βάση της κατάταξης Korppen- που συναντάται στον ελληνικό χώρο είναι ο τύπος Csa, δηλαδή ο Μεσογειακός τύπος κλίματος ή αλλιώς το κλίμα της ενδοχώρας της Μεσογείου. Αυτός ο τύπος κλίματος χαρακτηρίζεται από ξηρό και θερμό θέρος και από ήπιους χειμώνες. Χαρακτηριστικές περιοχές όπου απαντάται αυτός ο τύπος κλίματος είναι τα νησιά του Βορείου Αιγαίου, οι Κυκλάδες, τα νησιά του Ιονίου, η Πελοπόννησος, η Κρήτη τα Δωδεκάνησα(με κάποιες εξαιρέσεις), το μεγαλύτερο μέρος της Αττικής(εξαιρουμένου του Πειραιά και του παραλιακού μετώπου της Αττικής), η περιοχή Δυτικά και Ανατολικά της Πίνδου καθώς και ένα μέρος της Ροδόπης.(ΜακρογιάννηςΤ.&ΣαχσαμάνογλουΧ.,2004)

Με έντονο μωβ χρώμα στο σχήμα 1.3 παρατηρείται ο τύπος κλίματος Dsb που εντοπίζεται στις ορεινές περιοχές του ελληνικού χώρου και ειδικότερα στην οροσειρά της Πίνδου, στις ορεινές περιοχές της Ροδόπης(Δράμας-Ξάνθης) καθώς και στις υπόλοιπες ορεινές περιοχές της Ελλάδος(Κάιμακτσαλάν, Βούρινο, Πίερια όροι, Όσσα,Πήλιο). Πρόκειται για έναν υγρό ηπειρωτικό τύπο κλίματος, ο οποίος χαρακτηρίζεται από δριμείς χειμώνες, μικρής διάρκειας δροσερά καλοκαίρια και υγρές όλες τις εποχές του έτους.

Με ανοικτό καφέ χρώμα στο σχήμα 1.3 παρατηρείται ο τύπος κλίματος Csb που εντοπίζεται σε περιοχές της Κεντρικής Μακεδονίας, στο Βόλο. Πρόκειται για έναν παράκτιο μεσογειακό τύπο κλίματος, ο οποίος χαρακτηρίζεται από ήπιους χειμώνες με μικρής διάρκειας ξηρά και θερμά καλοκαίρια.

Με γαλάζιο χρώμα στο σχήμα 1.3 παρατηρείται ο τύπος κλίματος Dfb που εντοπίζεται σε περιοχές των πόλεων Δράμας, Σερρών ,Φλώρινας, Έδεσσας. Πρόκειται για έναν υγρό ηπειρωτικό τύπο κλίματος, ο οποίος χαρακτηρίζεται από δριμείς χειμώνες με μικρής διάρκειας θερμά καλοκαίρια και όλους τους μήνες του χρόνου να είναι υγροί. Κρίνεται αναγκαίο να επισημανθεί πως στις παραπάνω περιοχές παρατηρούνται πολλοί και διαφορετικοί κλιματικοί τύποι ως απότοκο της έντονης διαφοράς αναγλύφου που παρουσιάζουν οι περιοχές αυτές(από μεγάλες πεδινές λεκάνες καταλήγουμε σε μεγάλο υψομέτρου βουνά), γεγονός που εξηγεί και τη μεγάλη διαφοροποίηση του κλίματος στις περιοχές αυτές, ακόμα και αν αυτές βρίσκονται σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους.

Σύμφωνα με τον Κλιματικό Άτλαντα της Ελλάδας, προκύπτει η ύπαρξη του κλιματικού τύπου Bsh, δηλαδή η ύπαρξη ενός ξηρού και θερμού κλίματος στέπας το οποίο διακρίνεται για το πολύ θερμό και ημίξερο κλίμα στις περιοχές δράσης του. Συγκεκριμένα τέτοιος τύπος κλίματος παρατηρείται στον Πειραιά και στην Αθηναϊκή Ριβιέρα, σε περιοχές του Κορινθιακού Κόλπου και του Αργοσαρωνικού Κόλπου, σε νησιά των Κυκλάδων και των Δωδεκάνησων (Νίσυρος, Κάρπαθος) καθώς και σε μερικές περιοχές της Κρήτης. (Πηγή: <http://climatlas.hnms.gr/sdi/>)



Σχήμα 1.4: Περιοχές όπου επικρατεί κλιματικός τύπος Bsh. (Πηγή: <https://www.astro.noa.gr/>)

1.2 Περιοχή μελέτης

Η Θεσσαλονίκη αποτελεί τη δεύτερη μεγαλύτερη πόλη της Ελλάδος και πρωτεύουσα του ομώνυμου νομού και της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας με συντεταγμένες $40^{\circ}37'60''\text{N}$ και $22^{\circ}57'00''\text{E}$. Είναι κτισμένη αμφιθεατρικά στις πλαγιές του Κέδρινου Λόφου και περιβάλλεται στα βόρεια από το δάσος του Σείχ Σου. Η βιομηχανική ζώνη της πόλης βρίσκεται στα Δυτικά της και συγκεκριμένα στη Σίνδο ενώ στα Ανατολικά της πόλης βρίσκονται οι περιοχές του αεροδρομίου, της Θέρμης και του Πανοράματος. Νοτιοανατολικά της πόλης παρατηρείται το όρος Χορτιάτης ενώ στα Βόρεια της πόλης βρίσκεται το όρος Σιβρί. Η παρουσία αυτού του ενιαίου ορεινού όγκου, σε συνδυασμό με τη κλειστή, ρηχή και θερμή θάλασσα του Θερμαϊκού κόλπου, οδηγεί στην εμφάνιση υψηλών επιπέδων υγρασίας, κύριο χαρακτηριστικό του μικροκλίματος της πόλης. Χαρακτηριστικό του μικροκλίματος της πόλης ακόμη, αποτελεί και η παρουσία ημερήσιων ανέμων και συγκεκριμένα της θαλάσσιας και της απόγειας αύρας, λόγω παρουσίας του Θερμαϊκού κόλπου, καθώς ακόμη και η παρουσία τοπικών ανέμων όπως του Βαρδάρη και του Ρουπελιώτη.

Με τη μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα να κυμαίνεται γύρω στους 16°C και τη μέση χαμηλότερη θερμοκρασία να παρατηρείται κατά το μήνα Ιανουάριο και να κυμαίνεται γύρω στους 5.5°C , ενώ η μέση υψηλότερη (Ιούλιος) να παρατηρείται κάτω από τους 30°C μπορεί να θεωρηθεί πως το κλίμα στη περιοχή της Θεσσαλονίκης θεωρείται Μεσογειακό με χαρακτηριστικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια αλλά και κρύους και υγρούς χειμώνες, οι οποίοι μπορεί να είναι πολύ δριμείς στην περίπτωση κάποιας ψυχρής εισβολής, προκαλώντας ακόμα και φαινόμενα ημερών με ολικό παγετό. Χαρακτηριστικό των Χειμερινών μηνών και ειδικότερα του Ιανουαρίου είναι οι θερμές και ηλιόλουστες ημέρες λόγω μη ύπαρξης βαροβαθμίδας, οι λεγόμενες Αλκυονίδες μέρες, ενώ ο μεγάλος αριθμός θερινών ζεστών και ξηρών ημερών σε συνδυασμό με την ελάττωση των θερινών βροχών δομούν τα θερινά χαρακτηριστικά του κλίματος της Θεσσαλονίκης. Στο χρονικό διάστημα ενός έτους παρατηρείται ότι περίπου 140 ημέρες έχουν μέγιστη θερμοκρασία πάνω από 25°C ενώ περίπου 70 μέρες έχουν πάνω από τους 30°C , με τις ώρες ηλιοφάνειας να κυμαίνονται μεταξύ 2.400 και 2.600. Καταληκτικά αξίζει να αναφερθεί πως το ετήσιο ύψος βροχής υπολογίζεται κοντά στα 500 χιλιοστά. (Πηγή: <http://diocles.civil.duth.gr>)

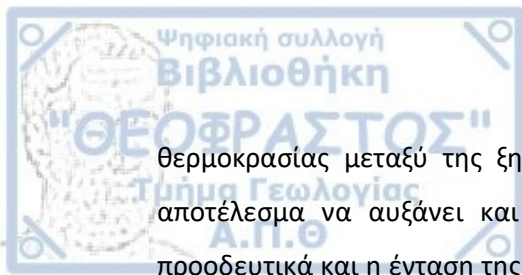
1.3 Τοπικοί άνεμοι περιοχής μελέτης

Η τοπογραφία μιας περιοχής σε συνδυασμό με συγκεκριμένες καιρικές συνθήκες που δύναται να επικρατούν στην περιοχή αυτή, δημιουργεί τοπικούς ανέμους οι οποίοι φέρουν χαρακτηριστικές ονομασίες. Οι άνεμοι αυτοί, που χαρακτηρίζονται ως τοπικοί άνεμοι είναι μικρής κλίμακας. Μερικοί από αυτούς που επηρεάζουν τη πόλη της Θεσσαλονίκης παρουσιάζονται παρακάτω:

➤ Θαλάσσια αύρα(sea breeze)

Η θαλάσσια αύρα αποτελεί έναν από τους πιο συχνά απαντημένους ημερήσιους τοπικούς ανέμους και συναντάται σε παράκτιες περιοχές. Ο σχηματισμός του ημερήσιου αυτού τοπικού συστήματος οφείλεται στον διαφορετικό τρόπο θέρμανσης μεταξύ της ξηράς και της θάλασσας και συγκεκριμένα οφείλεται στη διαφορετική θερμοχωρητικότητα που παρουσιάζουν. Αποτελεί κοινό τόπο ότι η θερμοχωρητικότητα της θάλασσας είναι τριπλάσια σε σχέση με αυτή της ξηράς, γεγονός που σημαίνει ότι η θερμοκρασία της δεν παρουσιάζει μεγάλη μεταβλητότητα όπως της ξηράς, η οποία μεταβάλλει περισσότερο τη θερμοκρασία της για τα ίδια ποσά ενέργειας που λαμβάνει από τον ήλιο με αποτέλεσμα να παρατηρούνται υψηλότερες τιμές θερμοκρασιών πάνω στην επιφάνεια της. Παράλληλα οι ηλιακές ακτίνες που φτάνουν σε μεγάλο βάθος μέσα στη θάλασσα δεν προκαλούν τη θέρμανση της στο αντίστοιχο επίπεδο με τη θέρμανση που προκαλούν στην επιφάνεια της ξηράς, διότι ένα μέρος των ακτινοβολιών που λαμβάνει η θάλασσα χρησιμοποιείται για την εξάτμιση των υδρατμών. Η θαλάσσια αύρα είναι γνωστή επίσης με το όνομα μπάτης ή μπουκαδούρα, πνέει με διεύθυνση από τη θάλασσα προς τη ξηρά(Σχήμα 1.5) και πρόκειται για μια θερμική κυκλοφορία που δημιουργείται λόγω της μεγαλύτερης τιμής πίεσης που παρατηρείται πάνω από τη θάλασσα σε σχέση με τη ξηρά, κάποιες ώρες μετά την ανατολή του ήλιου. (Φλόκας,2010)

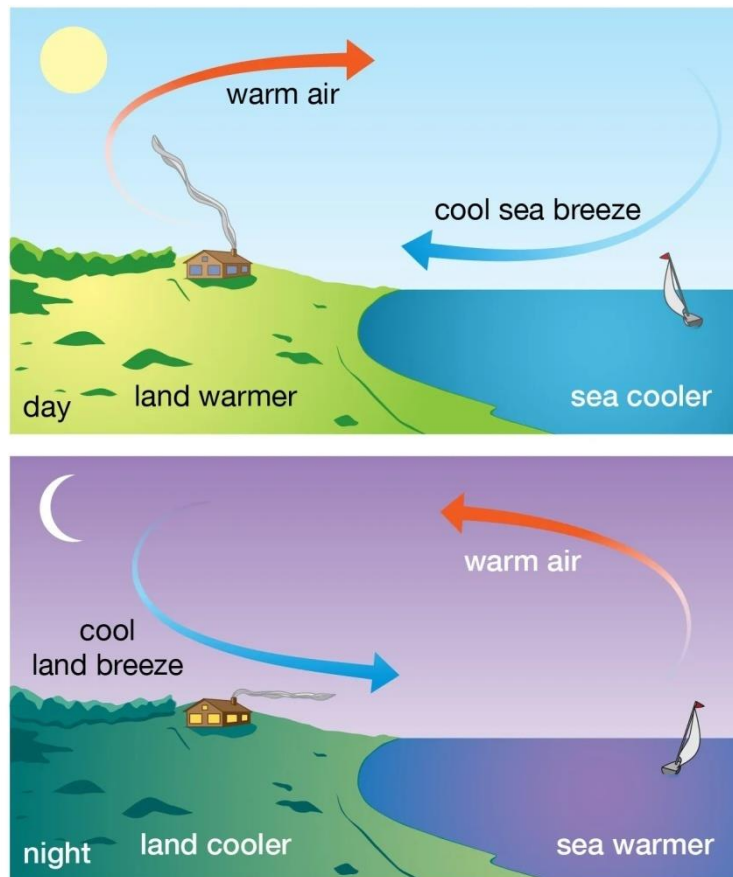
Η θαλάσσια αύρα δημιουργείται αρχικά κοντά στην ακτή με τη διεύθυνση της να είναι κάθετη σε αυτή και μπορεί να φθάσει σε απόσταση 20-40km από αυτή όταν το ανάγλυφο είναι ομαλό και η διαφορά θερμοκρασίας ξηράς-θάλασσας μεγάλη. Το ύψος που μπορεί να φθάσει το ρεύμα αέρα είναι περίπου 500μέτρα. Κατά τη δημιουργία της η θαλάσσια αύρα έχει τυπικές ταχύτητες από 2-5m/s. Καθώς όμως το ύψος του ήλιου αυξάνει, η διαφορά



Θερμοκρασίας μεταξύ της ξηράς και της θάλασσας γίνεται ολοένα και μεγαλύτερη με αποτέλεσμα να αυξάνει και η διαφορά πίεσης μεταξύ των δύο. Επομένως, αυξάνει προοδευτικά και η ένταση της θαλάσσιας αύρας, η οποία παίρνει τη μέγιστη τιμή της κατά τις πρώτες μεσημβρινές ώρες όπου παρατηρείται και το μέγιστο της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας. Μετά το πέρας του ημερήσιου μέγιστου της θερμοκρασίας της ημέρας, οι διαφορές θερμοκρασίας και πίεσης μεταξύ στεριάς και θάλασσας ελαττώνονται με αποτέλεσμα και η ένταση της θαλάσσιας αύρας να ελαττώνεται έως ότου πάψει να υφίσταται τελικά τις πρώτες νυχτερινές ώρες.

➤ **Απόγειος αύρα(land breeze)**

Η απόγειος αύρα αποτελεί έναν ημερήσιο τοπικό άνεμο, αντίστοιχο με αυτόν της θαλάσσιας αύρας και συγκεκριμένα, με το τέλος της πνοής της θαλάσσιας αύρας παρατηρείται το ξεκίνημα πνοής της απόγειου αύρας. Ο σχηματισμός του ημερήσιου αυτού τοπικού ανέμου οφείλεται στο διαφορετικό ρυθμό ψύξης μεταξύ της επιφάνειας της ξηράς και της θάλασσας. Μετά τη δύση του ήλιου παρατηρείται ότι η ξηρά ψύχεται πιο γρήγορα σε σχέση με τη θάλασσα, με αποτέλεσμα η ατμοσφαιρική πίεση που παρατηρείται στην επιφάνεια της να είναι μεγαλύτερη από τη πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας, έχοντας ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ανέμου με διεύθυνση από τη ξηρά προς τη θάλασσα (Σχήμα 1.5), ο οποίος πνέει έως και την ανατολή του ήλιου. Η ένταση και το ύψος της απόγειας αύρας είναι πολύ μικρότερη από την ένταση και το ύψος της θαλάσσιας αύρας και συγκεκριμένα το ύψος της είναι μικρότερο των 100μέτρων. Αυτό συμβαίνει, γιατί οι θερμοκρασιακές διαφορές ξηράς-θάλασσας είναι μεγαλύτερες την ημέρα παρά τη νύκτα.



Σχήμα 1.5: Αναπαράσταση σχηματισμού θαλάσσιας αύρας(στην άνω εικόνα) και απόγειας αύρας(στην κάτω εικόνα). (Πηγή: <https://www.britannica.com/science/land-breeze>)

➤ **Οι αύρες κοιλάδων και βουνών**

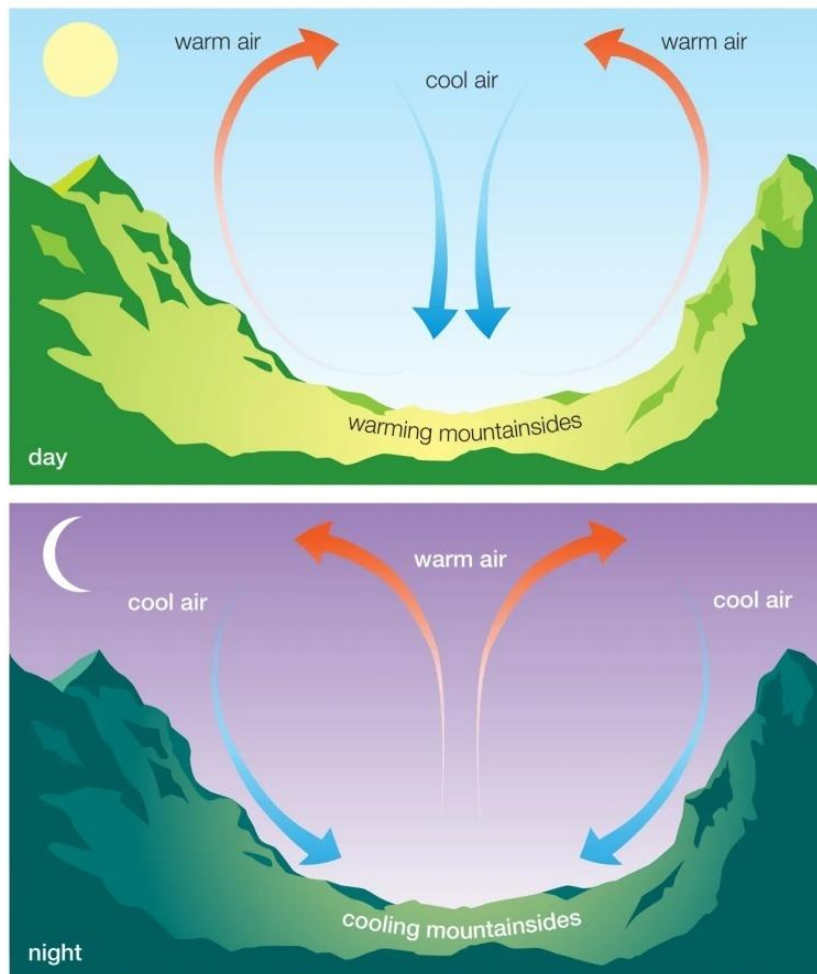
Πρόκειται για συστήματα ανέμων που οφείλονται στον διαφορετικό τρόπο θέρμανσης του αέρα πάνω στις πλαγιές των βουνών σε σύγκριση με τη θέρμανση του αέρα στην ελεύθερη ατμόσφαιρα, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός πως τόσο ο αέρας στις πλαγιές όσο και αυτός στην ελεύθερη ατμόσφαιρα συναντώνται στο ίδιο υψόμετρο. Οι αύρες κοιλάδων πνέουν κατά τη διάρκεια της ημέρας από τα χαμηλότερα σημεία των εδαφών προς τα υψηλότερα, ενώ οι αύρες βουνών πνέουν κατά τη διάρκεια της νύχτας από τα υψηλότερα προς τα χαμηλότερα σημεία σε μια επικλινής επιφάνεια.

Κατά τη διάρκεια ημερών με ανέφελο ουρανό και λόγο του γεγονότος ότι ο αέρας που συναντάται στο βάθος των κοιλάδων θερμαίνεται περισσότερο και πιο γρήγορα σε σχέση με τον αντίστοιχο αέρα στα πρηνή της κοιλάδας, ευνοούνται οι συνθήκες δημιουργίας μιας αύρας, διότι κατά μήκος της κοιλάδας η σύγκλιση που παρατηρείται είναι μεγαλύτερη. Με αποτέλεσμα ο θερμότερος πλέον αέρας που συναντάται στη κοιλάδα να γίνεται πιο ελαφρύς και να ανέρχεται κατά μήκος των πλαγιών κινούμενος προς τις κορυφές τους από όπου και απομακρύνεται. Ωστόσο μετά την απομάκρυνση του θερμότερου αυτού αέρα, για να ολοκληρωθεί το σύστημα κυκλοφορίας της αύρας των κοιλάδων ένας νέος ψυχρότερος αέρας κατέρχεται στο μέσον της κοιλάδας, αναπληρώνοντας τα κενά ροής που άφησε ο προηγούμενος θερμότερος αέρας(Σχήμα 1.6).

Η αύρα κοιλάδας αρχίζει να πνέει μετά την ανατολή του ήλιου και παύει μετά τη δύση του, όπως ακριβώς συμβαίνει και στη περίπτωση της θαλάσσιας αύρας. Εκδηλώνεται όταν δεν επικαλύπτεται από ισχυρότερα ρεύματα αέρα. Πρόκειται για άνεμο αναβάτη και αποκτά ιδιαίτερη σημασία κατά το θέρος, διότι προκαλεί συνήθως βροχές ή και καταιγίδες. Γενικότερα εντοπίζεται στις νότιες πλαγιές και μπορεί να γίνει αισθητή έως και σε υψόμετρα 150μέτρων.

Όσον αφορά την αύρα βουνού, ο μηχανισμός κυκλοφορίας της είναι ακριβώς ο αντίθετος από αυτόν της αύρας κοιλάδας. Η νυχτερινή αύρα βουνού αποτελεί καταβάτη άνεμο και κατέρχεται ασθενέστερη από την κορυφή προς το χαμηλότερο υψόμετρο της κοιλάδας(Σχήμα 1.6).

Valley and mountain breezes



© 2011 Encyclopædia Britannica, Inc.

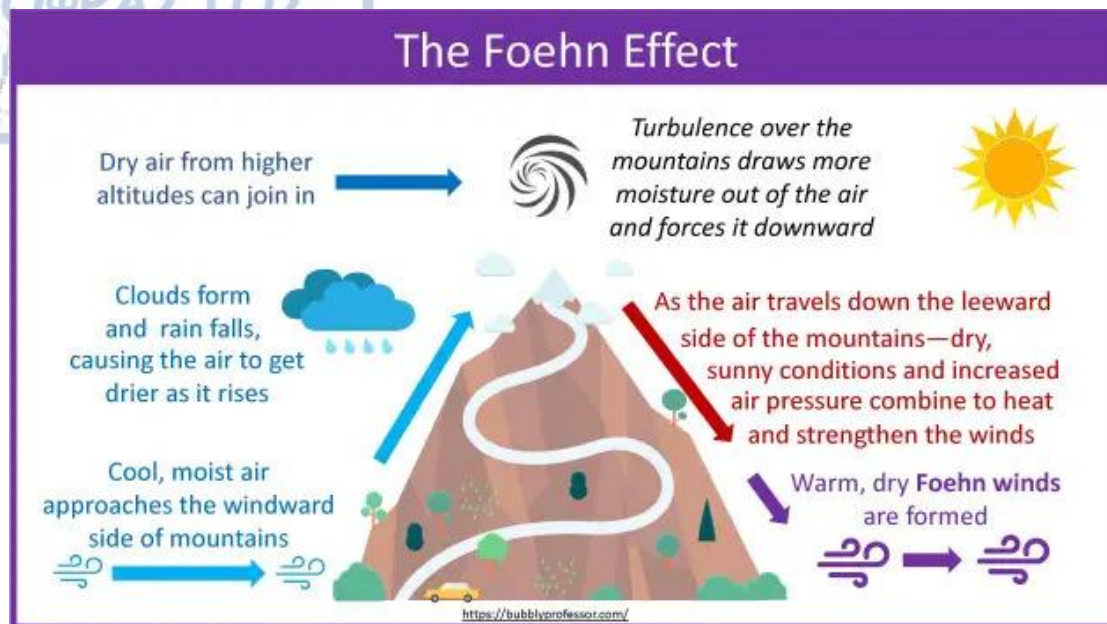
Σχήμα 1.6: Αναπαράσταση σχηματισμού αύρας κοιλάδας (στην άνω εικόνα) και αύρας βουνού(στην κάτω εικόνα).
(Πηγή: <https://www.britannica.com/science>)

➤ **Ανεμοί τύπου Foehn**

Ο πιο γνωστός άνεμος αυτής της κατηγορίας που συναντάται στη χώρα μας είναι ο επονομαζόμενος "Λίβας". Πρόκειται για έναν ξηρό και θερμό άνεμο ήπιων ταχυτήτων με διεύθυνση κάθετη στην οροσειρά της Πίνδου. Λόγω του γεγονότος ότι είναι ξηρός και θερμός, προκαλεί αύξηση των θερμοκρασιών ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες που συναντάται στον Ελληνικό χώρο. Συγκεκριμένα ο Λίβας παρατηρείται στη Θεσσαλική πεδιάδα.

Όσον αφορά το μηχανισμό δημιουργίας των ανέμων τύπου Foehn, ισχύει ότι αυτοί εμφανίζονται όταν υπάρχει ένα ισχυρό και βαθύ ρεύμα αέρα το οποίο μέσα σε ένα μικρό χρονικό διάστημα δύναται να περάσει από μια οροσειρά η οποία είναι κάθετη ως προς την κίνηση του (Σχήμα 1.7). Καθώς οι πλούσιες σε υδρατμούς αέριες μάζες προσεγγίζουν την προσήνεμη πλευρά του βουνού, ανυψώνονται σε αυτήν ενώ παράλληλα εκτονώνονται αδιαβατικά με αποτέλεσμα να ψύχονται και να σχηματίζουν ορογραφικά νέφη τα οποία με τη σειρά τους δίνουν βροχές στην πλευρά αυτή, απελευθερώνοντας με αυτό τον τρόπο μεγάλα ποσά θερμότητας και υδρατμών. Οι αέριες μάζες που ξεπερνάνε την κορυφή του ορεινού όγκου κατέρχονται συμπιεσμένες αδιαβατικά την υπήνεμη πλευρά του με αποτέλεσμα την θέρμανση τους. Απότοκο των παραπάνω είναι ο αέρας να φθάνει στα χαμηλότερα υψόμετρα της υπήνεμης πλευράς ξηρός και θερμός.

Η δράση των ανέμων αυτού του τύπου καθορίζεται από παράγοντες όπως η ένταση του ρεύματος αέρα πριν φτάσει στην προσήνεμη πλευρά, από την τοπογραφία της περιοχής όπου επικρατούν τέτοιοι τύποι ανέμου και τέλος από τη ποσότητα των υδρατμών που απέβαλαν στην προσήνεμη πλευρά του ορεινού όγκου όπου ανέρχονται.



Σχήμα 1.7: Αναπαράσταση του τρόπου σχηματισμού τοπικών ανέμων τύπου Foehn.
(Πηγή: <https://bubblyprofessor.com/2021/01/23/zonda-diablo-norwester-chinook-the-foehn-winds-of-wine>)

1.4 Καταβατικοί άνεμοι

Η ψύξη του παρακείμενου αέρα μιας κεκλιμένης επιφάνειας, έχει ως απότοκο τη δημιουργία ροών. Οι ροές αυτές ονομάζονται καταβατικοί άνεμοι. Η δημιουργία και η παροχή ενέργειας μιας καταβατικής ροής οφείλεται στην θερμοκρασιακή αναστροφή που παρατηρείται στην παραεδάφια επιφάνεια μέσα στο καταβατικό στρώμα. Καθίσταται σαφές πως όταν ο άνεμος κατέρχεται μια πλαγιά, η ένταση της θερμοκρασιακής αναστροφής αυξάνει, ενώ το βάθος της αναστροφής αυξάνεται με την αύξηση της κατακόρυφης απόστασης της κορυφής του ορεινού όγκου από την πλαγιά. Παράλληλα στο μέσο της επιφανειακής θερμοκρασιακής αναστροφής παρατηρείται η μέγιστη τιμή ταχύτητας των καταβατικών ανέμων. Τέλος για το ύψος στο οποίο επιτυγχάνεται η μέγιστη τιμή της ταχύτητας του ανέμου, ισχύει ότι σε απότομες πλαγιές η μέγιστη ταχύτητα των καταβατικών ανέμων επιτυγχάνεται σε μικρότερο ύψος καθώς και ότι το ύψος στο οποίο παρατηρείται η μεγαλύτερη ταχύτητα είναι αντιστρόφως ανάλογο της επιφανειακής ψύξης αλλά και της έντασης της θερμοκρασιακής αναστροφής στην επιφάνεια της πλαγιάς. (Maheras et al.,1982),



Ο άνεμος τύπου Bora, υπάγεται στην ευρύτερη κατηγορία των καταβατικών ανέμων και έχει 2 μορφές. Στη πρώτη περίπτωση συνδέεται με ανέφελο αντικυκλωνικό τύπο καιρού. Πρόκειται για άνεμο ψυχρό με διεύθυνση Βόρεια έως Ανατολική και συνδέεται με ξηρασία, πολύ καλή ορατότητα και ανέφελο ουρανό. Στη δεύτερη περίπτωση, το αίτιο πρόκλησης του ανέμου οφείλεται σε τοπική κυκλογένεση και τότε ο Bora συνδέεται με νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης πλούσια σε ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα όπως βροχή και χιόνι με τις ταχύτητες του να παρουσιάζουν πολύ υψηλές τιμές και να φθάνουν έως και το βαθμό θύελλας. Στην περίπτωση όπου ο άνεμος αυτός οφείλεται σε υφειακές καταστάσεις τότε παρουσιάζεται μαζί του αυξημένη νέφωση και βροχές.

➤ Άνεμος τύπου Mistral

Αίτιο της δημιουργίας αυτού του τύπου ανέμου είναι ο συνδυασμός της δράσης της τοπογραφίας της περιοχής με τον τύπο της κυκλοφορίας που επικρατεί στην ατμόσφαιρα τη δεδομένη στιγμή. Πρόκειται για άνεμο ψυχρό και ξηρό που προκαλεί νεφοδιάλυση και καθαρισμό της ατμόσφαιρας από ρυπογόνες ουσίες, με φορά πνοής BVD διευθύνσεως. Λόγω της τοπογραφίας της περιοχής στην οποία επιδρά, οι ταχύτητες του ιδιαίτερα κατά τους χειμερινούς μήνες αποκτούν πολύ υψηλές τιμές και φθάνουν έως και το βαθμό θύελλας, ενώ παράλληλα η ένταση του ανέμου μπορεί να αυξηθεί λόγω της ύπαρξης καταβατικών ανέμων που πνέουν στη περιοχή ταυτόχρονα με αυτόν. Ο άνεμος αυτός είναι δυνατό σε μικρό χρονικό διάστημα να δημιουργήσει μεγάλο κυματισμό και για αυτό το λόγο θεωρείται επικίνδυνος για τη ναυσιπλοΐα.

1.5 Ο καταβάτης Βαρδάρης

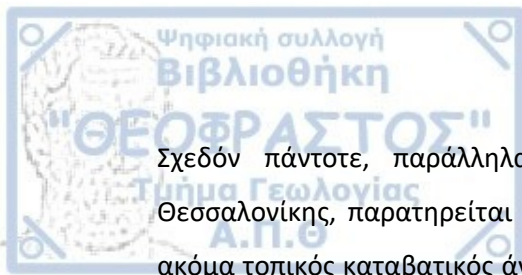
Ο άνεμος Βαρδάρης ως μια άλλη ΒΒΔ ροή καταβατικών ανέμων που υπάγεται στην ευρύτερη κατηγορία των ανέμων τύπου Mistral, δημιουργείται στη χώρα μας κατά μήκος της κοιλάδας του Αξιού και επηρεάζει τη πόλη της Θεσσαλονίκης με ψυχρούς και ξηρούς ανέμους, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.(Maheras et al,1982)

Ο Βαρδάρης άνεμος αποτελεί καθοριστικής σημασίας μετεωρολογικό χαρακτηριστικό για τη πόλη της Θεσσαλονίκης. Οι ΒΒΔ διευθύνσεις πνοής του ανέμου σε συνδυασμό με τις υψηλές τιμές ταχύτητας που παρουσιάζει ειδικότερα κατά τους χειμερινούς μήνες, φέρει στη πόλη της Θεσσαλονίκης δριμύ ψύχος αλλά και ανέφελο ουρανό. Ο άνεμος αυτός σε συνδυασμό με τις "ψυχρές εισβολές", δύναται να δημιουργήσει φαινόμενα παγετού έως και ολικού παγετού με χρονική διάρκεια μίας έως και 7 ημερών, με χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτό της κακοκαιρίας "Αριάδνης" κατά τον Ιανουάριο του 2017.

1.5.1 Χαρακτηριστικά ανέμων Βαρδάρη

Ο άνεμος Βαρδάρης, δημιουργείται κατά μήκος του ποταμού Αξιού, αρχής γενομένης από τη Βόρεια Μακεδονία. Στη συνέχεια, επηρεάζει την Ελλάδα και την Κεντρική Μακεδονία διαμέσου της κορυφογραμμής Πάϊκου-Μπέλες και διαμέσου της κοιλάδας του Αξιού εμφανίζεται στην περιοχή της Θεσσαλονίκης ως Βόρειος- Βορειοδυτικός άνεμος.

Στη περιοχή της Θεσσαλονίκης, φθάνει ως Βόρειος-Βόρειο Δυτικός σφοδρός και ξηρός καταβατικός άνεμος, με μέση ταχύτητα ίση με 10m/s (36Km/h). Πολλές φορές ωστόσο η ταχύτητα του μπορεί να ξεπεράσει τα 20-25m/s(72-90Km/h), με χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτό της 10ης Νοεμβρίου 2007 όπου στην περιοχή του αεροδρομίου Θεσσαλονίκης καταγράφηκε τιμή ταχύτητας ανέμου Βαρδάρη ίση με 32m/s(115Km/h), τιμές θύελλας για τη περιοχή της Θεσσαλονίκης (Τσοπουρίδης,2014).Η συχνότητα εμφάνισης του είναι περίπου 40 μέρες το χρόνο, ενώ η επικράτηση του διαρκεί περίπου 1 με 2 μέρες και μετά από μια διακοπή είναι δυνατή η επανάληψη του. Τυχαίνει, ωστόσο είναι ελάχιστες οι φορές όπου η πνοή του διαρκεί 3 με 4 μέρες.



Σχεδόν πάντοτε, παράλληλα με την επικράτηση του Βαρδάρη στη περιοχή της Θεσσαλονίκης, παρατηρείται κατά μήκος της κοιλάδας του Στρυμώνα να πνέει και ένας ακόμα τοπικός καταβατικός άνεμος που λόγω ότι εισέρχεται στη Σερραϊκή πεδιάδα από τα στενά του Ρούπελ, ονομάζεται Ρουπελιώτης. Η ταχύτητα του είναι αντίστοιχη του Βαρδάρη και συχνά φθάνει έως τη βαθμίδα της θύελλας. (Φλόκας, 2010)

Χαρακτηριστικό της δράσης τόσο του Βαρδάρη όσο και του Ρουπελιώτη, είναι ότι ως ξηροί καταβατικοί άνεμοι προκαλούν έντονη εξάτμιση και νεφοδιάλυση στις περιοχές δράσης τους, γεγονός που συνδέει τις ημέρες δράσης τους με αυξημένη ηλιοφάνεια, μειωμένο ποσοστό σχετικής υγρασίας αλλά και βελτιωμένη ορατότητα στον ορίζοντα. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του Ολύμπου, όπου κατά τις ημέρες πνοής των καταβατικών αυτών ανέμων είναι ορατός από τη πόλη της Θεσσαλονίκης. Τέλος η δράση των ανέμων αυτών είναι πολύ σημαντική διότι απομακρύνουν τους ρύπους από την ατμόσφαιρα.

1.5.2 Προηγούμενες μελέτες για τον άνεμο Βαρδάρη

Οι συνοπτικοί τύποι καιρού που εμφανίζονται στη πόλη της Θεσσαλονίκης, κατατάσσονται σύμφωνα με το Μαχαίρα (1982), βάση των συνθηκών κυκλοφορίας στην κατώτερη και μέση τροπόσφαιρα οι οποίες επικρατούν πάνω από τη Μεσόγειο, σε 5 αντικυκλωνικούς τύπους κυκλοφορίας (A1, A2, A3, A4, A5), σε 6 υφεισιακούς (W1, W2, NW1, NW2, SW1, SW2), σε 2 μικτούς (Mt1, Mt2) και τέλος στους 3 χαρακτηριστικούς (Dsec, Mb, Dor).

Ο καιρός στους μικτούς τύπους κυκλοφορίας (Mt1, Mt2) εξαρτάται από τη μορφή κάθε συνοπτικής κατάστασης, δίχως ωστόσο αυτός να παρουσιάζει σταθερά χαρακτηριστικά. Οι τύποι αυτοί οφείλουν την ύπαρξη τους στο συνδυασμό ύπαρξης μιας υφεισιακής και μιας αντικυκλωνικής κατάστασης, με τον τύπο κυκλοφορίας Mt1 να χαρακτηρίζει την συνοπτική κατάσταση κατά την οποία στη πόλη της Θεσσαλονίκης πνέει άνεμος Βαρδάρης.

Ειδικότερα η εμφάνιση του μικτού κυκλοφοριακού τύπου Mt1, εξαρτάται από την κίνηση της υφειακής κατάστασης, η οποία πρέπει να απομακρύνεται προς τα Ανατολικά και να παρουσιάζει μια σταθερότητα προς τα χαρακτηριστικά της καθώς διέρχεται πάνω από τη Μαύρη θάλασσα. Επιπλέον είναι κοινός τόπος ότι κατά την επικράτηση του τύπου κυκλοφορίας Mt1, ο Ελληνικός χώρος δέχεται την επίδραση ενός ηπειρωτικού αντικυκλωνικού συστήματος καθώς και χαμηλών πιέσεων που προελαύνουν προς τα Ανατολικά με αποτέλεσμα την επικράτηση μεσημβρινής φοράς ισοβαρών και τη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για τον καναλισμό των αέριων μαζών κατά μήκος της κοιλάδας του Αξιού. Απότοκο του καναλισμού των αέριων μαζών είναι η δημιουργία ενός καταβατικού ανέμου τύπου Mistral, του ανέμου Βαρδάρη.

Αναμφισβήτητα η διάρκεια των τύπων κυκλοφορίας Mt1 κατά την ψυχρή περίοδο είναι μικρότερη συγκριτικά με αυτή της θερινής περιόδου, γεγονός που οφείλεται στην απομακρυνόμενη προς τα Ανατολικά ύφεση που απαιτείται για την επικράτηση αυτού του τύπου κυκλοφορίας. Κατά τη χειμερινή περίοδο παρά το γεγονός ότι η συχνότητα εμφάνισης του Mt1 τύπου κυκλοφορίας είναι μικρότερη, παρατηρείται ότι οι ταχύτητες του επικρατέστερου ανέμου Βαρδάρη στη πόλη της Θεσσαλονίκης είναι πολύ υψηλές και λόγω της BBD διευθύνσεως των ανέμων παρατηρείται ψύχος παρά την επικράτηση έντονης ηλιοφάνειας. Η επικράτηση Βαρδάρη, συνδέεται με τις χαμηλότερες μέσες και ελάχιστες θερμοκρασίες για τη πόλη της Θεσσαλονίκης, με τις μέσες ταχύτητες πνοής να αγγίζουν τα 17km/h και τις μέγιστες να μπορούν να υπερβούν τα 90km/h, προσεγγίζοντας τις τιμές ταχυτήτων ανέμου κατά τη διάρκεια μιας θύελλας. Επιπρόσθετα κατά τη διάρκεια πνοής Βαρδάρη, το ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων όπως και η διάρκεια αυτών των φαινομένων προσεγγίζουν τις μικρότερες τιμές τους. Τέλος λόγω του έντονου καναλισμού των αέριων μαζών κατά μήκος της κοιλάδας του Αξιού, παρατηρείται ανέφελος ουρανός, αυξημένη ορατότητα στον ορίζοντα, μειωμένη τιμή σχετικής υγρασίας αλλά και απομάκρυνση των ατμοσφαιρικών ρύπων.

Όσον αφορά τον Mt1 τύπο κυκλοφορίας κατά τους θερινούς μήνες, αυτός παρουσιάζει τα ίδια χαρακτηριστικά καιρού με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά κατά τη χειμερινή περίοδο, με την σημαντικότερη διαφορά να έγκειται στη χρονική διάρκεια επικράτησης φαινομένων, η οποία είναι πολύ μεγαλύτερη από την αντίστοιχη διάρκεια κατά τους χειμερινούς μήνες.

Σε παλαιότερες μελέτες κατά τις οποίες, αντικείμενο έρευνας αποτέλεσε η χρονική διάρκεια των επεισοδίων ανέμου Βαρδάρη για το χρονικό διάστημα 1961 έως και 1986 καθώς και 1996 έως 2002, προέκυψε πως τα περισσότερα επεισόδια Βαρδάρη για τη πόλη της Θεσσαλονίκης είχαν διάρκεια δράσης 1-2 ημέρες, ενώ παρατηρήθηκε ακόμη πως όταν η διάρκεια δράσης του ανέμου Βαρδάρη αυξανόταν σε ημέρες τότε παρατηρούταν πτώση της συχνότητας εμφάνισης αυτών των επεισοδίων.(Macheras et al., 2000)

Η στατιστική μελέτη των χαρακτηριστικών του ανέμου Βαρδάρη αλλά και των υπόλοιπων ανέμων Βόρειο Δυτικής διεύθυνσης μελετήθηκαν από τον Angouridakis et al., 1981, με δεδομένα έντασης και διεύθυνσης ανέμου για το χρονικό διάστημα 1957-1977. Από την παραπάνω μελέτη προκύπτει ότι παρά το γεγονός ότι άνεμοι Βόρειο Δυτικής ροής πνέουν στη πόλη της Θεσσαλονίκης όλο το χρόνο, εντούτοις οι μέρες όπου οι ταχύτητες του ανέμου είναι πολύ υψηλές είναι πολύ σπάνιες. Παρατηρήθηκε επίσης πως το χειμώνα πνέουν πιο συχνά άνεμοι διευθύνσεως ΒΔ για ένα συνεχόμενο διάστημα ημερών, συγκριτικά με το θέρος όπου η διάρκεια πνοής αυτών των ανέμων κρατάει 1-2 μέρες. Καταληκτικά οι υψηλότερες τιμές έντασης πνοής των ανέμων αυτών παρατηρήθηκαν τους θερινούς μήνες και συγκεκριμένα τον Ιούλιο και Αύγουστο.

Σύμφωνα με τους Arseni-Papadimitriou and Maheras (1985) κατά τη μελέτη τους για την επίδραση που παρουσιάζει η πνοή ανέμου Βαρδάρη κατά τους θερινούς μήνες στη μεταβολή των μετεωρολογικών χαρακτηριστικών για τη περιοχή της Θεσσαλονίκης, προέκυψε ότι οι μέγιστες ταχύτητες ανέμου Βαρδάρη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες παρατηρούνται τις απογευματινές ώρες και ότι η θερμοκρασία καθώς και η σχετική υγρασία παρουσιάζουν ταυτόχρονα απότομη πτώση αμέσως μετά την έναρξη του επεισοδίου πνοής ανέμου.

Ο Maheras et al. (1984) μελετώντας τη δομή της τροπόσφαιρας κατά την επικράτηση του Βαρδάρη, με δεδομένα επεισοδίων Βαρδάρη για το χρονικό διάστημα 1966-1975 κατέληξε στο συμπέρασμα πως παρατηρείται μια επιπλέον θερμοκρασιακή αναστροφή από το έδαφος έως το επίπεδο των 100mb. Λόγω της αναστροφής αυτής εμποδίζεται η προς τα πάνω κατακόρυφη μετάδοση της ενέργειας με απότοκο τη δημιουργία έντονων επεισοδίων Βαρδάρη. Καταληκτικά παρατηρήθηκε ότι η σχετική υγρασία παρουσιάζει αύξηση από το έδαφος μέχρι και το επίπεδο όπου παρατηρείται η θερμοκρασιακή αναστροφή, ενώ μόλις ξεπεράσει αυτό το επίπεδο μειώνεται συνεχώς με την αύξηση του ύψους.

1.6 Δείκτης ψυχρότητας

1.6.1 Γενικά για το δείκτη ψυχρότητας

Ο δείκτης που ασχολείται με τον υπολογισμό της αίσθησης της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, βάση παραμέτρων όπως η πραγματική θερμοκρασία περιβάλλοντος, η ταχύτητα του ανέμου αλλά και η τιμή της σχετικής υγρασίας, ονομάζεται αισθητή θερμοκρασία. Ο υπολογισμός του δείκτη αυτού, πραγματοποιείται μέσω μαθηματικών μοντέλων που αναπτύχθηκαν με σκοπό να συγκρίνουν τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν στην πραγματικότητα στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον με τη θερμοκρασία που θα έπρεπε να αισθάνεται το ανθρώπινο σώμα όταν βρίσκεται σε συνθήκες κανονικής υγρασίας και ανέμου.

Η αισθητή θερμοκρασία από το ανθρώπινο σώμα μεταβάλλεται βάση των εκάστοτε ατμοσφαιρικών συνθηκών. Για να παραμείνει η θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος σταθερή, πρέπει η θερμότητα η οποία απορροφάτε από το σώμα να είναι ίδια με αυτή που χάνεται από αυτό. Στην περίπτωση όπου η θερμότητα που χάνεται από το σώμα είναι μεγαλύτερη συγκριτικά με αυτήν που απορροφάτε τότε το ανθρώπινο σώμα έχει την αίσθηση του "ψύχους" και αντίστροφα όταν η θερμότητα που απορροφάτε είναι περισσότερη από αυτή που χάνεται την αίσθηση της "ζέστης". Για αυτό το λόγο παρατηρείται μια συνεχόμενη ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ του ανθρώπινου σώματος και συγκεκριμένα, της επιφάνειας του δέρματος με το τριγύρω περιβάλλον. Σε μια ψυχρή μέρα, ένα λεπτό στρώμα μορίων θερμού αέρα καλύπτει το δέρμα και προστατεύει το σώμα από τον περιβάλλοντα ψυχρό καιρό μειώνοντας έτσι με αυτό τον τρόπο την ταχύτητα μετάδοσης θερμότητας προς το περιβάλλον.

Όταν πνέει άνεμος, το λεπτό αυτό στρώμα του θερμού αέρα που σχηματίζεται ως ακτινοβολία ακριβώς πάνω από το δέρμα απομακρύνεται και έτσι το σώμα αποβάλλει τη θερμότητα του προς το περιβάλλον, καθώς όχι μόνο χάνει τα οφέλη της μόνωσης που προκαλούνται από το λεπτό στρώμα θερμού αέρα αλλά μαζί με αυτό εξατμίζεται και η υγρασία του δέρματος ενισχύοντας περαιτέρω την ψύξη. Αποτέλεσμα της διεργασίας αυτής είναι η μείωση της θερμοκρασίας του ανθρώπινου σώματος. Όσο πιο μεγάλη είναι η ταχύτητα του ανέμου, τόσο πιο γρήγορα αποβάλλεται η θερμότητα από το σώμα προς το περιβάλλον με αποτέλεσμα η ταχύτητα ψύξης του σώματος να αυξάνεται.

Το γεγονός ότι ο άνεμος μπορεί να κάνει το ανθρώπινο σώμα να αισθάνεται πιο "κρύο" περιγράφεται μέσω ενός δείκτη που ονομάζεται δείκτης ψυχρότητας. Αυτή η παράμετρος παρουσιάζεται για να εκφράσει τη σχέση μεταξύ της έλλειψης ανθρώπινης άνεσης(Δείκτης Δυσφορίας) και της κοινής επίδρασης του ανέμου και της θερμοκρασίας. Δεν πρόκειται ουσιαστικά για μια τιμή πραγματικής θερμοκρασίας του ανθρώπινου σώματος, αλλά για την αίσθηση της θερμοκρασίας που αποκτά το σώμα τη δεδομένη χρονική στιγμή με βάση την ταυτόχρονη επίδραση του ανέμου και της επικρατούσας θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Κρίνεται αναγκαία η αναφορά πως ο δείκτης αυτός αναφέρεται μόνο στο δέρμα που εκτίθεται στον αέρα και όχι στις περιοχές που καλύπτονται με ρουχισμό.

Ο δείκτης ψυχρότητας(Wind Chill Index) υπάγεται στην κατηγορία των λεγόμενων Δεικτών Δυσφορίας. Οι δείκτες αυτοί δεν αφορούν θερμοκρασίες με την αυστηρή έννοια του όρου, αλλά πρόκειται για ένα μέτρο της θερμικής άνεσης ή δυσφορίας του ανθρώπου, δηλαδή δείχνουν το πως αισθάνεται ο άνθρωπος την ζέστη ή το ψύχος κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες οι οποίες εξαρτώνται τόσο από ατμοσφαιρικούς όσο και από βιοκλιματικούς παράγοντες(φύλο, ηλικία, κατάσταση υγείας του ανθρώπου).

Ο γνωστότερος δείκτης αυτής της κατηγορίας είναι ο Wind Chill Index. Η τιμή του δείκτη δεν αντιπροσωπεύει μια πραγματική τιμή θερμοκρασίας περιβάλλοντος αλλά μια τιμή θερμοκρασίας που αναπαριστά τη δυσφορία που νιώθει το ανθρώπινο σώμα όταν εκτίθεται σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος μικρότερες των 7°C και ταχύτητας ανέμου $\geq 5\text{Km/h}$. Στην περίπτωση όπου ο ρυθμός απομάκρυνσης θερμότητας προς το περιβάλλον είναι ταχείς, λόγω της επικρατούσας χαμηλής θερμοκρασίας περιβάλλοντος και της υψηλής ταχύτητας του ανέμου, η θερμοκρασία του σώματος μπορεί να οδηγηθεί σε χαμηλότερα από το κανονικό επίπεδα λόγω της αύξησης των θερμικών απωλειών προς το περιβάλλον με αποτέλεσμα το σώμα να βρεθεί σε κατάσταση υποθερμίας, προκαλώντας ακόμη και θάνατο στον ανθρώπινο οργανισμό.

Παρά το γεγονός ότι ο δείκτης ψυχρότητας δεν λαμβάνει υπόψη σημαντικές περιβαλλοντικές παραμέτρους όπως τη σχετική υγρασία καθώς και την ηλιακή ακτινοβολία, οι ερευνητές που διεξήγαγαν τις έρευνες θεωρούν ότι τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη μελέτη του δείκτη, λαμβάνοντας υπόψη μονάχα τις παραμέτρους της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και της ταχύτητας του ανέμου είναι αρκετά ούτως ώστε να συναχθούν τα αναγκαία συμπεράσματα τα οποία θα προστατέψουν την ανθρώπινη ζωή από τον κρύο καιρό και τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει.

Ο δείκτης ψυχρότητας (Wind Chill Index) έχει ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών, ειδικότερα στις χώρες όπου ο χειμώνας είναι ψυχρός και μεγάλος σε διάρκεια. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα μιας έρευνας που πραγματοποιήθηκε στον Καναδά, μιας χώρας που εμφανίζει πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, με το κρύο να επικρατεί έως την άνοιξη και την παρουσία συχνών ψυχρών εισβολών και χιονισμένων τοπίων. Η έρευνα αφορούσε, το αν οι κάτοικοι της χώρας λαμβάνουν υπόψη το δείκτη ψυχρότητας που εκδίδουν οι αρμόδιες μετεωρολογικές υπηρεσίες και σε τι βαθμό λαμβάνουν υπόψη αυτό το δείκτη. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως ποσοστό 82% του γενικού πληθυσμού συμβουλεύεται το δείκτη ψυχρότητας ούτως ώστε να προγραμματίσουν τις δραστηριότητες-εργασία τους καθώς και τον τρόπο ένδυσης τους. Παράλληλα σκοπός του δείκτη είναι η πρόληψη αποφυγής τραυματισμών λόγω της έκθεσης του ακάλυπτου ανθρώπινου δέρματος στο ψύχος. Ο τραυματισμός που μπορεί να επέλθει είναι αποτέλεσμα της υποθερμίας ή ακόμα και των κρυοπαγημάτων που μπορεί να παρατηρηθούν, τέλος ο δείκτης μπορεί να βοηθήσει στα μέτρα πολιτικής προστασίας σχετικά με μέτρα προστασίας των αστέγων και των υπολοίπων ευπαθών ομάδων του πληθυσμού.

Παράλληλα κρίνεται αναγκαία η αναφορά στο γεγονός πως ο δείκτης ψυχρότητας μπορεί να εμφανίζεται στη βιβλιογραφία είτε ως Wind Chill Index(WCI), είτε ως Wind Chill Temperature index(WCT). Με όποιον τρόπο και να εμφανίζεται, μελετάται πάντοτε ο ίδιος δείκτης, αυτός του δείκτη ψυχρότητας. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, με τον όρο δείκτης ψυχρότητας θα αναφερόμαστε στον όρο Wind Chill Index(WCI) και όχι στο WCT.

1.6.2 Υψηλές τιμές δείκτη ψυχρότητας για τη περιοχή μελέτης

Σκοπός της υποενότητας αυτής είναι η παρουσίαση ορισμένων χαρακτηριστικών περιπτώσεων όπου οι τιμές εμφάνισης δείκτη ψυχρότητας Wind Chill Index ήταν πολύ χαμηλές για ένα εύλογο χρονικό διάστημα, καθώς και η ανάδειξη της σχέσης μεταξύ των ψυχρών εισβολών που επηρεάζουν τη πόλη της Θεσσαλονίκης αλλά και του δείκτη ψυχρότητας. Προτού προχωρήσουμε στην αναφορά συγκεκριμένων ψυχρών εισβολών και της επίδρασης που αυτές είχαν στις τιμές του δείκτη, οφείλει να καταστεί σαφές πως παρά το γεγονός ότι οι ψυχρές εισβολές συνδέονται με χιονοπτώσεις, εντούτοις δεν προκαλούν πάντα και παντού χιονόπτωση. Παρακάτω παρουσιάζεται η πιο χαρακτηριστική περίπτωση ψυχρής εισβολής που επηρέασε τη πόλη της Θεσσαλονίκης.

Κακοκαιρία "Αριάδνη"(5-11/1/2017)

Η ψυχρή εισβολή που έπληξε τη πόλη της Θεσσαλονίκης κατά το χρονικό διάστημα 5/1 έως και 11/1/2017 δίνοντας πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και μεγάλο ύψος χιονιού, οφείλεται σε μια ράχη υψηλών πιέσεων στη Δυτική Ευρώπη το οποίο έδωσε χώρο για τη κάθοδο ενός ισχυρού αυλώνα στη Νοτιοανατολική Ευρώπη. Ο αυλώνας αυτός έφερε πολύ ψυχρές αέριες μάζες, οι οποίες έριξαν τη θερμοκρασία σε επίπεδα υπό του μηδενός για 5 συνεχόμενες μέρες, θέτοντας έτσι την αρχή για τον ολικό παγετό που επικράτησε μεταξύ αυτών των ημερομηνιών. Αναλυτικότερα οι διευθύνσεις των ανέμων για τις ημερομηνίες από 5/1 έως 11/1 είναι:

- 5/1 άνεμος Βορειοανατολικής διεύθυνσης
- 6/1, 7/1, 9/1 άνεμος Βόρειο-Βορειοδυτικής διεύθυνσης("Βαρδάρης")
- 8/1 άνεμος Βόρειας διεύθυνσης
- 10/1 άνεμος Βόρειο δυτικής διεύθυνσης
- 11/1 άνεμος Βόρειο-Βορειοανατολικής διεύθυνσης

Η μελέτη της "Αριάδνης" έδειξε ότι οι ελάχιστες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν τις ημερομηνίες 6 έως και 10/1 και συγκεκριμένα η θερμοκρασία περιβάλλοντος για το χρονικό διάστημα αυτό ήταν συνεχώς υπό του μηδενός(ολικός παγετός). Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τους ανέμους Βόρειας συνιστώντας που επικράτησαν τις ημέρες αυτές είχαν ως αποτέλεσμα να παρατηρηθεί για τη πόλη της Θεσσαλονίκης πολύ έντονη αίσθηση ψύχους και αυτό διότι ο δείκτης ψυχρότητας Wind Chill Index για το χρονικό διάστημα αυτό κυμάνθηκε από -6 °C έως και -14.4 °C. Αναλυτικότερα στις 8/1 παρατηρήθηκε η ελάχιστη

Θερμοκρασία αυτής της χρονικής περιόδου, η οποία ισούται με $-9.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ και σε συνδυασμό με την ταχύτητα του ανέμου 8.4Km/h και τη Βόρεια διεύθυνση του μας έδωσαν μια τιμή δείκτη ψυχρότητας ίση με $T_{wc}=-14.4\text{ }^{\circ}\text{C}$, την χαμηλότερη τιμή για το χρονικό διάστημα μελέτης(2000-2020). Χαμηλή τιμή δείκτη ψυχρότητας παρατηρήθηκε και στις 7/1 ίση με $T_{wc}=-12.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ αλλά και στις 6/1 , 9/1 ίση με $-9.5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Οι χιονοπτώσεις ξεκίνησαν στις 10/1 και ολοκληρώθηκαν στις 11/1 λόγω της προέλευσης ενός θερμού μετώπου από τα Νότια.



Σχήμα 1.8: Παγωμένα τρεχούμενα νερά στις 8/1/2027.

(Πηγή:<https://www.meteology.gr/>)



Σχήμα 1.9: Παγωμένη επιφάνεια Θερμαϊκού κόλπου.

(Πηγή: <https://www.meteology.gr/>)

Από το παράδειγμα της "Αριάδνης" προκύπτει ότι οι ψυχρές εισβολές που επηρεάζουν τη πόλη της Θεσσαλονίκης με τις χαμηλές θερμοκρασίες που προκαλούν καθώς και τους συνήθως Βόρειας διεύθυνσης ανέμους είναι υπεύθυνες για την εμφάνιση τιμών δείκτη ψυχρότητας. Ωστόσο αυτό το συμπέρασμα δεν είναι πάντα αληθές, καθώς έχουν υπάρξει ψυχρές εισβολές οι οποίες δεν ικανοποιούσαν τη μία από τις δύο απαραίτητες συνθήκες ούτως ώστε να έχουμε εμφάνιση τιμών δείκτη ψυχρού κλίματος. Συνηθίζεται μάλιστα η συνθήκη που δεν ικανοποιείται να είναι η επίτευξη της κατάλληλης ταχύτητας του ανέμου ($V_a \geq 5\text{Km/h}$).

Χαρακτηριστικό τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η ψυχρή εισβολή που επηρέασε τη Θεσσαλονίκη το χρονικό διάστημα 4-10/1/2019 και ονομάστηκε "Σοφία". Η "Σοφία" έδωσε χαμηλές θερμοκρασίες για το χρονικό διάστημα αυτό όπως αναμενόταν σαν ψυχρή εισβολή

,συγκεκριμένα στο χρονικό διάστημα από 4 έως 9/1 η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν υπό του μηδενός σχεδόν για όλο το εικοσιτετράωρο με την ελάχιστη θερμοκρασία να καταγράφεται στις 8/1 και να ισούται με -5.3°C , παράλληλα έφερε ανέμους Βόρειο Δυτικής διεύθυνσης και μεγάλο ύψος χιονόπτωσης. Ωστόσο οι ταχύτητες των ανέμων που επικρατούσαν δεν ικανοποιούσαν τη συνθήκη $Va \geq 5\text{Km/h}$ και επομένως η ψυχρή αυτή εισβολή δεν συνδέθηκε με καμία εμφάνιση τιμής δείκτη Wind Chill Index. Οφείλει να επισημανθεί πως παρά το γεγονός ότι φαινόμενα ακραίου παγετού απουσίαζαν, υπήρξαν περιοχές σε κοιλάδες όπου ευνοούνται οι θερμοκρασιακές αναστροφές και παρουσιάστηκαν τέτοια φαινόμενα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο Λαγκαδάς που ενώ στις 8/1 η θερμοκρασία για όλο το νομό Θεσσαλονίκης έπεσε κάτω από τους -3°C , ο Λαγκαδάς σημείωσε θερμοκρασία ίση με -14.3°C . Τέλος στις 9/1 παρατηρείται έλευση θερμού μετώπου από τα Δυτικά, διευθύνσεις ανέμων Νότιο Ανατολικοί, αύξηση θερμοκρασίας περιβάλλοντος αλλά εγκλωβισμό ψύχους για τη πόλη της Θεσσαλονίκης με τις θερμοκρασίες να παραμένουν υπό του μηδενός.

1.7 Στόχοι διπλωματικής

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εύρεση του ρυθμού εμφάνισης των τιμών δείκτη ψυχρού κλίματος για τη πόλη της Θεσσαλονίκης, για το χρονικό διάστημα μελέτης(2000-2020) καθώς και η εύρεση του μήνα όπου παρουσιάζονται οι μέγιστες αλλά και οι ελάχιστες εμφανίσεις του δείκτη στο χρονικό διάστημα αυτό.

Η πορεία μεταβολής του ρυθμού εμφάνισης του δείκτη ψυχρότητας με τη πάροδο των χρόνων για το χρονικό διάστημα μελέτης καθώς και η μεταβολή των μέσων όρων της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, της ταχύτητας ανέμου καθώς και της μέγιστης ταχύτητας του ανέμου, οφείλουν να αναλυθούν στην παρούσα διπλωματική εργασία ούτως ώστε να αναδειχθεί η άμεση σχέση που εμφανίζει ο δείκτης ψυχρότητας(Wind Chill Index) με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και την ταχύτητα του ανέμου.

Παράλληλα σκοπός της εργασίας είναι και η εκτίμηση των τάσεων εμφάνισης του δείκτη ψυχρότητας, καθώς και η εκτίμηση των τάσεων που αφορούν τη μεταβολή των μέσων όρων της θερμοκρασίας περιβάλλοντος αλλά και της ταχύτητας του ανέμου στο μέλλον για τη πόλη της Θεσσαλονίκης.

- Για την πραγματοποίηση των στόχων της εργασίας κρίνεται αναγκαία και η εύρεση των ποσοστών διεύθυνσης του ανέμου για τους μήνες όπου παρουσιάζουν εμφανίσεις τιμών του δείκτη ψυχρότητας και συγκεκριμένα για τα δεδομένα του χρονικού διαστήματος μελέτης, με σκοπό να ερευνηθεί η σχέση που παρουσιάζει ο δείκτης ψυχρότητας με τη διεύθυνση πνοής των ανέμων.
- Επίσης οφείλεται να ερευνηθεί η σχέση που παρουσιάζουν οι ψυχρές εισβολές με το ρυθμό εμφάνισης αλλά και με τις τιμές εμφάνισης του δείκτη ψυχρότητας, όταν η πόλη της Θεσσαλονίκης δέχεται τις επιδράσεις μιας τέτοιας εισβολής.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα θερμοκρασίας περιβάλλοντος και ταχύτητας ανέμου(ωριαία και ημερήσια) για την περίοδο από 1/1/2000 έως και 31/12/2020, δεδομένα που προέρχονται από το μετεωρολογικό σταθμό που βρίσκεται στο Μετεωροσκοπείο του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Πιο αναλυτικά, κατασκευάστηκαν πίνακες και διαγράμματα που επεξηγούν το ρυθμό με τον οποίο μεταβάλλεται ο μέσος όρος της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, της ταχύτητας του ανέμου, της μέγιστης ταχύτητας του ανέμου αλλά και του δείκτη ψυχρότητας για το χρονικό διάστημα μελέτης. Στα διαγράμματα που κατασκευάστηκαν εμφανίζεται και η γραμμή τάσης η οποία αποδεικνύει έμπρακτα την πορεία που τείνει να ακολουθήσουν οι μέσοι όροι στο μέλλον.

Επιπρόσθετα παρουσιάζονται διαγράμματα τα οποία αφορούν το ποσοστό διεύθυνσης του ανέμου για δεδομένα 20 ετών για τους μήνες Νοέμβριο έως και Μάρτιο. Τα δεδομένα αυτά αφορούν συγκεκριμένα τους μήνες αυτούς, διότι ο δείκτης ψυχρότητας εμφανίζεται ως επί το πλείστον αυτούς τους μήνες καθώς εκπληρώνονται οι 2 προϋποθέσεις που τίθενται για την εμφάνιση του.

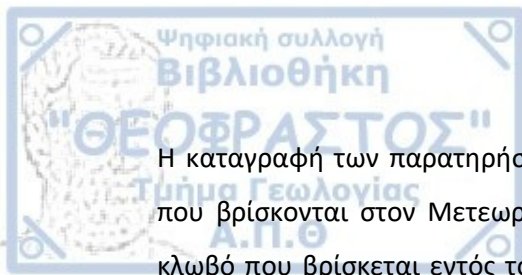
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΔΕΔΟΜΕΝΑ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Δεδομένα παρατηρήσεων

Για την υλοποίηση της παρούσας εργασίας αξιοποιήθηκαν μετεωρολογικά και κλιματολογικά δεδομένα θερμοκρασίας περιβάλλοντος και ταχύτητας ανέμου.

Αναλυτικότερα, συλλέχθηκαν πρωτογενή δεδομένα τα οποία στην ουσία ήταν μετεωρολογικές παρατηρήσεις που προέρχονταν από μόνο έναν σταθμό επιφάνειας, εκείνον του Μετεωροσκοπείου που βρίσκεται εντός του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Επομένως ως περιοχή μελέτης της εν λόγω εργασίας λογίζεται αποκλειστικά η περιοχή της Θεσσαλονίκης. Τα δεδομένα τόσο της θερμοκρασίας περιβάλλοντος όσο και της ταχύτητας του ανέμου αναφέρονται στην χρονική περίοδο που ξεκινά από τον Ιανουάριο του 2000(1/1/2000) έως και το Δεκέμβριο του 2020(31/12/2020). Επομένως πρόκειται για μια εικοσαετή μελέτη δεδομένων με καθημερινές και ωριαίες μετρήσεις τόσο της θερμοκρασίας περιβάλλοντος όσο και της ταχύτητας του ανέμου.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία συλλέχθηκαν από 2 διαφορετικούς σταθμούς, οι οποίοι βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή του Μετεωροσκοπείου. Συγκεκριμένα ο ένας σταθμός στον οποίο γίνεται η μέτρηση των δεδομένων της ωριαίας θερμοκρασίας καθημερινά βρίσκεται στο Μετεωρολογικό Σταθμό του ΑΠΘ και έχει Γεωγραφικό Μήκος: 22.95735°, Γεωγραφικό Πλάτος: 40.63190° και βρίσκεται σε υψόμετρο 32μέτρων. Ο δεύτερος σταθμός στον οποίο γίνεται η μέτρηση των δεδομένων της ωριαίας ταχύτητας του ανέμου καθώς και της διεύθυνσης του ανέμου καθημερινά, εντοπίζεται στην οροφή του Μετεωροσκοπείου και συγκεκριμένα έχει Γεωγραφικό Μήκος:22.95812°, Γεωγραφικό Πλάτος:40.63110° και βρίσκεται σε υψόμετρο 50μέτρων.



Η καταγραφή των παρατηρήσεων ήταν αποτέλεσμα των ειδικών επιστημονικών οργάνων που βρίσκονται στον Μετεωρολογικό Σταθμό του ΑΠΘ. Όσον αφορά τον μετεωρολογικό κλωβό που βρίσκεται εντός του σταθμού, πρόκειται για ένα μικρό ξύλινο κουτί σε σχήμα κύβου με λευκά τοιχώματα. Γενικότερα ένας μετεωρολογικός κλωβός μπορεί να περιέχει πέρα από όργανα μέτρησης της θερμοκρασίας όπως τα προαναφερθέντα, όργανα μέτρησης της υγρασίας, της εξάτμισης και της πίεσης. Ο μετεωρολογικός κλωβός του σταθμού, ο κιγκλιδωτός κλωβός, ο οποίος είναι ξύλινος κύβος πλευράς 0,6m με 1m. Τα πλευρικά τοιχώματα του αποτελούνται από κιγκλίδες αντίθετης φοράς που σχηματίζουν γωνία 90° μεταξύ τους και 45° με τον ορίζοντα. Ο τρόπος αυτός κατασκευής επιτρέπει να αερίζεται ο θάλαμος και να προστατεύονται τα όργανα από την άμεση ακτινοβολία, τη βροχή και το χιόνι. Η πλευρά του κλωβού που βρίσκεται προς Βορρά, χρησιμεύει σαν πόρτα, για να μην εισέρχεται η άμεση ηλιακή ακτινοβολία στον κλωβό οποιαδήποτε ώρα και αν αυτός ανοιχτεί. Το ύψος της βάσης του κλωβού είναι 1,5m από το έδαφος και στηρίζεται σταθερά πάνω σε τέσσερα ξύλινα ή μεταλλικά πόδια. Χλόη πρέπει να καλύπτει το έδαφος γύρω από τον κλωβό. Ο μετεωρολογικός κλωβός και κατ' επέκταση και ο μετεωρολογικός σταθμός, πρέπει να τοποθετείται μακριά από κτίρια, δένδρα, βιομηχανίες, αρδευόμενα χωράφια, σε κορυφές λόφου χωρίς απότομες πλαγιές ή στο μέσον ανοικτής πεδιάδας. Μέσα στο κλωβό (Σχήμα 2.1) υπάρχουν το ξηρό και υγρό θερμόμετρο καθώς και τα ακροβάθμια θερμόμετρα το μέγιστοβάθμιο θερμόμετρο τύπου Ratherford, καθώς και ελαχιστοβάθμιο θερμόμετρο τύπου Ratherford. Παράλληλα μέσα στον μετεωρολογικό κλωβό παρατηρείται και θερμουρογράφος (Σχήμα 2.2), το μέγιστοβάθμιο θερμόμετρο τύπου Ratherford, καθώς και το ελαχιστοβάθμιο θερμόμετρο τύπου Ratherford. Παράλληλα μέσα στον μετεωρολογικό κλωβό παρατηρείται και θερμουρογράφος (Σχήμα 2.2). (Πηγή: <https://eclass.emt.ihu.gr/modules/document/file.php/FD1160/%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%91%CE%A3%CE%A4%CE%97%CE%A1%CE%99%CE%9F/Lab1.pdf>)

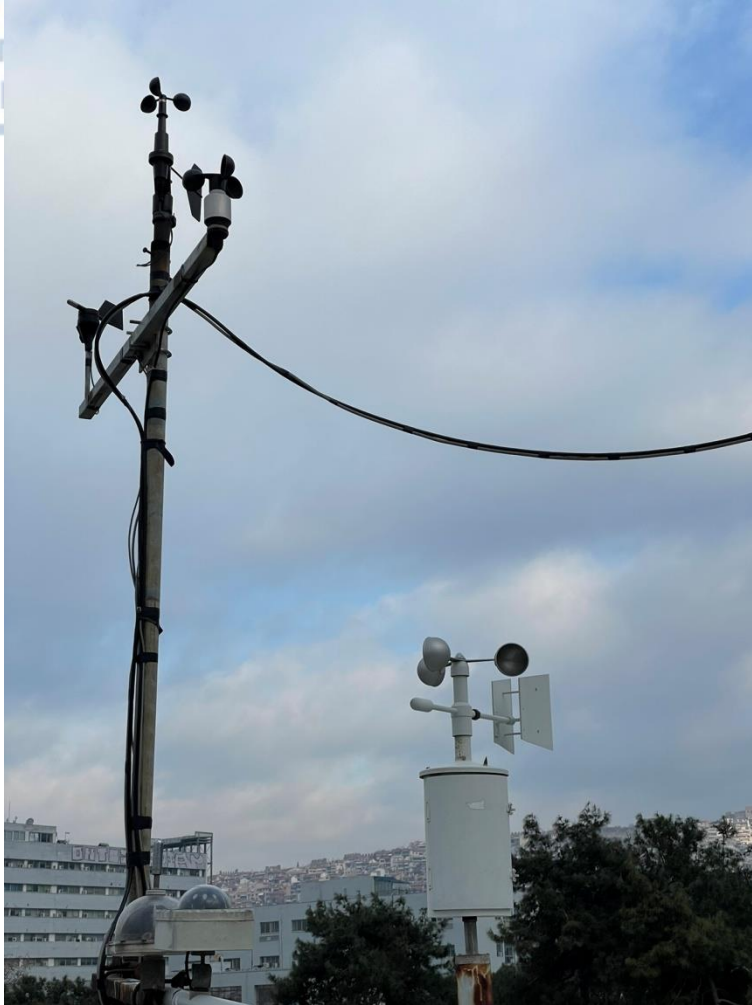


Σχήμα 2.1: Μετεωρολογικός κλωθός εντός του σταθμού του Μετεωροσκοπίου, μέσα στο κλωθό διακρίνονται ο θερμοϋγρογράφος και τα Ακροβάθμια θερμόμετρα.



Σχήμα 2.2: Παρατηρείται ο θερμοϋγρογράφος και τα Ακροβάθμια θερμόμετρα εντός του μετεωρολογικού κλωθού.

Όσον αφορά το 2ο μετεωρολογικό σταθμό βρίσκεται τοποθετημένο ένα ανεμόμετρο με ανεμοδείκτες για να εκτελεί τις ωριαίες και καθημερινές μετρήσεις της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου. Πρόκειται για μετεωρολογικά όργανα που αποτελούνται από ένα κύριο κατακόρυφο άξονα και στην κορυφή τους η οποία περιστρέφεται, βρίσκονται οι 2 οριζόντιοι βραχίονες. Ο πρώτος(κάτω) βραχίονας είναι ένας δείκτης με συνήθως ένα ή δύο ελάσματα, ο οποίος μόλις ισορροπήσει διευθύνεται προς το σημείο του ορίζοντα από το οποίο πνέει ο άνεμος. Ο δεύτερος(πάνω) βραχίονας καταγράφει την ένταση του ανέμου και αποτελείται από τρία κωνικά κύπελλα. Ο αριθμός των περιστροφών του συστήματος αποτυπώνει τελικά και την ένταση του ανέμου.(Πηγή: Ecoweather, μετεωρολογικό και περιβαλλοντικό magazino).



Σχήμα 2.3: Ανεμόμετρο με ανεμοδείκτη από το χώρο του μετεωροσκοπείου του Α.Π.Θ.

2.2 Μεθοδολογία

Δείκτης ψυχρότητας

Η εξίσωση που χρησιμοποιείται για να εκφράσει το συνδυασμό της επίδρασης της χαμηλής θερμοκρασίας και της ταχύτητας του ανέμου στο ρυθμό ψύξης του δέρματος του ανθρώπου χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στην Βόρεια Αμερική το 2001. Η εξίσωση αυτή βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στους καθιερωμένους μηχανικούς συσχετισμούς της ταχύτητας ανέμου και της μεταφοράς θερμότητας και χρησιμοποιείται με σκοπό τον υπολογισμό του δείκτη ψυχρότητας(Wind Chill Index) έως και σήμερα.

Η εξίσωση με την οποία πραγματοποιείται ο υπολογισμός του δείκτη ψυχρότητας είναι:

$$T_{wc}=13.112+0.6215*T_a-11.37*V^{0.16}+0.3965*T_a*V^{0.16} \quad (1)$$

όπου T_{wc} είναι η θερμοκρασία του δείκτη ψυχρότητας($^{\circ}\text{C}$), V η ταχύτητα ανέμου(Km/h) και T_a η θερμοκρασία περιβάλλοντος($^{\circ}\text{C}$).

Απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή της εξίσωσης είναι η ταχύτητα του ανέμου να είναι μεγαλύτερη ή ίση των $\geq 5\text{Km/h}$ και η θερμοκρασία περιβάλλοντος μικρότερη ή ίση των $\leq 7^{\circ}\text{C}$.

Αρχικά ο δείκτης ψυχρότητας υπολογιζόταν εμπειρικά και βασιζόταν στα αποτελέσματα ενός αυτοσχέδιου πειράματος που πραγματοποίησαν οι Siple et. al(1945) κατά την διάρκεια της αποστολής των Ηνωμένων Πολιτειών στην Ανταρκτική. Παρά το γεγονός ότι οι διαθέσιμοι πόροι στην αποστολή περιόρισαν την πολυπλοκότητα του πειράματος, το πείραμα τους έγινε το πιο γνωστό αποτέλεσμα έρευνας ενός αιώνα στην Ανταρκτική. Οι Siple et. al(1945) στο πείραμα τους για την εξαγωγή του δείκτη ψυχρότητας, μέτρησαν τον χρόνο που χρειαζόταν να παγώσει το νερό μέσα σε ένα μικρό πλαστικό μπουκάλι, το οποίο αιωρούνταν από την οροφή του κτηρίου στο οποίο στεγαζόταν η αποστολή. Από αυτή την παρατήρηση προσδιόρισαν την τιμή του δείκτη ψυχρότητας, όπου πρόκειται για έναν τριψήφιο-τετραψήφιο αριθμό που αντιπροσώπευε το ρυθμό απώλειας θερμότητας του κυλίνδρου ανά μονάδα επιφάνειας. Αυτή αποτέλεσε και την 1η φορά που προσδιορίστηκε η τιμή του δείκτη ψυχρότητας (Wind Chill Index-WCI) στην ιστορία.

Ωστόσο παρά τις ελλείψεις αυτές, ο δείκτης ψυχρότητας(WCI) του 1945 αποδείχθηκε χρήσιμος στο να αντικατοπτρίζει την αίσθηση του ψύχους καθώς και τον κίνδυνο κρυοπαγήματος του προσώπου(Burton et.al 1955).

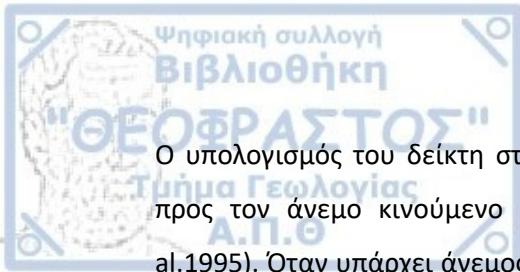
Από τη δημοσίευση του πειράματος προσδιορισμού του δείκτη ψυχρότητας το 1945, αρκετοί ερευνητές και κυρίως ο Molnar(1960) επεσήμαναν ελαττώματα στο αρχικό πείραμα. Τα κύρια σφάλματα περιλαμβάνουν τη μεγάλη μεταβλητότητα στα σημεία μέτρησης, το μικρό μέγεθος κυλίνδρου, την προφανή παραμέληση της εσωτερικής θερμικής αντίστασης του μπουκαλιού και την υπόθεση σταθερής θερμοκρασίας επιφάνειας κατά τον υπολογισμό του δείκτη. Παράλληλα οι επικριτές επεσήμαναν ότι η εξίσωση που επιλέχθηκε για να αναπαραστήσει τα διάσπαρτα σημεία δεδομένων, μια παραβολή, ήταν φυσικά ακατάλληλη επειδή πέρα από το εύρος των πειραματικών δεδομένων, προέβλεψε

ότι ο δείκτης ψυχρότητας θα μειωθεί με την αύξηση της ταχύτητας του ανέμου αντί να αυξηθεί σταδιακά σε κάποια οριακή τιμή που ορίζεται από την εσωτερική θερμική αντίσταση.

Ο Oszcewski(1995b) έδειξε ότι η ροή θερμότητας στον άνεμο από έναν μικρό κύλινδρο όπως αυτός που χρησιμοποιήθηκε στα αρχικά πειράματα δεν ήταν πολύ διαφορετική από την απώλεια θερμότητας ανά μονάδα επιφανείας της όψης του θερμικού ανδρείκελου που έχει φορά προς τον άνεμο. Ο Oszcewski μοντελοποίησε μαθηματικά τον δείκτη ψυχρότητας ως απώλεια θερμότητας προσώπου και έδειξε ότι τα σύνολα δεδομένων ανέμου και θερμοκρασίας που συνδυάστηκαν για να παράγουν οποιαδήποτε τιμή του WCI παρήγαγαν μόνο ένα στενό εύρος τιμών θερμοκρασίας. Επειδή η θερμοκρασία του δέρματος που εκτίθεται στον ατμοσφαιρικό αέρα καθορίζει την θερμική αίσθηση, μπορεί βάση αυτού να αιτιολογηθεί πως η φαινομενικά λανθασμένη εξίσωση υπολογισμού WCI του Sappie το 1945 θα μπορούσε στην πραγματικότητα να λειτουργήσει ως προγνωστικός παράγοντας της ανθρώπινης αίσθησης των θερμοκρασιών.

Παράλληλα κατά την προσπάθεια προσδιορισμού της νέας εξίσωσης για τον υπολογισμό της τιμής του δείκτη WCI, οι ερευνητές επικεντρώθηκαν στις περιοχές όπου το δέρμα ήταν εκτεθειμένο στον ατμοσφαιρικό αέρα. Με δεδομένο το γεγονός ότι η τιμή του δείκτη ψυχρότητας εμφανίζεται κυρίως τους χειμερινούς μήνες, επικεντρώθηκαν στο ανθρώπινο πρόσωπο ως περιοχή μελέτης για την εύρεση του ρυθμού με τον οποίο αποβάλλεται θερμότητα από το άτομο προς το περιβάλλον. Ωστόσο η παλιά εξίσωση του 1945 φαίνεται πως είχε είδη λάβει υπόψη το γεγονός ότι η ψύξη του προσώπου είναι το κλειδί για την αίσθηση του ψύχους κατά τους χειμερινούς μήνες καθώς το πρόσωπο αποτελεί τη μόνη εκτεθειμένη περιοχή κατά τους χειμερινούς μήνες.

Για την εύρεση του νέου δείκτη υπολογίστηκε η απώλεια θερμότητας από το πρόσωπο με δεδομένο ότι η φορά του ανέμου είναι προς το πρόσωπο. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε κύλινδρος διαμέτρου 18εκατοστών, ο οποίος αντιστοιχεί με το ανθρώπινο πρόσωπο. Από εκεί και πέρα υπολογίστηκε η απώλεια θερμότητας από τον κύλινδρο, με τον κύλινδρο να τοποθετείται σε διάφορες θέσεις οι οποίες σχημάτιζαν ωστόσο γωνία 50μοιρών με τον άνεμο. Ο υπό γωνία κύλινδρος ισοδυναμεί με το ανθρώπινο μάγουλο. Υπό αυτές τις συνθήκες πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός απώλειας θερμότητας και προσδιορίστηκε ο τύπος για τον δείκτη ψυχρότητας παρουσιάστηκε παραπάνω.



Ο υπολογισμός του δείκτη στο πείραμα αυτό αφορά ένα άτομο που κινείται με μέτωπο προς τον άνεμο κινούμενο με ταχύτητα περπατήματος ίση με 1.34m/s(Knoblauch et al.1995). Όταν υπάρχει άνεμος θεωρείται ότι το άτομο περπατά με μέτωπο προς τον άνεμο και έτσι η ταχύτητα με την οποία κινείται προστίθεται στην ταχύτητα του ανέμου για την εξαγωγή του τελικού δείκτη ψυχρότητας(WCI). Τελικά η ταχύτητα του ανέμου στο επίπεδο του προσώπου θεωρήθηκε ίση με τα 2/3 της ταχύτητας του ανέμου μετρήθηκε σε ύψος 10μέτρων από τους μετεωρολογικούς σταθμούς. Τα αποτελέσματα αυτά προέκυψαν από την ανάλυση του Steadman(1971), η οποία αναφέρεται στην αναλογία των ταχυτήτων του ανέμου σε ανοικτό πεδίο.

Η αναλογία των ταχυτήτων του ανέμου σε μια αστική περιοχή είναι σημαντικά μικρότερη από ότι σε ένα ανοικτό πεδίο. Η αναλογία αυτή εξαρτάται από την σταθερότητα της κατώτερης ατμόσφαιρας.

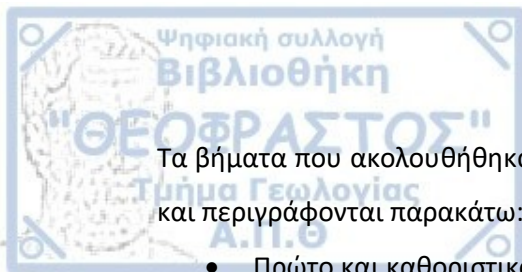
Από όλα τα παραπάνω προέκυψε η τελική μορφή της εξίσωσης(1). Βάση της εξίσωσης αυτής προέκυψε ο πίνακας τιμών του δείκτη ψυχρότητας Wind Chill Index(Πίνακας 1) που χρησιμοποιείται από τις Μετεωρολογικές υπηρεσίες των ΗΠΑ και Καναδά.

Πίνακας 1: Τιμές Wind Chill Index που προέκυψαν μετά από εφαρμογή της εξίσωσης προσδιορισμού των τιμών δείκτη για τους πιθανούς συνδυασμούς θερμοκρασίας περιβάλλοντος και ταχύτητας ανέμου. (Πηγή: Το εγχειρίδιο του Μετεωρολόγου-Προγνώστη, Ε.Μ.Υ)

		ΠΙΝΑΚΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ WINDCHILL											
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ (°C)											
		5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ (km/h)	5	4	-2	-7	-13	-19	-24	-30	-36	-41	-47	-53	-58
	10	3	-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-63
	15	2	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60	-66
	20	1	-5	-12	-18	-24	-31	-37	-43	-49	-56	-62	-68
	25	1	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-45	-51	-57	-64	-70
	30	0	-7	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65	-72
	35	0	-7	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66	-73
	40	-1	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68	-74
	45	-1	-8	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69	-75
	50	-1	-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-70	-76
	55	-2	-9	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70	-77
	60	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-43	-50	-57	-64	-71	-78
	65	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79
	70	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-59	-66	-73	-80
	75	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73	-80
	80	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74	-81

Οι κρίσιμες τιμές του δείκτη Wind Chill Index(°C) και οι συνέπειες για τον άνθρωπο είναι:

- Σε περίπτωση έκθεσης δέρματος μη καλυμμένο με ρουχισμό σε αισθητή θερμοκρασία μεταξύ των -25 °C έως και -34 °C υπάρχει πιθανότητα κρυοπαγήματος
- Σε περίπτωση έκθεσης δέρματος μη καλυμμένο με ρουχισμό σε αισθητή θερμοκρασία μεταξύ των -35 °C έως και -59 °C, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα κρυοπαγήματος σε χρόνο έκθεσης έως και 10λεπτά.
- Στην ακραία περίπτωση όπου ο ανθρώπινος οργανισμός εκτεθεί σε συνθήκες θερμοκρασιών ≤ -60 °C, τότε ελλοχεύει κίνδυνος κρυοπαγήματος σε χρονικό διάστημα μικρότερο των 2 λεπτών.



Τα βήματα που ακολουθήθηκαν στη μελέτη των δεδομένων παρουσιάζονται στο σχήμα 2.4 και περιγράφονται παρακάτω:

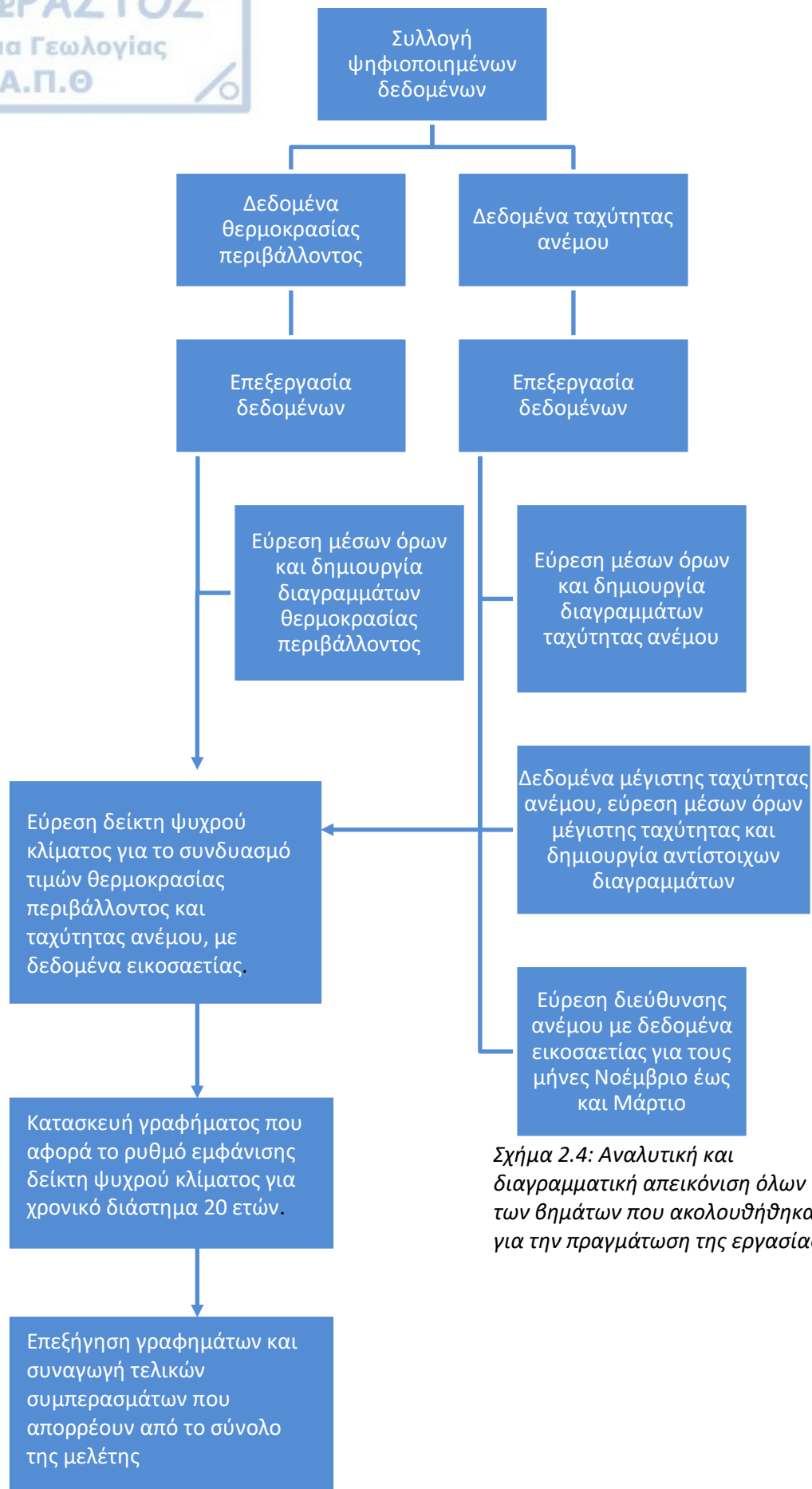
- Πρώτο και καθοριστικό βήμα για την υλοποίηση της διπλωματικής εργασίας ήταν η δημιουργία της βάσης δεδομένων με τη συλλογή των πρωτογενών μετεωρολογικών παρατηρήσεων. Όλες λοιπόν οι παρατηρήσεις αντλήθηκαν σε ψηφιοποιημένη μορφή και συγκεκριμένα υπό τη μορφή αρχείων Excel. Τα αρχεία με τα δεδομένα δόθηκαν έτοιμα προς επεξεργασία, δηλαδή ήταν εξαρχής κατηγοριοποιημένα σε 2 αρχεία. Το ένα περιείχε τα ημερήσια δεδομένα της ταχύτητας του ανέμου και το άλλο τα ημερήσια δεδομένα της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, και τα 2 αρχεία περιείχαν δεδομένα για το χρονικό διάστημα από 1/1/2000 έως και τη 31/12/2020.

Στην αρχική βάση των κλιματικών δεδομένων, παρατηρήθηκε μεγάλος αριθμός κενών. Για αυτό το λόγο προτού πραγματοποιηθεί η οποιαδήποτε επεξεργασία έπρεπε να γίνει η συμπλήρωση των κενών. Μεγάλος αριθμός κενών παρατηρήθηκε κυρίως στα δεδομένα της ταχύτητας του ανέμου. Ωστόσο παρά το γεγονός ότι σχεδόν στο σύνολο τους όλα τα κενά καλύφθηκαν από τα δεδομένα του δεύτερου αυτόματου σταθμού του Μετεωροσκοπείου, για το έτος 2004 και συγκεκριμένα για το χρονικό διάστημα από 1/1 έως και 30/9 τα κενά δεν μπόρεσαν να καλυφθούν.

- Στη συνέχεια ακολουθεί το στάδιο της επεξεργασίας δεδομένων, με όλη τη διαδικασία της επεξεργασίας δεδομένων να πραγματοποιείται αποκλειστικά στο πρόγραμμα Microsoft Office Excel. Πρώτα ξεκίνησε η επεξεργασία των δεδομένων θερμοκρασίας περιβάλλοντος και έπειτα ακολούθησε αυτή της ταχύτητας του ανέμου. Τόσο για την επεξεργασία των δεδομένων θερμοκρασίας, όσο και για της ταχύτητας του ανέμου υπολογίστηκαν οι ίδιες κλιματικές τιμές, ο μέσος όρος, η μέγιστη τιμή και για την περίπτωση των ανέμων και η διεύθυνση. Ειδικότερα:
- Δημιουργήθηκαν νέες στήλες και γραμμές όπου αρχικά υπολογίστηκε η μέση ημερήσια τιμή για τα 20έτη, έπειτα η μέση μηνιαία τιμή για όλο το χρονικό διάστημα μελέτης(20 έτη), στη συνέχεια υπολογίστηκε ετήσια για τα 20 έτη καθώς και ο μέσος όρος κάθε μήνα για όλη την εικοσαετία. Για παράδειγμα: Από τις τιμές μέσων όρων για το μήνα Ιανουάριο για κάθε έτος του χρονικού διαστήματος μελέτης, μπορεί να υπολογιστεί η μέση μηνιαία τιμή για το μήνα Ιανουάριο για όλη την εικοσαετία.

- Μετά την εξαγωγή των μέσων όρων ακολούθησε η δημιουργία των κατάλληλων πινάκων βάση των εξαγόμενων αποτελεσμάτων και με βάση τους πίνακες δημιουργήθηκαν και τα κατάλληλα διαγράμματα επεξήγησης. Συγκεκριμένα τόσο για τα δεδομένα της θερμοκρασίας όσο και για τα δεδομένα της ταχύτητας του ανέμου τα διαγράμματα τα οποία δημιουργήθηκαν είναι: το διάγραμμα δεδομένων μέσου όρου (θερμοκρασίας, ανέμου) κάθε έτους για χρονικό διάστημα 20 ετών, διάγραμμα δεδομένων μέσου όρου (θερμοκρασίας, ανέμου) κάθε μήνα για χρονικό διάστημα 20 ετών.
- Στην συνέχεια ακολουθεί η επεξεργασία των δεδομένων ταχύτητας ανέμου. Στο σημείο αυτό υπολογίζω την μέγιστη ταχύτητα του ανέμου κάθε ημέρας για όλο το χρονικό διάστημα μελέτης. Εν συνεχεία υπολογίζω το μέσο όρο της μέγιστης ταχύτητας του ανέμου για κάθε μήνα για όλο το χρονικό διάστημα της εικοσαετίας. Ακολουθεί έπειτα όπως και στη περίπτωση της ταχύτητας του ανέμου, ο υπολογισμός του μέσου όρου της μέγιστης ταχύτητας κάθε χρόνου και τέλος πραγματοποιείται ο υπολογισμός του μέσου όρου της μέγιστης ταχύτητας κάθε μήνα για όλη την εικοσαετία. Για παράδειγμα: Εύρεση του μέσου όρου της μέγιστης ταχύτητας για το μήνα Ιανουάριο για όλη την εικοσαετία, γίνεται ως μέσος όρος των ταχυτήτων των Ιανουαρίων για τα 20 έτη. Μετά την εξαγωγή των μέσων όρων που αφορούν τη μέγιστη ταχύτητα, ακολουθεί η δημιουργία των κατάλληλων πινάκων βάση των εξαγόμενων αποτελεσμάτων και με βάση τους πίνακες αυτούς δημιουργούνται και τα κατάλληλα διαγράμματα επεξήγησης. Συγκεκριμένα δημιουργείται το διάγραμμα δεδομένων μέσου όρου της μέγιστης ταχύτητας του ανέμου κάθε έτους για το χρονικό διάστημα μελέτης καθώς και το διάγραμμα δεδομένων μέσου όρου μέγιστης ταχύτητας κάθε μήνα για χρονικό διάστημα 20 ετών.
- Το επόμενο βήμα αποτελεί η εύρεση των διευθύνσεων του ανέμου συγκεκριμένα για τους μήνες Νοέμβριο, Δεκέμβριο, Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο. Η επιλογή των συγκεκριμένων μηνών οφείλεται στο γεγονός ότι ο δείκτης ψυχρότητας εμφανίζεται σχεδόν αποκλειστικά σε αυτούς (εξαίρεση αποτελεί ο Απρίλιος όπου ελάχιστες φορές έχει παρουσιάσει τιμή δείκτη ψυχρότητας). Από την επεξεργασία αυτών προέκυψαν τα γραφήματα (υπό μορφή "πίτας") που επεξηγούν ποια ήταν η διεύθυνση του ανέμου για τους μήνες αυτούς για δεδομένα 20ετίας.

- Στη συνέχεια το πιο σημαντικό στάδιο επεξεργασίας, ο υπολογισμός του δείκτη ψυχρότητας για τα δεδομένα θερμοκρασίας περιβάλλοντος και ταχύτητας ανέμου για το χρονικό διάστημα μελέτης. Ουσιαστικά σε αυτό το στάδιο εφαρμόζουμε την εξίσωση (1) του δείκτη ψυχρότητας Wind Chill Index.
- Για τιμές θερμοκρασίας μικρότερες από 7°C και ανέμου μεγαλύτερη από 5Km/h υπολογίστηκε ο δείκτης ψυχρότητας και τα αποτελέσματα συνδυάζουν το έτος με τις ώρες εμφάνισης δείκτη ψυχρότητας για κάθε έτος καθώς και με το μήνα που παρουσιάζει τις περισσότερες ώρες εμφάνισης δείκτη για κάθε έτος μελέτης αλλά και με τις ώρες εμφάνισης δείκτη για το μήνα που παρουσιάζει τις περισσότερες εμφανίσεις για κάθε έτος μελέτης. Υπολογίστηκαν επίσης οι ώρες εμφάνισης του δείκτη για το μήνα που παρουσιάζει τις περισσότερες εμφανίσεις δείκτη για κάθε έτος. Από τα δεδομένα του πίνακα αυτού προκύπτει και το γράφημα που αφορά το ρυθμό εμφάνισης του δείκτη ψυχρότητας για χρονικό διάστημα 20ετών, παράλληλα στο γράφημα αυτό με τη βοήθεια της γραμμής τάσης γίνεται πρόβλεψη για τη μελλοντική εμφάνιση του δείκτη ψυχρότητας.



Σχήμα 2.4: Αναλυτική και διαγραμματική απεικόνιση όλων των βημάτων που ακολουθήθηκαν για την πραγμάτωση της εργασίας.

2.3 Ψυχρές εισβολές και δείκτης ψυχρότητας

Σκοπός της παρούσας υποενότητας είναι η μελέτη της σχέσης μεταξύ ψυχρών εισβολών και δείκτη ψυχρότητας. Αρχικά θα γίνει αναφορά στην έννοια των ψυχρών εισβολών καθώς και των χαρακτηριστικών που παρουσιάζουν και έπειτα μέσω συγκεκριμένων παραδειγμάτων θα αναλυθεί περαιτέρω η σχέση αλληλεπίδρασης που παρουσιάζεται μεταξύ των δύο.

Γενικά, ως ψυχρή εισβολή ορίζεται η γρήγορη κίνηση πολύ ψυχρού αέρα σε περιοχές από υψηλότερα σε χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη (όπως για παράδειγμα από το Βόρειο Πόλο προς την ΝΑ Μεσόγειο) (Βάρφη 2009). Οι αέριες μάζες καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το κλίμα μίας περιοχής καθώς η μεταβολή του καιρού σε ένα τόπο εξαρτάται σημαντικά τόσο από τη συχνότητα διέλευσης όσο και από τα χαρακτηριστικά των αερίων μαζών που φτάνουν σε αυτόν. Η περιοχή της Ελλάδας, ευρισκόμενη στα μέσα γεωγραφικά πλάτη και συγκεκριμένα στη βόρεια εύκρατη ζώνη, επηρεάζεται από ψυχρές αέριες μάζες προερχόμενες από τις πολικές περιοχές. Ως επί το πλείστον οι αέριες μάζες που φτάνουν στη περιοχή της Ελλάδας έχουν υποστεί διαφοροποίηση ως προς τα χαρακτηριστικά τους λαμβάνοντας, άλλες λιγότερο και άλλες περισσότερο τα χαρακτηριστικά των περιοχών από τις οποίες πέρασαν. Μια ψυχρή εισβολή μπορεί να θεωρηθεί ακραία εάν είναι μεγάλης διάρκειας και να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην οικονομία και την κοινωνία (Anagnostopoulou et al., 2017).

Είναι κοινώς τόπος ότι η μεγάλη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ της θερμής μεσογείου και του ψυχρού εσωτερικού της Ευρώπης κατά τους χειμερινούς μήνες ενισχύει την κάθοδο ψυχρών αερίων μαζών (Λιβαδάς 1955), οι οποίες συναντώντας τις θερμές μάζες της χώρας μας προκαλούν τον σχηματισμό μετώπων κακοκαιρίας (Κυριαζόπουλος 1948).

Σύμφωνα με τους Pappas et al. (2004), οι ψυχρές εισβολές που επηρεάζουν τον Ελληνικό χώρο τη χειμερινή περίοδο (Ιανουάριος - Φεβρουάριος) οφείλονται στην :

- α) Επέκταση προς το νότο ενός αντικυκλώνα με κέντρο στη βορειοδυτική ή βορειοκεντρική Ευρώπη.
- β) Επέκταση του αντικυκλώνα των Αζορών προς την κεντρική και νοτιοανατολική Ευρώπη συνοδευόμενο συνήθως, από ένα δευτερεύον κέντρο υψηλών πιέσεων πάνω από τη Βαλκανική.
- γ) Επέκταση του Σιβηρικού αντικυκλώνα προς τη Βαλκανική χερσόνησο.
- δ) Διέλευση υφέσεων από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Σε ποσοστό 70% οι ψυχρές εισβολές συνδέονται κυρίως με την επέκταση του Σιβηρικού αντικυκλώνα αλλά και του αντικυκλώνα των Αζόρων.

Ο Prezerakos (1990) παρατήρησε ότι η άνοδος μιας μεγάλης κλίμακας αντικυκλωνικής ράχης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην δημιουργία βαρομετρικών χαμηλών στην περιοχή της Μεσογείου. Η αντικυκλωνική αυτή ράχη σε συνδυασμό με χαμηλές θερμοκρασίες μπορεί να προκαλέσει χιονοπτώσεις στον Ελληνικό χώρο, όπως συμπεράνε και ο Γιαννουλάκης(2014) στην μελέτη για το φαινόμενο της χιονόπτωσης στην Θεσσαλονίκη. Ωστόσο οφείλει να καταστεί σαφές πως οι ψυχρές εισβολές δεν προκαλούν πάντα και παντού φαινόμενα χιονόπτωσης παρά μόνο όταν παρατηρείται μια σημαντική πτώση της θερμοκρασίας. Ουκ ολίγες είναι οι περιπτώσεις όπου μια ισχυρή ψυχρή εισβολή, Σιβηρικής προέλευσης παραδείγματος χάρη, κινείται προς το Αιγαίο Πέλαγος, προκαλεί χιονοπτώσεις σε περιοχές όπως η Εύβοια, η Ανατολική Στερεά Ελλάδα και η Ανατολική Πελοπόννησος (Prezerakos and Angouridakis, 1984), αλλά στην Μακεδονία και τη Θράκη ο καιρός είναι αίθριος(βέβαια με εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες). Παραδείγματος χάρη η ψυχρή εισβολή του Ιανουαρίου 2002, Φεβρουαρίου 2006 και Φεβρουαρίου 2008.

Αναμφίβολα κρίνεται αναγκαία η αναφορά στο γεγονός ότι η έντονη τοπογραφική διαμόρφωση και οι μεγάλες διαφορές του υψομέτρου διαφοροποιούν τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζει μία ψυχρή αέρια μάζα κάθε τόπο. Για τον παραπάνω λόγο, θα πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη ότι η άφιξη μιας ψυχρής αέριας μάζας στον Ελληνικό χώρο, πολύ πιθανόν, να έχει διαφορετική επίδραση στο θερμοκρασιακό καθεστώς μιας περιοχής σε σχέση με αυτό των γειτονικών της περιοχών.

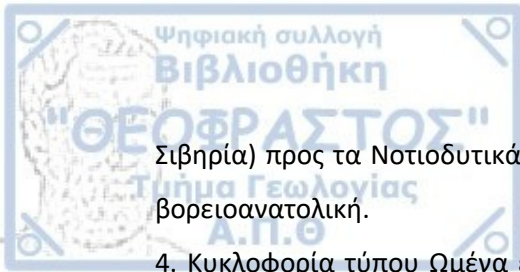
Αποτελεί γεγονός ότι θέρμανση και η ψύξη της ατμόσφαιρας γίνεται από την επιφάνεια της γης και όχι άμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία (Μαχαιράς και Μπαλαφούτης, 1985). Αυτό συμβαίνει καθώς το έδαφος είναι καλύτερος αγωγός της θερμότητας από ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας. Έτσι είναι φυσικό η θερμοκρασία να ελαττώνεται καθώς αυξάνεται η απόσταση από το έδαφος. Παρόλα αυτά, υπάρχει περίπτωση υπό ειδικές συνθήκες η θερμοκρασία στα χαμηλότερα υψόμετρα να είναι χαμηλότερη από την θερμοκρασία στα υψηλότερα υψόμετρα, κάτι το οποίο ονομάζεται θερμοκρασιακή αναστροφή(Μακρογιάννης και Σαχσαμάνογλου, 2004). Οι θερμοκρασιακές αναστροφές θεωρούνται ιδιαίτερα σημαντικές για τη συγκεκριμένη μελέτη, καθώς προσφέρουν αποτελεσματική εξήγηση για φαινόμενα ακραία χαμηλών θερμοκρασιών, αλλά και για τη διατήρηση της θερμοκρασίας σε χαμηλά επίπεδα για κάποιο εύλογο χρονικό διάστημα. Για παράδειγμα, υπό ήρεμες καιρικές συνθήκες(όπως για παράδειγμα όταν επικρατεί άπνοια και απουσιάζουν οι νεφώσεις), είναι εφικτό ο αέρας που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος να ψυχθεί πιο γρήγορα από τον υπερκείμενο αέρα. Η απουσία νεφώσεων είναι σημαντικός

παράγοντας για να παρατηρηθεί το εν λόγω φαινόμενο, μιας και έτσι ευνοείται η απώλεια θερμότητας από το έδαφος εξαιτίας της ακτινοβολίας του. Στην περίπτωση ύπαρξης νέφωσης η θερμότητα εγκλωβίζεται και αδυνατεί να διαφύγει στα υψηλότερα τμήματα της ατμόσφαιρας. Επιπρόσθετα, δεδομένου ότι ο ψυχρός αέρας είναι πιο βαρύν και πιο πυκνός από τον θερμό αέρα, συμβαίνει συχνά να κατέρχεται αυτός ο κρύος αέρας από τις πλαγιές και τις κορυφές γειτονικών βουνών στη βάση της κοιλάδας που βρίσκεται αμέσως χαμηλότερα. Έτσι κατά την διάρκεια ψυχρών εισβολών, υπό αίθριες συνθήκες, είναι πολύ συχνό φαινόμενο να παρατηρούνται ακραία χαμηλές θερμοκρασίες και παγετός σε περιοχές που βρίσκονται στις βάσεις κοιλάδων.

Παράλληλα το γεγονός ότι ο ψυχρός αέρας είναι πιο βαρύν και πιο πυκνός από τη φύση του, κατέρχεται στις κοιλάδες και εξαιτίας της γεωμορφολογίας των τελευταίων εγκλωβίζεται εκεί για αρκετές ώρες ανεξάρτητα των αλλαγών που μπορεί να προκύψουν στις μετεωρολογικές συνθήκες (Ahrens, 1998). Επομένως μετά το πέρας μιας ψυχρής εισβολής είναι δυνατόν να εγκλωβιστεί ένα τμήμα του ψύχους στη βάση μιας κοιλάδας για κάποιο χρονικό διάστημα, ενώ στις πλαγιές και κορυφές των βουνών το ψύχος αυτό θα είχε είδη υποχωρήσει.

Με λίγα λόγια, η προέλευση και η τροχιά των κακοκαιριών, αλλά και των ψυχρών αέριων μαζών, φαίνονται ανά περίπτωση να ακολουθούν συγκεκριμένα μοτίβα. Σύμφωνα με το Γιαννουλάκη (2014), στην μελέτη του για τη πόλη της Θεσσαλονίκης, φαίνεται ότι αυτοί οι τύποι καιρού είναι τέσσερις:

1. Βορειοδυτική Κυκλοφορία (North - West), η οποία είναι και η πιο συνηθισμένη. Σύστημα καλού καιρού (αντικυκλώνας) εντοπίζεται στην Βορειοδυτική Ευρώπη, ενώ μια κακοκαιρία (βαρομετρικό χαμηλό) δημιουργείται στην Μεσόγειο. Κατά την κίνησή της, εντοπίζεται ψυχρό μέτωπο το οποίο με προσανατολισμένη τροχιά, από τα Βορειοδυτικά προς τα Νοτιοανατολικά, σε συνδυασμό με ψυχρή αέρια μάζα προκαλεί κακοκαιρία κατά το πέρασμά του.
2. Έντονα μεσημβρινή Κυκλοφορία (High-Low). Στην συγκεκριμένη περίπτωση, τα συστήματα καλού και κακού καιρού στην Ευρώπη έχουν μεγάλο πλάτος και παρατηρούνται από Βορρά προς Νότο πολλοί συνδυασμοί υψηλών και χαμηλών βαρομετρικών συστημάτων.
3. Νοτιοδυτική Κυκλοφορία (South - West). Ο αντικυκλώνας βρίσκεται μεν στην Βορειοδυτική κυρίως Ευρώπη, ωστόσο έχει μια σαφώς πιο Βορειοανατολική διάταξη (προς την Ανατολική Σκανδιναβία) και ο ψυχρός αέρας κινείται από τα Βορειοανατολικά (πχ



Σιβηρία) προς τα Νοτιοδυτικά (πχ Ιόνιο), δημιουργώντας μέτωπα με διάταξη Νοτιοδυτική-βορειοανατολική.

4. Κυκλοφορία τύπου Ωμέγα εμποδισμού. Παρά το γεγονός ότι συνήθως η Ελλάδα μένει εκτός κακοκαιριών με αυτόν τον τύπο κυκλοφορίας καιρού στην Ευρώπη, εντούτοις έχουν σημειωθεί περιπτώσεις όπου ευνοήθηκε η Βόρεια Ελλάδα με χιονοπτώσεις ενώ κυριαρχεί “Ωμέγα Εμποδισμός”. Πρόκειται για την περίπτωση όπου ένας Αντικυκλώνας με διάταξη από Βορρά προς Νότο εγκλωβίζεται ανάμεσα σε δύο συστήματα κακοκαιριών εκατέρωθεν του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

3.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η στατιστική ανάλυση των θερμοκρασιών και των ανέμων για τη χρονική περίοδο των 20 ετών.

Στόχος του κεφαλαίου είναι ο προσδιορισμός του αριθμού εμφανίσεων των τιμών δείκτη ψυχρού κλίματος για το νομό Θεσσαλονίκης, για το χρονικό διάστημα της τελευταίας εικοσαετίας καθώς και η εύρεση του μήνα όπου παρατηρείται η μεγαλύτερη συγκέντρωση εμφανίσεων και η συσχέτιση αυτού με τον επικρατέστερο άνεμο στην περιοχή για τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Παράλληλα σκοπός του κεφαλαίου είναι και η εξαγωγή των συχνότερα εμφανιζόμενων τιμών δείκτη ψυχρού κλίματος(σε βαθμούς κελσίου) καθώς και η συχνότητα με την οποία αυτές οι τιμές εμφανίζονται στο βάθος του χρονικού διαστήματος μελέτης(20έτη). Τέλος κρίνεται αναγκαία η παρουσίαση των ποσοστών των διευθύνσεων πνοής των ανέμων για τους μήνες Νοέμβριο έως και Μάρτιο για το χρονικό διάστημα μελέτης, μιας και ο δείκτης ψυχρού κλίματος(wind chill index) απαιτεί θερμοκρασίες μικρότερες ή ίσες με 7 βαθμούς κελσίου, θερμοκρασίες που τις συναντάμε μονάχα τους χειμερινούς μήνες.

Τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ήταν δεδομένα 20 ετών για το χρονικό διάστημα 2000 έως 2020 και συγκεκριμένα πρόκειται για δεδομένα θερμοκρασίας περιβάλλοντος(σε βαθμούς κελσίου) και ταχύτητας ανέμου(σε Km/h), τα οποία αντλήθηκαν από το σταθμό του Μετεωροσκοπείου που υπάγεται στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Το πρώτο βήμα για την επίτευξη των παραπάνω στόχων ήταν η ανάλυση των δεδομένων θερμοκρασίας και ταχύτητας ανέμου. Τα βήματα που ακολουθήθηκαν παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

3.2 Μελέτη της θερμοκρασίας στη Θεσσαλονίκη

Πίνακας 3.1: Μέσος όρος Θερμοκρασιών(°C) χειμερινών μηνών για κάθε έτος.

	Νοέμβριος	Δεκέμβριος	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος
2000	14.82	9.25	3.08	7.73	9.33
2001	11.03	2.45	8.19	9.05	14.23
2002	12.96	7.58	5.93	10.86	11.64
2003	13.52	7.63	8.86	4.46	9.14
2004	11.17	8.82	4.63	8.00	10.64
2005	10.35	7.89	6.62	5.93	9.98
2006	10.44	7.43	4.05	6.16	10.03
2007	10.78	6.32	8.89	8.60	11.33
2008	12.99	9.17	6.35	8.20	12.58
2009	14.15	11.02	7.45	7.01	11.34
2010	16.13	9.35	7.86	9.51	11.65
2011	10.03	8.66	7.88	9.01	10.65
2012	14.93	7.21	4.90	5.46	11.39
2013	14.70	7.45	8.10	9.89	11.68
2014	12.93	8.90	9.38	10.70	12.84
2015	14.73	9.24	7.79	8.45	9.87
2016	12.36	6.83	6.99	12.34	12.38
2017	12.38	10.21	2.87	9.61	12.96
2018	12.80	6.73	8.41	9.85	12.85
2019	15.63	9.11	4.86	8.34	12.53
2020	12.85	11.04	6.78	9.48	10.94

Στον πίνακα 3.1 που αφορά το μέσο όρο θερμοκρασιών κάθε έτους για τους χειμερινούς μήνες, γίνεται αντιληπτό ότι στο σύνολο της 20ετίας ο ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος, ενώ ακολουθεί ο Δεκέμβριος με τον Φεβρουάριο να αποτελεί τον 3ο ψυχρότερο μήνα για το νομό Θεσσαλονίκης. Η χαμηλότερη τιμή μέσου όρου για το σύνολο του χρονικού διαστήματος μελέτης(20 έτη) εντοπίζεται το μήνα Ιανουάριο για το έτος 2017 και συγκεκριμένα ο μέσος όρος ισούται με 2.87°C. Το γεγονός ότι το μήνα Ιανουάριο του 2017 εντοπίζεται και ο χαμηλότερος μέσος όρος της 20ετίας δεν πρέπει να μας προκαλεί εντύπωση, μιας και όπως είδαμε και στο 1ο κεφάλαιο κατά το χρονικό διάστημα 6/1/2017 έως και 11/1/2017 η πόλη της Θεσσαλονίκης παρουσίασε ολικό παγετό, λόγω ενός χαμηλού βαρομετρικού που επηρέασε σχεδόν το σύνολο της χώρας και ονομάστηκε "Αριάδνη". Συγκεκριμένα το χρονικό διάστημα αυτό η πόλη της Θεσσαλονίκης σημείωσε ολικό παγετό και στις 8/1/2017 σημειώθηκε η μεγαλύτερη τιμή δείκτη ψυχρότητας(Wind Chill Index) ίση με -14,4°C. Η τιμή αυτή σημειώθηκε στις 05:00 ώρα Ελλάδος όπου η επικρατούσα θερμοκρασία ισούταν με -9.8°C και η ταχύτητα του ανέμου με 8.4Km/h με διεύθυνση ανέμου ΒΒΔ(Βαρδάρης).

Επιπρόσθετα από το πίνακα 3.1 παρατηρείται ότι η 2η χαμηλότερη τιμή μέσου όρου ισούται με 3.08°C και εντοπίζεται το μήνα Ιανουάριο το έτος 2000, ενώ η 3η χαμηλότερη τιμή εντοπίζεται και πάλι το μήνα Ιανουάριο με τιμή ίση με 4.05°C το έτος 2006, έτος με τη δεύτερη υψηλότερη εμφάνιση τιμών Wind Chill Index(βλέπε κεφάλαιο 3.4).

Γενικότερα παρατηρείται ακόμη πως τους μήνες Νοέμβριο και Μάρτιο οι τιμές μέσων όρων είναι αρκετά υψηλότερες από τις αντίστοιχες για τους μήνες Δεκέμβριο-Ιανουάριο-Φεβρουάριο.

Πίνακας 3.2: Μέσος όρος θερμοκρασίας(°C) κάθε έτους

Έτος	Μέσος όρος
2000	16.441
2001	16.635
2002	16.468
2003	16.433
2004	15.910
2005	15.735
2006	15.598
2007	16.654
2008	16.864
2009	17.401
2010	17.747
2011	16.555
2012	17.470
2013	17.764
2014	16.960
2015	16.882
2016	17.592
2017	17.367
2018	17.631
2019	17.355
2020	17.014



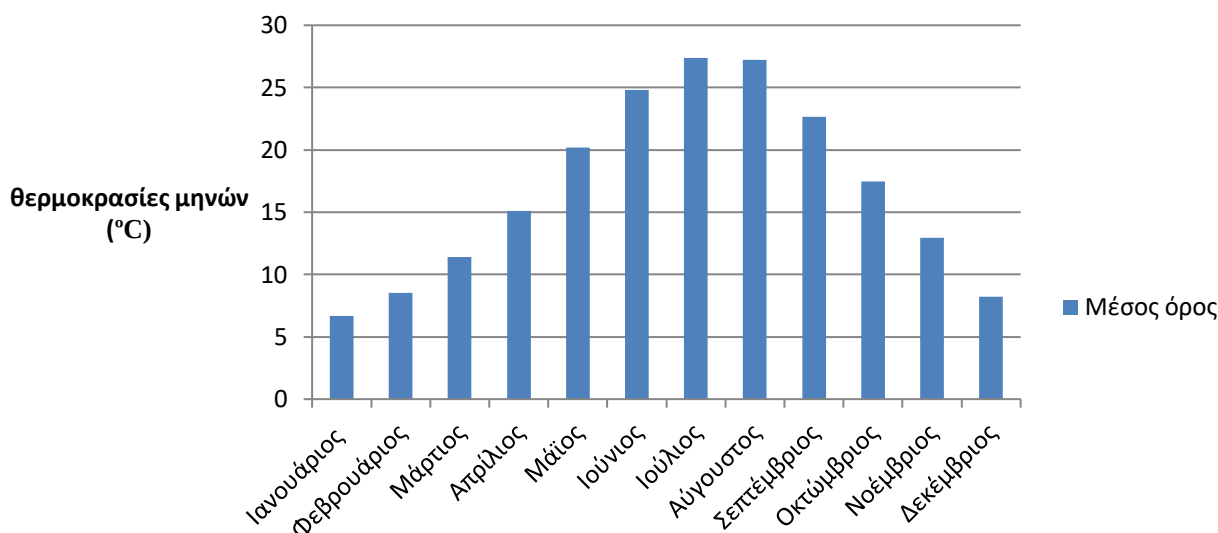
Σχήμα 3.1: Μέσος όρος θερμοκρασιών(°C) κάθε έτους για χρονικό διάστημα 20 ετών στη πόλη της Θεσσαλονίκης

Στο σχήμα 3.1 που αφορά τις μέσες ετήσιες θερμοκρασίες γίνεται εύκολα αντιληπτό το γεγονός της αύξησης του μέσου όρου της θερμοκρασίας κάθε έτους και άρα της αύξησης της θερμοκρασίας γενικότερα με τη πάροδο των χρόνων. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει από τη μορφολογία της καμπύλης και από την γραμμή της τάσης(γραμμική τάση) και συγκεκριμένα παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος κατά 0,068°C το χρόνο, δηλαδή αύξηση 0.7 °C ανά 10 χρόνια άρα 2 °C ανά 30χρόνια. Το σχήμα 3.1 προέκυψε από τα δεδομένα του πίνακα 3.2, από όπου πηγάζει και το γεγονός ότι η μέγιστη τιμή μέσου όρου θερμοκρασίας παρατηρείται το έτος 2013 με τιμή ίση με 17.764°C, ενώ το αμέσως επόμενο μέγιστο παρατηρείται το έτος 2010 με τιμή ίση με 17.747°C. Η ελάχιστη τιμή μέσου όρου θερμοκρασίας παρατηρείται το έτος 2006 με τιμή ίση με 15.598°C, ενώ η αμέσως επόμενη ελάχιστη τιμή παρατηρείται το έτος 2005 και ισούται με 15.735°C. Το γεγονός ότι οι ελάχιστες τιμές παρατηρούνται τα έτη 2005 και 2006 είναι λογικό καθώς τις χρονολογίες αυτές έχουμε και τις περισσότερες εμφανίσεις δείκτη Wind Chill Index από όλες τις υπόλοιπες χρονιές για το χρονικό διάστημα μελέτης.

Πίνακας 3.3: Μέσος όρος θερμοκρασίας(°C) κάθε μήνα για δεδομένα 20 ετών

Μήνας	Μέσος όρος
Ιανουάριος	6.661
Φεβρουάριος	8.506
Μάρτιος	11.425
Απρίλιος	15.079
Μάιος	20.204
Ιούνιος	24.827
Ιούλιος	27.359
Αύγουστος	27.216
Σεπτέμβριος	22.667
Οκτώβριος	17.473
Νοέμβριος	12.936
Δεκέμβριος	8.205

Μέσος όρος θερμοκρασιών κάθε μήνα για 20 έτη



Σχήμα 3.2 : Μέσος όρος θερμοκρασιών(°C) κάθε μήνα για δεδομένα 20 ετών, στην πόλη της Θεσσαλονίκης

Το σχήμα 3.2 το οποίο προέκυψε από τα δεδομένα του πίνακα 3.3, αφορά τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες για τη χρονική περίοδο μελέτης. Από το σχήμα γίνεται αντιληπτό ότι ο μήνας Ιανουάριος είναι ο ψυχρότερος μήνας για το χρονικό διάστημα μελέτης με τιμή μέσου όρου ίση με 6.661°C, ενώ ο αμέσως επόμενος ψυχρότερος μήνας είναι ο Δεκέμβριος με τιμή μέσου όρου που ισούται με 8.205°C. Από το σχήμα επίσης προκύπτει ακόμη ότι θερμότεροι μήνες της 20ετίας είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος, καθώς ακόμη και ότι ο Νοέμβριος είναι πολύ θερμότερος των υπόλοιπων "χειμερινών μηνών", που παρουσιάζουν εμφανίσεις του δείκτη ψυχρού κλίματος.

3.3 Μελέτη της ταχύτητας του ανέμου στη Θεσσαλονίκη

Για τη μελέτη της κλιματικής παραμέτρου της ταχύτητας του ανέμου το πρώτο βήμα ήταν η εύρεση του μέσου όρου της ταχύτητας του ανέμου καθώς και της μέγιστη τιμής της ταχύτητας του ανέμου κάθε ημέρας για το σύνολο του χρονικού διαστήματος μελέτης(20έτη). Αντίστοιχη είναι και η διαδικασία που ακολουθείται για τη μελέτη του μέσου όρου της μέγιστης ταχύτητας του ανέμου. Καταληκτικά πρέπει να αναφερθεί ότι για να είναι ολοκληρωμένη η μελέτη των δεδομένων ταχύτητας ανέμου οφείλει να πραγματοποιηθεί και μελέτη των διευθύνσεων των ανέμων για το χρονικό διάστημα μελέτης.

Από την παραπάνω διαδικασία προέκυψαν οι παρακάτω πίνακες καθώς και τα σχήματα βάση αυτών.

3.3.1 Μέσος όρος ταχύτητας ανέμου

Πίνακας 3.4: Μέσος όρος ταχύτητας ανέμου(Km/h) χειμερινών μηνών κάθε έτους για το χρονικό διάστημα 20 ετών.

	Νοέμβριος	Δεκέμβριος	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος
2000	1.59	1.74	3.09	2.53	2.55
2001	2.64	2.84	1.84	2.57	2.20
2002	1.07	2.27	2.44	1.74	2.46
2003	1.52	1.81	1.89	2.56	2.00
2004	4.54	3.49	-	-	-
2005	2.91	3.93	5.28	5.33	4.55
2006	1.82	1.58	3.92	4.51	4.32
2007	2.30	2.14	2.13	2.12	2.19
2008	1.74	3.09	1.92	2.13	2.15
2009	1.63	1.99	1.81	2.99	3.38
2010	1.68	2.43	2.42	2.54	2.54
2011	1.43	1.80	1.72	2.28	1.93
2012	3.25	4.33	2.78	2.90	2.24
2013	3.20	3.26	4.41	3.72	4.24
2014	2.58	3.63	2.52	2.58	3.61
2015	3.05	3.00	4.10	3.79	3.95
2016	3.50	4.41	3.41	3.06	3.99
2017	1.21	2.12	0.18	1.32	1.98
2018	2.06	1.25	1.31	1.75	1.55
2019	1.00	1.54	1.38	2.19	1.07
2020	0.75	1.08	1.20	1.48	1.31

Στον πίνακα 3.4 που αφορά το μέσο όρο ταχύτητας ανέμου των χειμερινών μηνών, γίνεται αντιληπτό ότι η μέγιστη τιμή μέσου όρου ταχύτητας του ανέμου για δεδομένα 20 χρόνων ισούται με 5.33Km/h και απαντάται στο μήνα Φεβρουάριο του έτους 2005. Παράλληλα η αμέσως μεγαλύτερη τιμή μέσου όρου ταχύτητας του ανέμου απαντάται στο μήνα Ιανουάριο του έτους 2005, γεγονός που οφείλεται στο ότι το 2005 αποτελεί το έτος με τις πιο πολλές εμφανίσεις δείκτη ψυχρού κλίματος(641 ώρες), το μεγαλύτερο μέρος των οποίων εμφανίζεται το μήνα Ιανουάριο(βλέπε ενότητα 3.4). Επίσης λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι για να υπάρξει εμφάνιση του δείκτη ψυχρού κλίματος, μία από τις 2 προϋποθέσεις είναι να έχουμε ταχύτητα ανέμου $\geq 5\text{Km/h}$, παρατηρείται ότι μόνο για τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο του 2005 επιτυγχάνεται αυτή η συνθήκη, δικαιολογώντας έτσι για μια ακόμη φορά το μέγιστο των εμφανίσεων του δείκτη κατά το έτος 2005. Σημαντικό γεγονός είναι επίσης ότι η μικρότερη τιμή μέσου όρου ταχύτητας του ανέμου απαντάται το μήνα Ιανουάριο του 2017 με τιμή ίση με 0.18Km/h και αυτό γιατί το συγκεκριμένο μήνα και ειδικότερα κατά το χρονικό διάστημα 6/1 με 11/1 παρατηρούνται εμφανίσεις τιμών δείκτη ψυχρού κλίματος-λόγω της κακοκαιρίας "Αριάδνης" και συγκεκριμένα στις 8/1 παρατηρείται η μέγιστη τιμή του δείκτη με τιμή -14.4°C . Για τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο κατά το έτος 2004 δεν υπήρχαν δεδομένα και ως εκ τούτου τα κελιά στον πίνακα παραμένουν κενά

Πίνακας 3.5: Μέσος όρος ταχύτητας ανέμου(Km/h) κάθε έτους, για την πόλη της Θεσσαλονίκης.

Έτος	Μέσος όρος
2000	2.296
2001	2.349
2002	1.809
2003	1.751
2004	3.640
2005	4.202
2006	2.497
2007	2.154
2008	2.141
2009	2.218
2010	2.290
2011	2.100
2012	2.530
2013	3.536
2014	3.250
2015	3.434

2016	3.644
2017	1.779
2018	1.402
2019	1.294
2020	1.252

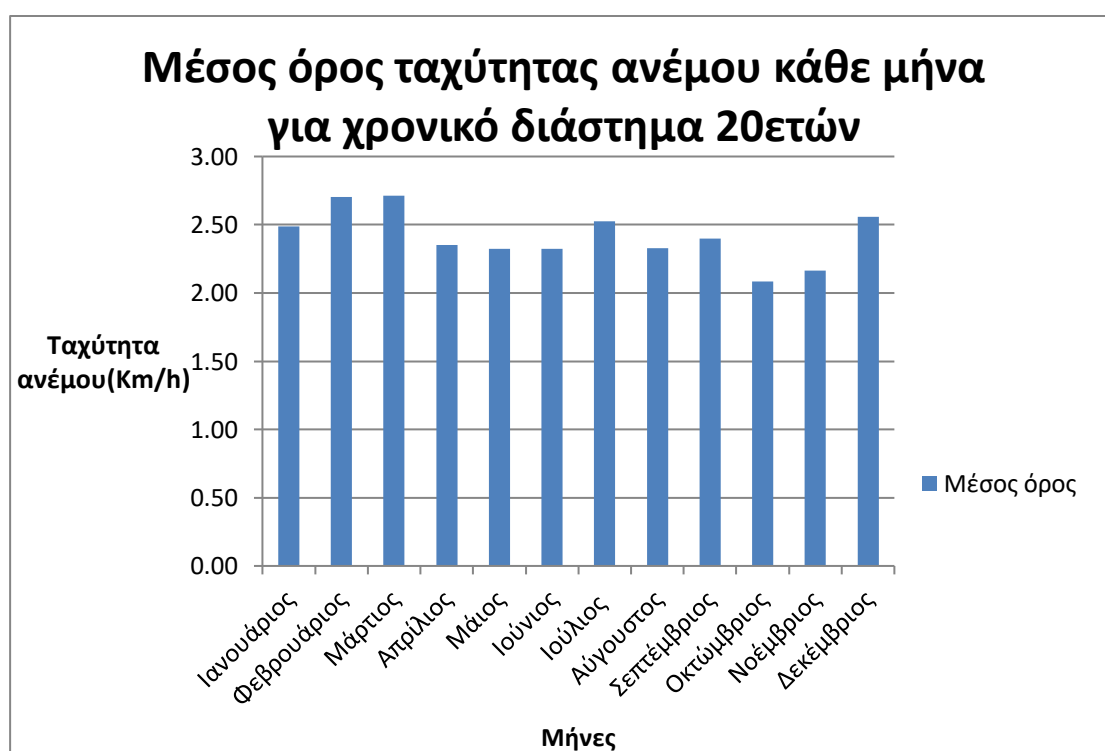


Σχήμα 3.3: Μέσος όρος ταχύτητας ανέμου(Km/h) κάθε έτους για χρονικό διάστημα 20 ετών, στην πόλη της Θεσσαλονίκης

Το σχήμα 3.3 το οποίο προέκυψε από τα δεδομένα του πίνακα 3.5 αφορά το μέσο όρο ταχύτητας του ανέμου κάθε έτους για το χρονικό διάστημα μελέτης. Από το σχήμα γίνεται αντιληπτό ότι κατά το έτος 2005 έχουμε το μέγιστο του μέσου όρου με τιμή ίση με 4.202Km/h. Το δεύτερο μέγιστο συναντάται το έτος 2016 με τιμή ίση με 3.644Km/h, ενώ η μικρότερη τιμή συναντάται το έτος 2020 και ισούται με 1.252Km/h. Παράλληλα από τη μορφή της καμπύλης καθώς και από τη γραμμή τάσης συνάγεται το συμπέρασμα ότι υπάρχει μείωση του μέσου όρου της ταχύτητας του ανέμου, η οποία είναι ίση με 0.024Km/h, δηλαδή παρατηρείται πτώση της τάσης της ταχύτητας του ανέμου ίση με 0.024Km/h το χρόνο, , δηλαδή περίπου 0,5Km/h στα είκοσι χρόνια.

Πίνακας 3.6: Μέσος όρος ταχύτητας ανέμου(Km/h) κάθε μήνα για 20έτη, στην πόλη της Θεσσαλονίκης

Μήνας	Μέσος όρος
Ιανουάριος	2.49
Φεβρουάριος	2.70
Μάρτιος	2.71
Απρίλιος	2.35
Μάιος	2.32
Ιούνιος	2.32
Ιούλιος	2.52
Αύγουστος	2.33
Σεπτέμβριος	2.40
Οκτώβριος	2.09
Νοέμβριος	2.16
Δεκέμβριος	2.56



Σχήμα 3.4: Μέσος όρος ταχύτητας ανέμου(Km/h) κάθε μήνα για χρονικό διάστημα 20 ετών, στην πόλη της Θεσσαλονίκης.

Το σχήμα 3.4 το οποίο προκύπτει από τα δεδομένα του πίνακα 3.6 αφορά το μέσο όρο της ταχύτητας του ανέμου κάθε μήνα για το χρονικό διάστημα 20 ετών. Από το σχήμα και το πίνακα 3.6 προκύπτει ότι η μέγιστη τιμή μέσου όρου ταχύτητας ανέμου για το χρονικό διάστημα μελέτης παρατηρείται το μήνα Μάρτιο με τιμή ίση με 2.71Km/h, ενώ η αμέσως μεγαλύτερη τιμή μέσου όρου παρατηρείται το μήνα Φεβρουάριο με τιμή ίση με 2.70Km/h. Η μικρότερη τιμή παρατηρείται το μήνα Οκτώβριο με τιμή που ισούται με 2.09Km/h.

3.3.2 Μέσος όρος μέγιστης ταχύτητας ανέμου

Πίνακας 3.7: Μέσος όρος μέγιστης ταχύτητας ανέμου(Km/h) κάθε έτους για το χρονικό διάστημα 20 ετών, στην πόλη της Θεσσαλονίκης.

Έτος	Μέσος όρος
2000	5.35
2001	5.54
2002	4.12
2003	3.65
2004	8.93
2005	10.23
2006	6.06
2007	5.26
2008	5.26
2009	5.38
2010	5.30
2011	5.06
2012	6.69
2013	7.77
2014	7.06
2015	7.52
2016	7.83
2017	4.92
2018	3.65
2019	3.18
2020	3.06



Σχήμα 3.5: Μέσος όρος μέγιστης ταχύτητας ανέμου(Km/h) κάθε έτους για το χρονικό διάστημα 20 ετών, στην πόλη της Θεσσαλονίκης.

Το σχήμα 3.5 και ο πίνακας 3.7, αφορούν το μέσο όρο της μέγιστης ταχύτητας του ανέμου κάθε έτους για το χρονικό διάστημα μελέτης. Από το σχήμα γίνεται αντιληπτό ότι ο μεγαλύτερος μέσος όρος της μέγιστης ταχύτητας του ανέμου παρατηρείται το έτος 2005 με τιμή ίση με 10.23Km/h, ενώ η μικρότερη τιμή μέσου όρου παρατηρείται το έτος 2020 με τιμή ίση με 3.06Km/h. Από τη μορφολογία της καμπύλης καθώς και από τη γραμμή τάσης γίνεται κατανοητό ότι ο μέσος όρος της μέγιστης ταχύτητας του ανέμου ακολουθεί πτωτική τάση για τα επόμενα έτη και συγκεκριμένα παρατηρείται μείωση της τάσης κατά 0.058Km/h το χρόνο, δηλαδή περίπου 1.2Km/h στα 20 χρόνια. Από τη σύγκριση των μέσων και μέγιστων ταχυτήτων γίνεται φανερό, ότι η μέγιστη ταχύτητα ελαττώνεται με μεγαλύτερο ρυθμό από την μέση ταχύτητα στο σταθμό της Θεσσαλονίκης.

Πίνακας 3.8: Μέσος όρος μέγιστης ταχύτητας(Km/h) κάθε μήνα για το χρονικό διάστημα 20 ετών, στην πόλη της Θεσσαλονίκης.

Μήνας	Μέσος όρος
Ιανουάριος	5.839
Φεβρουάριος	6.068
Μάρτιος	6.172
Απρίλιος	5.651
Μάιος	5.599
Ιούνιος	5.643
Ιούλιος	5.847
Αύγουστος	5.445
Σεπτέμβριος	5.705
Οκτώβριος	5.109
Νοέμβριος	5.281
Δεκέμβριος	5.800

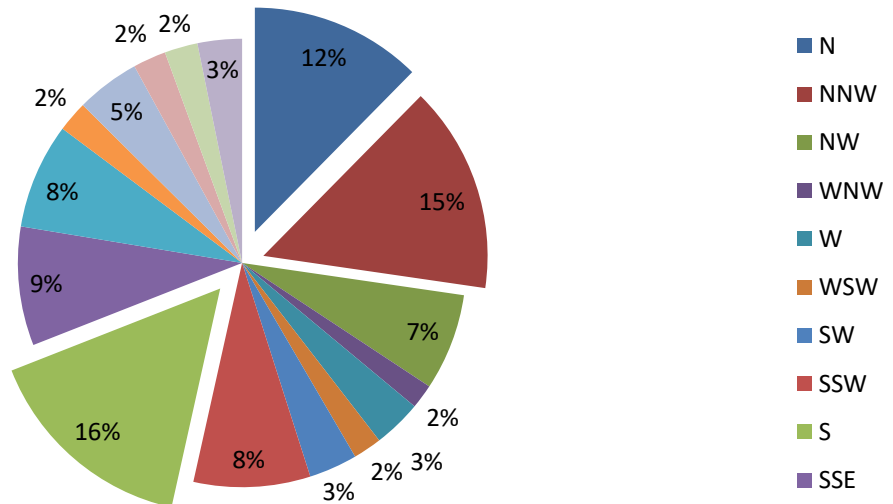


Σχήμα 3.6: Μέσος όρος μέγιστης ταχύτητας ανέμου (Km/h) κάθε μήνα για το χρονικό διάστημα 20 ετών, στην πόλη της Θεσσαλονίκης.

Ο πίνακας 3.8 και το σχήμα 3.6 παρουσιάζουν το μέσο όρο της μέγιστης ταχύτητας του ανέμου κάθε μήνα για το χρονικό διάστημα μελέτης στο μετεωρολογικό σταθμό του ΑΠΘ. Συγκεκριμένα προκύπτει ότι το μήνα Μάρτιο παρατηρείται μέγιστη τιμή μέσου όρου με τιμή ίση με 6Km/h, ενώ η αμέσως επόμενη μεγαλύτερη τιμή μέσου όρου παρατηρείται το Φεβρουάριο με τιμή που ισούται με 6.068Km/h. Η μικρότερη τιμή μέσου όρου μέγιστης ταχύτητας για το χρονικό διάστημα 20 ετών παρατηρείται το μήνα Οκτώβριο με τιμή ίση με 5.109Km/h. Από τη σύγκριση των σχημάτων 3.5 και 3.4 προκύπτει ότι τα μέγιστα των μηνιαίων τιμών συμπίπτουν.

3.3.3 Μελέτη διεύθυνσης ανέμων

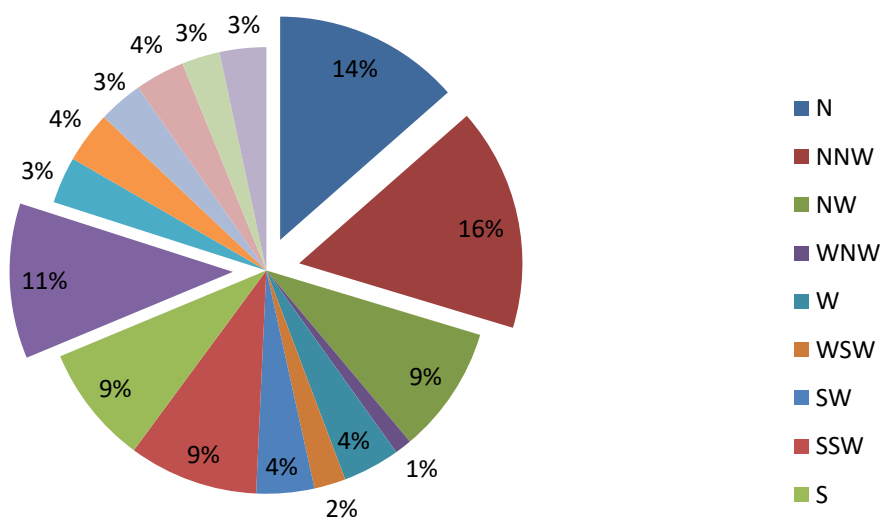
Ποσοστό διεύθυνσης ανέμου σε 20 έτη για το μήνα Νοέμβριο



Σχήμα 3.7: Ποσοστό διεύθυνσης ανέμου με δεδομένα 20 ετών για το μήνα Νοέμβριο, στην πόλη της Θεσσαλονίκης.

Στο σχήμα 3.7 το οποίο αφορά το ποσοστό διεύθυνσης ανέμου με δεδομένα 20 ετών για το μήνα Νοέμβριο παρατηρείται ότι οι άνεμοι στην περιοχή της Θεσσαλονίκης πνέουν από όλες τις διευθύνσεις με επικρατούσες την Βόρειο – Βόρειο Δυτική και την νότια διεύθυνση. Ειδικότερα μόνο το 16% των ανέμων για το χρονικό διάστημα της μελέτης προέρχονται από τα Νότια, ενώ περίπου το 35% των ανέμων εμφανίζουν Βόρειο με Βορειοδυτική διεύθυνση, με το 15% των ανέμων είναι Βόρειο-Βόρειο Δυτικοί άνεμοι(Βαρδάρης), το 12% των ανέμων να είναι Βόρειοι και το 7% Βόρειοδυτικοί.

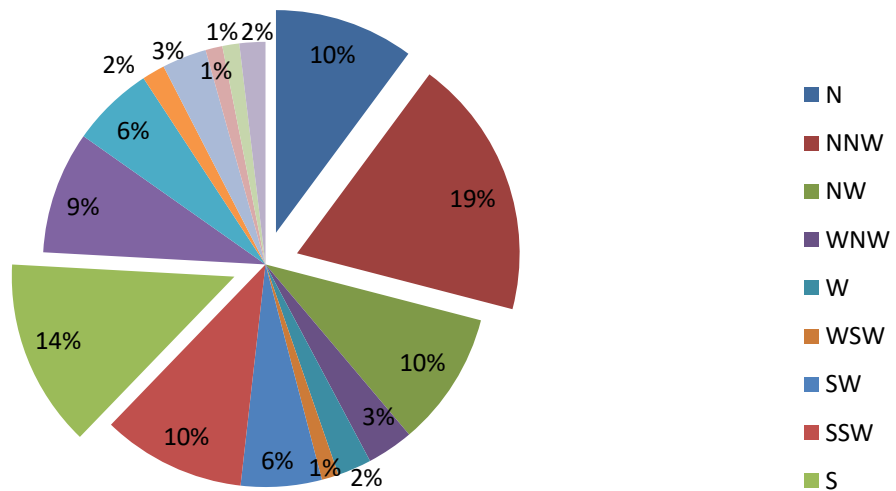
Ποσοστό διεύθυνσης ανέμου σε 20 έτη για το μήνα Δεκέμβριο



Σχήμα 3.8: Ποσοστό διεύθυνσης ανέμου με δεδομένα 20 ετών για το μήνα Δεκέμβριο, στην πόλη της Θεσσαλονίκης

Στο σχήμα 3.8 το οποίο αφορά ποσοστό διεύθυνσης του ανέμου με δεδομένα 20 ετών για το μήνα Δεκέμβριο παρατηρείται ότι το 16% των ανέμων για το χρονικό διάστημα της μελέτης προέρχονται από τα Βόρειο-Βόρειο Δυτικά, το 14% των ανέμων έχουν προέλευση από τα Βόρεια (39% των ανέμων εμφανίζουν Β-ΒΔ διεύθυνση), ενώ το 11% προέρχονται από τα Δυτικά Βόρειο Δυτικά. Τέλος οι Νότιοι άνεμοι το Δεκέμβριο είναι μόλις 9%.

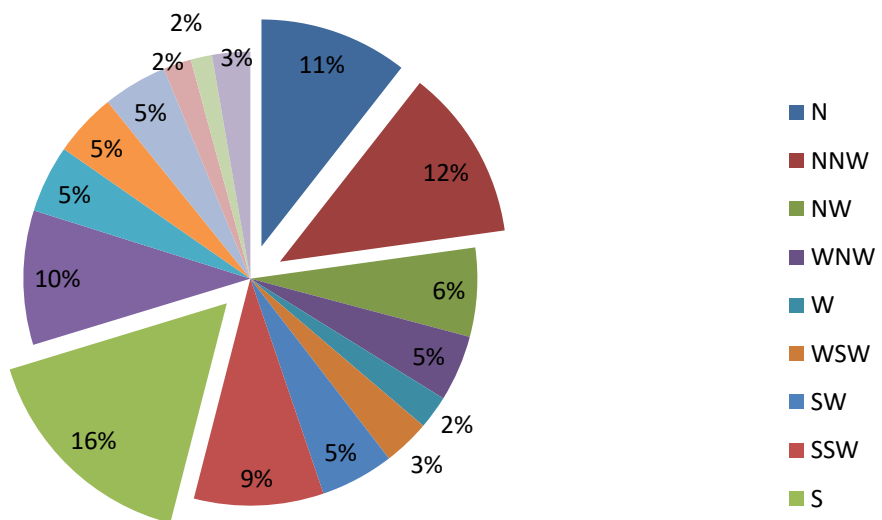
Ποσοστό εμφάνισης διεύθυνσης ανέμου σε 20 έτη για το μήνα Ιανουάριο



Σχήμα 3.9: Ποσοστό διεύθυνσης ανέμου με δεδομένα 20 ετών για το μήνα Ιανουάριο, στην πόλη της Θεσσαλονίκης

Στο σχήμα 3.9 το οποίο αφορά το ποσοστό διεύθυνσης των ανέμων με δεδομένα 20 ετών για το μήνα Ιανουάριο παρατηρείται ότι το 39% των ανέμων είναι Β-ΒΔ διεύθυνσης και ειδικότερα το 19% των ανέμων για το χρονικό διάστημα της μελέτης προέρχονται από τα Βόρειο-Βόρειο Δυτικά, το 10% είναι Βόρειας κα το υπόλοιπο 10% Βόρειο Δυτικής προέλευσης, ενώ το ποσοστό Νότιων ανέμων είναι 14%.

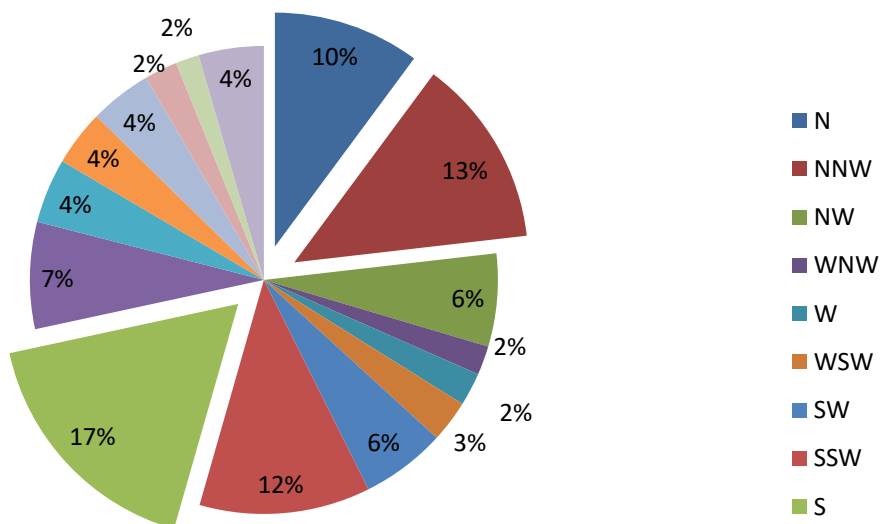
Ποσοστό εμφάνισης διεύθυνσης ανέμου σε 20 έτη για το μήνα Φεβρουάριο



Σχήμα 3.10: Ποσοστό διεύθυνσης ανέμου με δεδομένα 20 ετών για το μήνα Φεβρουάριο.

Στο σχήμα 3.10 το οποίο αφορά το ποσοστό διεύθυνσης των ανέμων με δεδομένα 20 ετών για το μήνα Φεβρουάριο, παρατηρείται ότι το 16% των ανέμων για το χρονικό διάστημα μελέτης προέρχονται από τα Νότια καθώς και ότι το 29% των ανέμων έχουν Β-ΒΔ διεύθυνση και ειδικότερα το 12% προέρχονται από τα Βόρειο-Βόρειο Δυτικά(Βαρδάρης) ,το 11% είναι Βόρειας προέλευσης και το 6% Βόρειο Δυτικής προέλευσης.

Ποσοστό εμφάνισης διεύθυνσης ανέμου σε 20 έτη για το μήνα Μάρτιο



Σχήμα 3.11: Ποσοστό διεύθυνσης ανέμου με δεδομένα 20 ετών για το μήνα Μάρτιο.

Στο σχήμα 3.11 το οποίο αφορά το ποσοστό διεύθυνσης των ανέμων με δεδομένα 20 ετών για το μήνα Μάρτιο, παρατηρείται ότι το 17% των ανέμων για το χρονικό διάστημα μελέτης προέρχονται από τα Νότια, το 29% των ανέμων είναι Β-ΒΔ διεύθυνσης με το 13% αυτών να προέρχονται από τα Βόρειο- Βόρειο Δυτικά(Βαρδάρης), το 10% να είναι Βόρειας προέλευσης και μόλις το 6% Βόρειο Δυτικής. Το μήνα Μάρτιο η Νότιο-Νότιο Δυτική διεύθυνση παρουσιάζει ποσοστό 12% όπου μαζί με τους ανέμους Νότιας συνιστώσας φτάνουν το 29%. Ο μήνας Μάρτιος είναι και ο μήνας με τις μεγαλύτερες μέσες και μέγιστες ταχύτητες.

3.4 Μελέτη του δείκτη ψυχρότητας(Wind Chill Index) για το σταθμό της Θεσσαλονίκης

Πίνακας 3.9: Πίνακας τιμών δείκτη ψυχρού κλίματος και συχνότητα εμφάνισης αυτών των τιμών σε χρονικό διάστημα 20 ετών για τη πόλη της Θεσσαλονίκης. Προέκυψε βάση εφαρμογής της εξίσωσης υπολογισμού του δείκτη ψυχρότητας $T_{wc}(^{\circ}C)$
 $T_{wc}=13.112+0.6215*T_a-11.37*V^{0.16}+0.3965*T_a*V^{0.16}$ όπου T_a η θερμοκρασία περιβάλλοντος σε $^{\circ}C$ και V η ταχύτητα του ανέμου σε Km/h .

Τιμές δείκτη Wind Chill Index($^{\circ}C$)	Συχνότητα εμφάνισης τιμών στην 20ετία
-15	0
-14	1
-13	5
-12	4
-11	2
-10	10
-9	25
-8	51
-7	46
-6	52
-5	75
-4	138
-3	162
-2	209
-1	296
0	701
1	456
2	496
3	550
4	542
5	394
6	24
7	0

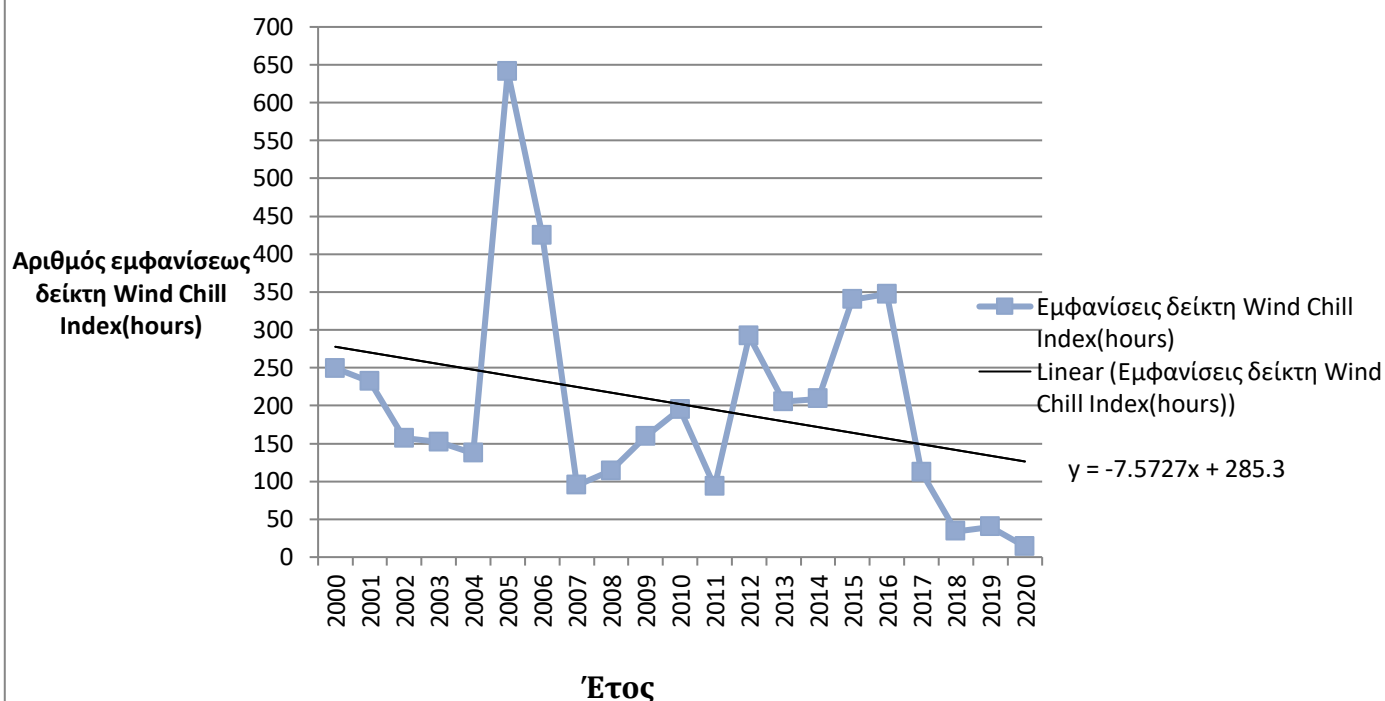
Ο πίνακας 3.9 αφορά τη συχνότητα εμφάνισης(σε ώρες) διαφόρων τιμών του δείκτη ψυχρότητας σε χρονικό διάστημα 20 ετών για το νομό Θεσσαλονίκης. Από την ανάλυση του πίνακα προκύπτει ότι συνολικά για το χρονικό διάστημα της εικοσαετίας παρατηρήθηκαν 4239 εμφανίσεις τιμών δείκτη ψυχρού κλίματος, σχεδόν το 25% των περιπτώσεων εμφανίζουν δείκτη ψυχρότητας με αρνητικές τιμές. Η τιμή δείκτη με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης μέσα στο χρονικό διάστημα μελέτης είναι $T_{wc}=0^{\circ}C$ με συχνότητα εμφάνισης 701 ώρες στην 20ετία, ενώ η αμέσως πιο συχνά εμφανιζόμενη τιμή δείκτη είναι $T_{wc}=3^{\circ}C$ με συχνότητα εμφάνισης 550 ώρες στην 20ετία και αμέσως μετά έπεται η τιμή

$T_{wc}=4^{\circ}\text{C}$ με συχνότητα εμφάνισης 542 ώρες. Η υψηλότερη τιμή δείκτη ψυχρού κλίματος ισούται με $T_{wc}=-14^{\circ}\text{C}$ και τη συναντήσαμε μόνο 1 φορά στις 8/1/2017 λόγω του χαμηλού βαρομετρικού που έπληξε σχεδόν όλη την χώρα και πήρε την ονομασία "Αριάδνη". Η τιμή αυτή προέκυψε από το συνδυασμό θερμοκρασίας ίσης με -9.8°C και ταχύτητας ανέμου ίσης με 8.4Km/h. Γενικότερα πολύ υψηλές τιμές δείκτη ψυχρού κλίματος όπως $T_{wc}=-13^{\circ}\text{C}$ έχουν συχνότητα εμφάνισης 5 φορές στην 20ετία, ενώ χαρακτηριστική είναι και η τιμή $T_{wc}=-8^{\circ}\text{C}$ που αριθμεί 51 εμφανίσεις μέσα στο χρονικό διάστημα μελέτης.

Πίνακας 3.10: Πίνακας συσχέτισης του έτους με τις ώρες εμφάνισης δείκτη WindChillIndex κάθε έτους και παρουσίαση του μήνα με τις περισσότερες εμφανίσεις του δείκτη για το συγκεκριμένο έτος καθώς και του αριθμού εμφανίσεων για το συγκεκριμένο μήνα.

Έτος	Ώρες εμφάνισης δείκτη ανά έτος	Μήνας με τις περισσότερες ώρες εμφάνισης δείκτη	Ώρες εμφάνισης δείκτη ανά μήνα
2000	249	Ιανουάριος	153
2001	232	Δεκέμβριος	134
2002	157	Ιανουάριος	99
2003	152	Φεβρουάριος	72
2004	137	Νοέμβριος	80
2005	641	Ιανουάριος	176
2006	425	Ιανουάριος	166
2007	95	Δεκέμβριος	33
2008	114	Ιανουάριος	40
2009	159	Φεβρουάριος	100
2010	195	Δεκέμβριος	61
2011	93	Ιανουάριος	36
2012	292	Δεκέμβριος	106
2013	205	Ιανουάριος	105
2014	209	Δεκέμβριος	111
2015	340	Ιανουάριος	124
2016	347	Ιανουάριος	123
2017	112	Ιανουάριος	81
2018	34	Ιανουάριος	21
2019	40	Φεβρουάριος	30
2020	14	Φεβρουάριος	6

Ρυθμός εμφάνισης δείκτη Wind Chill Index για το χρονικό διάστημα 20 ετών



Σχήμα 3.12: Ρυθμός εμφάνισης δείκτη Wind Chill Index για το χρονικό διάστημα 20 ετών, για τη πόλη της Θεσσαλονίκης.

Το σχήμα 3.12 που συσχετίζει το έτος με τις ώρες εμφάνισης του δείκτη ψυχρότητας προκύπτει από τον πίνακα 3.10, όπου με βάση τη μορφή της καμπύλης καθώς και τη γραμμική τάση παρατηρείται η πτωτική τάση εμφάνισης δείκτη ψυχρότητας για το χρονικό διάστημα μελέτης. Συγκεκριμένα παρατηρείται μείωση της τάσης εμφάνισης δείκτη ψυχρότητας κατά 7.52 ώρες το χρόνο, δηλαδή περίπου 75 ώρες τα 10 χρόνια. Παράλληλα γίνεται αντιληπτό ότι ο μέγιστος ρυθμός εμφάνισης του δείκτη εντοπίζεται το έτος 2005 με 641 εμφανίσεις τιμών, ενώ αμέσως μετά έπεται το έτος 2006 με 425 εμφανίσεις τιμών. Οι λιγότερες εμφανίσεις του δείκτη παρατηρούνται διαδοχικά την τελευταία τετραετία του

χρονικού διαστήματος μελέτης, δηλαδή το διάστημα 2017 έως και 2020 και συγκεκριμένα το έτος 2020 παρατηρείται ο μικρότερος αριθμός εμφανίσεων δείκτη με μόλις 14 εμφανίσεις. Το γεγονός ότι το 2020 παρατηρείται ο μικρότερος αριθμός εμφανίσεων του δείκτη ψυχρότητας επιβεβαιώνεται και από τα συμπεράσματα των σχημάτων 3.1 και 3.3. Το 2020 γνωρίζουμε ότι ο μέσος όρος της θερμοκρασίας περιβάλλοντος ήταν υψηλός και ότι ο μέσος όρος της ταχύτητας του ανέμου ήταν ο μικρότερος συγκριτικά με τις υπόλοιπες χρονιές, έτσι γίνεται αντιληπτό ότι οι προϋποθέσεις για την εμφάνιση τιμών δείκτη ψυχρού κλίματος δεν ικανοποιούνται, παρά μόνο σε ορισμένες περιπτώσεις.

Από το πίνακα 3.10 επίσης προκύπτει και ο μήνας με τις περισσότερες εμφανίσεις για κάθε έτος, καθώς ο αριθμός των εμφανίσεων στο μήνα αυτό. Ο μήνας με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης δείκτη ψυχρότητας είναι ο Ιανουάριος (11 έτη), ο Δεκέμβριος εμφανίζει τη μίση σχεδόν συχνότητα (5 χρόνια), ενώ ο Νοέμβριος εμφανίζει μέγιστη συχνότητα μόνο για μία χρονιά (2004). Ειδικότερα το έτος 2000 είχαμε 249 εμφανίσεις συνολικά(ώρες), το μεγαλύτερο πλήθος των οποίων παρατηρούνται το μήνα Ιανουάριο, όπου το μήνα αυτό είχαμε 153 εμφανίσεις δείκτη ψυχρότητας. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον πρέπει να δείξουμε στα έτη 2005,2006 όπου παρουσιάζουν το μεγαλύτερο αριθμό εμφανίσεων δείκτη για όλη την 20ετία, με τις εμφανίσεις αυτές να παρατηρούνται κατά το μήνα Ιανουάριο και για τα 2 έτη αποδεικνύοντας έτσι και έμπρακτα ότι για το νομό Θεσσαλονίκης ο μήνας αυτός αποτελεί τον κύριο μήνα εμφανίσεων του δείκτη, μιας και όπως αποδείχτηκε και από τα προηγούμενα διαγράμματα είναι ο μήνας με το χαμηλότερο μέσο όρο θερμοκρασίας, με τη 2η μεγαλύτερη ταχύτητα ανέμου(μέσο όρο ταχύτητας) μετά το Φεβρουάριο και το μήνα αυτό επικρατεί ο ΒΒΔ άνεμος Βαρδάρης ο οποίος με τη σειρά του διαμορφώνει τις κατάλληλες συνθήκες για την εμφάνιση του δείκτη ψυχρότητας. Επίσης ενδιαφέρον παρουσιάζουν και τα στοιχεία για το έτος 2017 όπου παρά το γεγονός ότι δεν είχαμε τόσο μεγάλο αριθμό εμφανίσεων δείκτη Wind Chill, είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι ποσοστό πάνω από τα 2/3 των συνολικών εμφανίσεων 112 ώρες, παρατηρούνται το μήνα Ιανουάριο (81 ώρες). Το γεγονός αυτό δικαιολογείται από το ιστορικό βαρομετρικό χαμηλό που επηρέασε το νομό Θεσσαλονίκης, το οποίο έφερε για 6 μέρες ολικό παγετό στη πόλη δημιουργώντας έτσι τις κατάλληλες συνθήκες μαζί με τον "Βαρδάρη" που επικρατούσε, για την υψηλότερη τιμή δείκτη Wind Chill index($T_{wc} = -14.4^{\circ}\text{C}$).

		ΠΙΝΑΚΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ WIND CHILL																						
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ(°C)																						
		7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ(km/h)	5	-	5.21	4.07	2.94	1.81	0.67	-0.46	-1.60	-2.73	-3.87	-5.00	-6.14	-7.27	-8.40	-9.54	-10.67	-11.81	-12.94	-14.08	-15.21	-16.35	-17.48	-18.61
	6	-	4.86	3.72	2.57	1.42	0.27	-0.88	-2.03	-3.18	-4.33	-5.48	-6.63	-7.78	-8.93	-10.08	-11.23	-12.38	-13.53	-14.68	-15.83	-16.98	-18.13	-19.28
	7	-	4.57	3.40	2.24	1.08	-0.09	-1.25	-2.41	-3.57	-4.74	-5.90	-7.06	-8.23	-9.39	-10.55	-11.71	-12.88	-14.04	-15.20	-16.36	-17.53	-18.69	-19.85
	8	-	4.30	3.13	1.95	0.78	-0.40	-1.57	-2.75	-3.92	-5.10	-6.27	-7.44	-8.62	-9.79	-10.97	-12.14	-13.32	-14.49	-15.67	-16.84	-18.01	-19.19	-20.36
	9	-	4.06	2.88	1.69	0.51	-0.68	-1.86	-3.05	-4.23	-5.42	-6.60	-7.79	-8.97	-10.16	-11.34	-12.53	-13.71	-14.90	-16.08	-17.27	-18.45	-19.64	-20.82
	10	-	3.85	2.65	1.46	0.26	-0.93	-2.13	-3.32	-4.52	-5.71	-6.91	-8.10	-9.30	-10.49	-11.68	-12.88	-14.07	-15.27	-16.46	-17.66	-18.85	-20.05	-21.24
	11	-	3.65	2.44	1.24	0.04	-1.17	-2.37	-3.58	-4.78	-5.98	-7.19	-8.39	-9.59	-10.80	-12.00	-13.20	-14.41	-15.61	-16.81	-18.02	-19.22	-20.42	-21.63
	12	-	3.46	2.25	1.04	-0.17	-1.39	-2.60	-3.81	-5.02	-6.23	-7.44	-8.66	-9.87	-11.08	-12.29	-13.50	-14.71	-15.92	-17.14	-18.35	-19.56	-20.77	-21.98
	13	-	3.29	2.07	0.85	-0.37	-1.59	-2.81	-4.03	-5.25	-6.47	-7.68	-8.90	-10.12	-11.34	-12.56	-13.78	-15.00	-16.22	-17.44	-18.66	-19.88	-21.10	-22.32
	14	-	3.13	1.90	0.67	-0.55	-1.78	-3.01	-4.23	-5.46	-6.68	-7.91	-9.14	-10.36	-11.59	-12.82	-14.04	-15.27	-16.49	-17.72	-18.95	-20.17	-21.40	-22.63
	15	-	2.97	1.74	0.51	-0.73	-1.96	-3.19	-4.42	-5.66	-6.89	-8.12	-9.36	-10.59	-11.82	-13.06	-14.29	-15.52	-16.75	-17.99	-19.22	-20.45	-21.69	-22.92

Σχήμα 3.13: Πίνακας τιμών δείκτη ψυχρού κλίματος(Wind Chill Index) με το συνδυασμό τιμών θερμοκρασίας περιβάλλοντος και ταχύτητας ανέμου για τη πόλη της Θεσσαλονίκης.

Στη συνέχεια δημιουργήθηκε για τη περιοχή της Θεσσαλονίκης, ο πίνακας με τις τιμές Wind Chill Index όπως αυτές προέκυψαν μετά από εφαρμογή της εξίσωσης προσδιορισμού των τιμών δείκτη για τους πιθανούς συνδυασμούς θερμοκρασίας περιβάλλοντος και ταχύτητας ανέμου. Από την ανάλυση του πίνακα προκύπτει ότι όταν στην πόλη της Θεσσαλονίκης επικρατούν θερμοκρασίες της τάξης των -15°C , τότε η αισθητή θερμοκρασία αν ο άνεμος πνέει με ταχύτητα 5km/h θα είναι ίση με $-18,6^{\circ}\text{C}$ ενώ αν η ταχύτητα φτάσει τα 15km/h η αισθητή θερμοκρασία θα είναι $-22,92^{\circ}\text{C}$. Αντίστοιχα για θερμοκρασίες ίσες με -5°C η αισθητή θερμοκρασία με ταχύτητες 10km/h θα είναι -9.3°C .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 :ΣΥΝΟΨΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1 Σύνοψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως κύριο σκοπό τη μελέτη του δείκτη ψυχρότητας για τη πόλη της Θεσσαλονίκης βάσει δεδομένων 20ετών από το Μετεωρολογικό σταθμό που εδράζεται στο Μετεωροσκοπείο του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Συγκεκριμένα στόχος της διπλωματικής είναι η εύρεση του ρυθμού εμφάνισης των τιμών δείκτη ψυχρού κλίματος(Wind Chill Index) για τη πόλη της Θεσσαλονίκης, για το χρονικό διάστημα μελέτης(2000-2020) καθώς και η εύρεση του μήνα όπου παρουσιάζονται οι μέγιστες αλλά και οι ελάχιστες εμφανίσεις του δείκτη στο χρονικό διάστημα αυτό.

Παράλληλα σκοπός της εργασίας είναι και η εκτίμηση των τάσεων εμφάνισης του δείκτη ψυχρότητας, καθώς και η εκτίμηση των τάσεων που αφορούν τη μεταβολή των μέσων όρων της θερμοκρασίας περιβάλλοντος αλλά και της ταχύτητας του ανέμου στο μέλλον. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα θερμοκρασίας περιβάλλοντος και ταχύτητας ανέμου(ωριαία και ημερήσια) για την περίοδο από 1/1/2000 έως και 31/12/2020, δεδομένα που προέρχονται από το μετεωρολογικό σταθμό που βρίσκεται στο Μετεωροσκοπείο του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Έτσι κατά τη διάρκεια της εικοσαετίας παρατηρήθηκαν συνολικά 4239 εμφανίσεις τιμών δείκτη ψυχρού κλίματος, με το μεγαλύτερο αριθμό εμφανίσεων να επικεντρώνεται στο έτος 2005 με 641 εμφανίσεις με το αμέσως επόμενο μέγιστο να παρατηρείται το έτος 2006 με 425 εμφανίσεις τιμών δείκτη, ενώ η ελάχιστη τιμή εμφανίσεων παρατηρείται το έτος 2020 με 14 εμφανίσεις. Σε κάθε περίπτωση από τη μελέτη των δεδομένων αποδείχθηκε ότι ο μήνας όπου παρατηρούνται οι περισσότερες εμφανίσεις τιμών δείκτη Wind Chill Index για τα 20έτη μελέτης, είναι ο Ιανουάριος καθώς και ότι ο ρυθμός εμφάνισης τιμών δείκτη παρουσιάζει πτωτική πορεία για το χρονικό διάστημα 2000-2020.

4.2 Συμπεράσματα

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο συνοψίζονται τα σημαντικά και βασικά συμπεράσματα που απορρέουν από την εικοσαετή μελέτη των μετεωρολογικών στοιχείων της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και της ταχύτητας του ανέμου στην περιοχή της Θεσσαλονίκης. Έπειτα από τα προαναφερθέντα βήματα των προηγούμενων κεφαλαίων, της συλλογής των δεδομένων, της στατιστικής επεξεργασίας και ανάλυσης με τη βοήθεια των εργαλείων του Excel, καθώς και της παρουσίασης των αποτελεσμάτων μέσω διαγραμμάτων, εξήχθησαν τα αναγκαία μετεωρολογικά και κλιματολογικά συμπεράσματα για το φαινόμενο του δείκτη ψυχρότητας(Wind Chill Index) για τη πόλη της Θεσσαλονίκης.

- Ο μεγαλύτερος αριθμός εμφανίσεων δείκτη Wind Chill Index για τα δεδομένα 20ετών παρατηρείται το έτος 2005 με 641 εμφανίσεις, ενώ το έτος 2020 παρατηρείται ο ελάχιστος αριθμός εμφανίσεων με 14 εμφανίσεις.
- Ο ρυθμός εμφάνισης του δείκτη ψυχρότητας εμφανίζει πτωτική τάση τόσο για το χρονικό διάστημα μελέτης(1/1/2000 έως και 31/12/2020), όσο και για τα μελλοντικά χρόνια και συγκεκριμένα παρουσιάζει ρυθμό πτώσης κατά 7.52 ώρες το χρόνο.
- Ο συνολικός αριθμός εμφανίσεων δείκτη ψυχρού κλίματος για το διάστημα 20ετών είναι 4239 εμφανίσεις και ο μεγαλύτερος αριθμός εμφανίσεων παρατηρείται το μήνα Ιανουάριο με 1412 εμφανίσεις συνολικά, με τον αμέσως επόμενο μήνα με τις περισσότερες εμφανίσεις να είναι ο Δεκέμβριος με 1037 εμφανίσεις συνολικά. Ο μήνας που καταγράφει τις λιγότερες εμφανίσεις δείκτη για διάστημα 20ετών είναι ο Νοέμβριος με 244 εμφανίσεις συνολικά.
- Η μεγαλύτερη τιμή δείκτη Wind Chill Index παρατηρήθηκε στις 8/1/2017, τιμή ίση με $T_{wc} = -14.4^{\circ}\text{C}$. Τη χρονική στιγμή που επιτεύχθηκε αυτή η τιμή δείκτη, ο μετεωρολογικός σταθμός του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης έδειξε τιμή θερμοκρασίας ίση με -9.8°C και ταχύτητα ανέμου 8.4Km/h διευθύνσεως ΒΒΔ(Βαρδάρης). Τα παραπάνω προκλήθηκαν από το πέρασμα μιας ψυχρής εισβολής που σημειώθηκε το

διάστημα από 6/1/2017 έως και 10/1/2017 και προκάλεσε το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα ολικού παγετού για την πόλη της Θεσσαλονίκης, η κακοκαιρία αυτή είχε το όνομα "Αριάδνη".

- Όσον αφορά τις τιμές δείκτη ψυχρότητας, η τιμή που έχει εμφανιστεί τις περισσότερες φορές στο χρονικό διάστημα των 20ετών ισούται με $T_{wc}=0^{\circ}\text{C}$ και παρουσιάζει 701 εμφανίσεις, ενώ εντύπωση προκαλεί το γεγονός ότι υψηλές τιμές δείκτη όπως $T_{wc}=-8^{\circ}\text{C}$ έχουν ρυθμό εμφάνισης 51 φορές στην εικοσαετία.
- Ο ΒΒΔ άνεμος "Βαρδάρης" που πνέει στην περιοχή της Θεσσαλονίκης κατά τους Χειμερινούς μήνες, φέρει μεγάλο μερίδιο ευθύνης για την εμφάνιση τιμών δείκτη ψυχρότητας. Το γεγονός ότι τη χρονική περίοδο αυτή επικρατούν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με την έντονη αίσθηση ψύχους λόγω των ισχυρών ΒΒΔ ανέμων, ενισχύουν τις τιμές του δείκτη ψυχρού κλίματος. Υπό αυτές τις συνθήκες επικρατούν στην περιοχή οι χαμηλότερες μέσες και ελάχιστες θερμοκρασίες με το "Βαρδάρη" να πνέει με μέση ταχύτητα 16.7Km/h και μέγιστη που μπορεί να ξεπεράσει τα 90Km/h. Παρά το γεγονός ότι υπό αυτές τις συνθήκες η ορατότητα και το κλάσμα της ηλιοφάνειας παρουσιάζουν πολύ υψηλές τιμές, η αίσθηση ψύχους παραμένει πολύ έντονη.
- Ο μήνας με το μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης "Βαρδάρη" για το χρονικό διάστημα μελέτης είναι ο Ιανουάριος(19%), ο οποίος παρουσιάζει και το 2ο μεγαλύτερο μέσο όρο μέγιστης ταχύτητας ανέμου συγκριτικά με τους υπόλοιπους μήνες . Παράλληλα ο Ιανουάριος παρουσιάζει και το μικρότερο μέσο όρο θερμοκρασίας για την εικοσαετία. Όλα τα παραπάνω αποδεικνύουν έμπρακτα γιατί ο Ιανουάριος αποτελεί το μήνα με το μεγαλύτερο αριθμό εμφανίσεων τιμών δείκτη Wind Chill Index.
- Όσον αφορά τη διεύθυνση πνοής του ανέμου και τη σχέση της με το δείκτη ψυχρότητας, αποδεικνύεται ότι μόνο για τις χρονικές στιγμές όπου η διεύθυνση πνοής των ανέμων είναι Β, ΒΒΔ ή ΒΔ μπορεί να παρατηρηθεί εμφάνιση τιμών δείκτη και αυτό με την προϋπόθεση να τηρούνται οι 2 παράμετροι που τέθηκαν(θερμοκρασία περιβάλλοντος $\leq 7^{\circ}\text{C}$ και ταχύτητα ανέμου $\geq 5\text{Km/h}$). Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του μήνα Μάρτιου, όπου παρά το γεγονός ότι παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή μέσου όρου ταχύτητας και μέγιστης ταχύτητας για το χρονικό διάστημα των 20ετών, εντούτοις η φορά διεύθυνσης των ανέμων είναι ως επί των πλείστων Νότια ή Νότια-Νότιο Δυτική και ο μέσος όρος θερμοκρασίας περιβάλλοντος δεν είναι αρκετά χαμηλός με αποτέλεσμα να μην ικανοποιούνται οι συνθήκες για να έχουμε εμφάνιση τιμών .

- Παρά το γεγονός ότι δεν έχουμε δεδομένα διεύθυνσης ανέμου εικοσαετίας για το μήνα Απρίλιο, παρατηρείται σε εξαιρετικές περιπτώσεις εμφάνιση τιμής δείκτη ψυχρότητας για αυτό το μήνα. Μία τέτοια ιδιαίτερη περίπτωση είναι αυτή του έτους 2020 όπου έχουμε 14 εμφανίσεις τιμής δείκτη, εκ των οποίων οι 7 είναι το Φεβρουάριο και οι 6 τον Απρίλιο. Συνολικά για το διάστημα 20ετών έχουμε 23 εμφανίσεις τιμής δείκτη τον Απρίλιο. Συγκεκριμένα όσον αφορά το μήνα Απρίλιο του 2020, οι 5 από τις 6 συνολικά εμφανίσεις τιμών Wind Chill Index πραγματοποιούνται στις 15/4 όπου ο άνεμος που επικρατεί την ημέρα εκείνη έχει διεύθυνση ΒΔ, ενώ τον υπόλοιπο μήνα οι διευθύνσεις του ανέμου επικεντρώνονται κυρίως στις Νότιες και Ανατολικές. Με αυτό το παράδειγμα αποδεικνύεται το παραπάνω συμπέρασμα, όπου σχεδόν για όλες τις περιπτώσεις για να επιτευχθούν οι απαραίτητες προϋποθέσεις για την εμφάνιση δείκτη Wind Chill Index, απαιτείται η διεύθυνση του ανέμου να είναι Β,ΒΔ ή ΒΒΔ.
- Η αύξηση της τάσης που παρουσιάζει ο μέσος όρος θερμοκρασιών περιβάλλοντος σε συνδυασμό με τη φθίνουσα πορεία που παρουσιάζει ο μέσος όρος ταχύτητας και μέγιστης ταχύτητας του ανέμου, αποδεικνύουν τη σχέση αλληλεξάρτησης που συνδέει το δείκτη ψυχρού κλίματος με τη θερμοκρασία και την ταχύτητα. Αποτέλεσμα της εξάρτησης αυτής είναι και η πτωτική πορεία που παρουσιάζει η τάση του δείκτη ψυχρότητας, αποδεικνύοντας και με αυτό το τρόπο ότι τα μεγέθη αυτά είναι αλληλένδετα.
- Όσον αφορά τη σχέση των ψυχρών εισβολών με το δείκτη ψυχρότητας για τη πόλη της Θεσσαλονίκης, συνάγεται το συμπέρασμα ότι οι ψυχρές εισβολές με τις χαμηλές θερμοκρασίες που προκαλούν καθώς και με τους συνήθως Βόρειας διεύθυνσης ανέμους που πνέουν στο χρονικό διάστημα δράσης τους, προκαλούν την εμφάνιση τιμών δείκτη ψυχρότητας. Παρόλα αυτά το παραπάνω συμπέρασμα δεν ισχύει πάντοτε, διότι παρά τις χαμηλές τιμές θερμοκρασιών και τη Βόρεια συνιστώσα ανέμων που υπεισέρχονται των ψυχρών εισβολών παρατηρούνται τιμές ταχύτητας ανέμου μη ικανοποιητικές ως προς τις προϋποθέσεις εμφάνισης τιμών δείκτη ψυχρότητας, με αποτέλεσμα πολλές φορές να παρατηρείται αίσθηση ψύχους στη πόλη της Θεσσαλονίκης αλλά όχι και εμφάνιση τιμών δείκτη Wind Chill Index.

4.3 Δυνατότητα περαιτέρω μελέτης

Ο δείκτης ψυχρότητας αποτελεί έναν συνεχώς αναπτυσσόμενο τομέα έρευνας και αυτό γιατί συνδέεται άμεσα με πολλές πτυχές της ανθρώπινης ζωής. Πέρα από αυτή της επίδρασης του ψύχους στην αισθητή θερμοκρασία στο ανθρώπινο σώμα, τομέας μελλοντικής έρευνας θα μπορούσε να αποτελεί η σχέση του δείκτη με την ηλιακή ακτινοβολία, δηλαδή πως η επίδραση του ήλιου μαζί με τις υπόλοιπες απαραίτητες συνθήκες όπως είναι η θερμοκρασία περιβάλλοντος και η ταχύτητα του ανέμου επιδρούν στην αίσθηση ψύχους και πως μεταβάλλεται το αντίστοιχο διάγραμμα. Σε συνέχεια της μελέτης για τη σχέση της ηλιοφάνειας με το δείκτη ψυχρότητας θα μπορούσε να εισαχθεί και η επίδραση της νέφωσης στο υπό μελέτη φαινόμενο όπως επίσης και η παράμετρος της σχετικής υγρασίας της ατμόσφαιρας. Ακόμη ως αντικείμενο μελλοντικής έρευνας θα μπορούσε να αποτελέσει η ορθότερη πρόβλεψη του χρόνου που απαιτείται ούτως ώστε κάποιο άτομο να υποστεί τις συνέπειες από την έκθεση του στο κρύο, λαμβάνοντας ωστόσο υπόψη τις συνθήκες που επικρατούν εκείνη τη χρονική στιγμή στην εκάστοτε περιοχή καθώς και τη φυσιολογία κάθε ατόμου, παράγοντας καθοριστικός όσον αφορά την αίσθηση ψύχους. Με τον όρο συνθήκες που επικρατούν στην εκάστοτε περιοχή εννοούμε την ενδεχόμενη ύπαρξη ημερήσιων ή και τοπικών ανέμων σε συνδυασμό με τη διεύθυνση πνοής του ανέμου. Για την επίτευξη της έρευνας αυτής οφείλουν να πραγματοποιηθούν περισσότερες μελέτες όσον αφορά το χρόνο έκθεσης του δέρματος στο ψύχος και πως αυτό επηρεάζεται από τη φυσιολογία κάθε ατόμου. Μπορεί επίσης να εξεταστεί το ενδεχόμενο τροποποίησης της υποτιθέμενης τιμής της εσωτερικής θερμικής αντίστασης κάθε ανθρώπου ούτως ώστε να προσαρμοστεί το διάγραμμα πιο άμεσα στο μέσο άτομο. Επιπλέον θα μπορούσε να γίνει έρευνα σχετικά με την αίσθηση ψύχους σε άτομα κατά τη διάρκεια εργασίας ή κατά τη διάρκεια άθλησης σε συνδυασμό παράλληλα με τη φυσιολογία του γενικότερου πληθυσμού της περιοχής μελέτης, όπως επίσης και να γίνει διάκριση μεταξύ της αίσθησης ψύχους που αισθάνονται τα άτομα τα οποία βρίσκονται σε καθημένη θέση σε σχέση με τα άτομα τα οποία βρίσκονται σε κίνηση.

Επιπρόσθετα η δημιουργία ενός γραφήματος δείκτη ψυχρότητας που να σχετίζεται και με φαινόμενα ομίχλης ή γενικότερα με υψηλές τιμές σχετικής υγρασίας παράλληλα με τις είδη μελετημένες παραμέτρους θα έθετε τα θεμέλια για περαιτέρω έρευνα στο μέλλον ακόμη και στο κομμάτι της ναυσιπλοΐας-αλιείας.



Αναμφισβήτητα αντικείμενο μελλοντικής μελέτης θα μπορούσε να αποτελέσει η επίδραση που έχει ο δείκτης ψυχρότητας στο αντικείμενο της γεωργίας αλλά και της κτηνοτροφίας. Ειδικότερα όσον αφορά την κτηνοτροφία, με γνώμονα το γεγονός ότι η έννοια της αισθητής θερμοκρασίας επηρεάζει όλα τα έμβια όντα, μια μελέτη που θα αφορά τον ρυθμό παραγωγής γάλατος σε σχέση με τα ζώα τα οποία υπόκεινται σε έκθεση τιμών δείκτη ψυχρότητας θα έθετε τις βάσεις για το μέλλον της κτηνοτροφίας.



Βιβλιογραφία

Μακρογιάννης Τ. & Σαχσαμάνογλου Χ. , (2004), *Μαθήματα Γενικής Μετεωρολογίας*, εκδόσεις Χάρης ΕΠΕ

Μαχαίρας Π. & Μπαλαφούτης Χ., (1985), *Μαθήματα Γενικής Κλιματολογίας με στοιχεία Βιοκλιματολογίας*, εκδόσεις Γιαχούδη

Χρονοπούλου Α. & Φλοκας Α., (2010), *Μαθήματα Γεωργικής Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας*, Εκδόσεις ΖΗΤΗ

Ζιακόπουλος Δ. & Φραγκούλη Π., (2015), *Το Εγχειρίδιο του Μετεωρολόγου-Προγνώστη*, Ε.Μ.Υ

Βάρφη, Μ. Σ. (2009). Συνοπτική και δυναμική μελέτη των θερμών και ψυχρών εισβολών στον ευρύτερο ελλαδικό χώρο (No. GRI-2010-4367). Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Γεωλογίας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Γιαννουλάκης, Ι. Β. (2014). Συνοπτική και δυναμική μελέτη του φαινομένου της χιονόπτωσης στη Θεσσαλονίκη (No.GRI-2015-13601).Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία. Τμήμα Γεωλογίας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Κυριαζόπουλος Β. (1948). Το χιόνι στην Ελλάδα. Ανάτυπο από το «Βουνό» του Ελληνικού Ορειβατικού Συνδέσμου.

Λιβαδάς Γ. (1955). Περί των συνθηκών ομάδων ημερών απότομου μειώσεως της θερμοκρασίας εν Ελλάδι, Διατριβή επί διδακτορία, Θεσσαλονίκη

Τσοπουρίδης Λ. Δ. (2014). Αριθμητική μελέτη ενός έντονου επεισοδίου Βαρδάρη. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία. Τμήμα Γεωλογίας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Μαχαίρας Π., 1982: Συνοπτικές Καταστάσεις και Πολυδιάστατη ανάλυση του καιρού στη Θεσσαλονίκη. Μονογραφία, Δημοσίευση αριθμός 15,Εργαστήριο Κλιματολογίας Πανεπιστημίου Αθηνών, σελ 185

Siple, P. A., and C.F.Passel, 1945: Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures. Proc, Amer. Philos. Soc., 89

Molnar, G., 1960: An evaluation of wind chill. Trans. of the Sixth Conf. on Cold Injury,



New York, NY, Josiah Macy Foundation, 175-221

Burton, A. C., and O.G Edholm, 1955: Man in a Cold Environment. Edward and Arnold Ltd., 273pp.

Steadman, R. G., 1971: Indices of wind chill of clothed persons. J. Appl.Meteor., 10,674-683.

Angouridakis V.I., Balafoutis Ch., Maheras P., 1981: Les Vents de Nord-ouest, et "Vardaris" a Thessalonique. Essai statistique. Eaux et Climats. Melanges offerts en homage a Ch.PEGUY. p.p.85-95, Grenoble

Arseni-Papadmitrioy A., Macheras P., 1985: The influence of the wind Vardaris to the diurnal variation of the meteorological elements in the area of Thessaloniki, Thessaloniki 1985

Maheras P., 1985: A factorial analysis in Mediterranean precipitation. Archives of Meteorological and Geophysical Bioclimatology, Series B 36: 1-14

Prezerakos, N. G. (1990). Synoptic flow patterns leading to the generation of north-west African depressions. International Journal of Climatology, 10(1), 33-48.

Knoblauch, R., M. Nitzburg, R. Dewar, J. Templer, and M. Pietrucha, 1995: Older pedestrian characteristics for use in highway design. Publication No. FHWA-RD-93-177, Federal Highway Administration, 122pp

Osczevski, R J., 1995b: The basis of wind chill. Arctic, 48,372-382

Ahrens, C. D. (1998). Essentials of Meteorology – An Invitation to the Atmosphere, 2nd edition. Wadsworth, Inc

Pappas C., Hatzianastassiou N. and B.D. Katsoulis, 2004: Analysis of cold spell in the Greek region. Climate research

Anagnostopoulou, C., Tolika, K., Lazoglou, G., & Maheras, P. (2017). The exceptionally cold :January of 2017 over the Balkan Peninsula: A climatological and synoptic analysis. Atmosphere, 8(12), 252

Greece's Köppen Climate Types Map Hylke et al. (2018)

Gofa ,F., Mamara, A., Anadranistakis, M., Flocas, H.(2019). *Developing Gridded Climate Data Sets of Precipitation for Greece Based on Homogenized Time Series*, 7(5),68



<http://www.emy.gr/emyl/el/climatology/climatology>

<https://www.astro.noa.gr/>

<http://climatlas.hnms.gr/sdi/>

<http://diocles.civil.duth.gr>

<https://www.britannica.com/science/land-breeze>

<https://bubblyprofessor.com/2021/01/23/zonda-diablo-norwester-chinook-the-foehn-winds-of-wine/>

<https://www.meteology.gr/thessaloniki-kakokairia-quot-ariadni-quot/>

<https://eclass.emt.ihu.gr/modules/document/file.php/FD1160/%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%91%CE%A3%CE%A4%CE%97%CE%A1%CE%99%CE%9F/Lab1.pdf>

<https://www.ecoweather.gr/anemos>

Η ανάγκη για τη μελέτη και την παρακολούθηση του καιρού, οδήγησε στη ανάπτυξη νέων, σύγχρονων μεθόδων ανάλυσης και ποσοτικοποίησης των χαρακτηριστικών του. Μία σύγχρονη μέθοδος ανάλυσης της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, ειδικότερα για τους χειμερινούς μήνες αποτέλεσε η ανάπτυξη του Δείκτη Ψυχρότητας(Wind Chill Index). Ο Δείκτης αυτός, ως αποτέλεσμα μιας εξίσωσης άμεσα συνυφασμένης με την επικρατούσα θερμοκρασία περιβάλλοντος και την ταχύτητα του ανέμου μας δίνει πληροφορίες για την αισθητή θερμοκρασία και συγκεκριμένα για την αίσθηση ψύχους που αισθάνεται το ανθρώπινο σώμα. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται μελέτη του δείκτη ψυχρότητας για τη πόλη της Θεσσαλονίκης με τη χρήση δεδομένων επιφανείας της τελευταίας εικοσαετίας, τα οποία αντλήθηκαν από το σταθμό του Μετεωροσκοπείου του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Σε πρώτο στάδιο αναφέρονται τα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης, η επίδραση των τοπικών ανέμων και ειδικότερα του Βαρδάρη στη μεταβολή του δείκτη και δίνονται τα απαραίτητα στοιχεία για την κατανόηση και εφαρμογή του δείκτη ψυχρότητας ενώ στη συνέχεια, ακολουθεί η ανάλυση των δεδομένων θερμοκρασίας και ανέμου με την εξαγωγή συμπερασμάτων. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι τα τελευταία 20 έτη για το νομό Θεσσαλονίκης είχαμε 4239 εμφανίσεις(ώρες) τιμών δείκτη ψυχρότητας, με τη χαμηλότερη αισθητή θερμοκρασία να ισούται με -14 βαθμούς κελσίου με συχνότητα εμφάνισης 1 φορά στα 20έτη και τις περισσότερες ώρες εμφάνισης τιμών δείκτη ψυχρότητας να παρατηρούνται το μήνα Ιανουάριο(899h).Το γεγονός ότι το μήνα Ιανουάριο εμφανίζονται οι περισσότερες ώρες δείκτη ψυχρότητας, συνδέεται άμεσα με τα ποσοστά εμφάνισης Βαρδάρη(NNW ανέμου) στη περιοχή της Θεσσαλονίκης , τα οποία είναι και τα υψηλότερα ποσοστά εμφάνισης(19%) μεταξύ των μηνών Νοέμβριο έως και Μάρτιο.



Abstract

The need of studying and monitoring weather issues, developed new, modern methods to analyze and quantify weather characteristics. A modern method of analyzing the ambient temperature, especially for the winter months, was the development of the Wind Chill Index. This index as a result of an equation directly interwoven with the prevailing ambient temperature and the wind speed, gives us information about the sensible temperature and specifically about the feeling of cold felt by the human body. In this bachelor thesis, a study of the Wind Chill Index for the city of Thessaloniki is carried out using surface data of the last twenty years, which were obtained from the Meteorological Station of the Aristotle University of Thessaloniki. In the first stage, the characteristics of the study area, the effect of the local winds and in particular Vardaris on the variation of the Wind Chill Index are mentioned and the necessary data are given for the understanding and application of the Wind Chill Index, while then, the analysis of the temperature and wind data follows with the outcome of conclusions. The results of the study showed that in the last 20 years for the prefecture of Thessaloniki we had 4239 occurrences(hours) of Wind Chill values, with the lowest felt temperature equal to -14 degrees Celsius with a frequency of occurrence of values Wind chill Index is to be observed in the month of January(899 hours). The fact that the most hours of wind chill index appear in the month of January is directly linked to the occurrence rates of Vardaris(NNW wind) in the area of Thessaloniki, which are also the highest occurrence rates(19%) between the months of November and March.