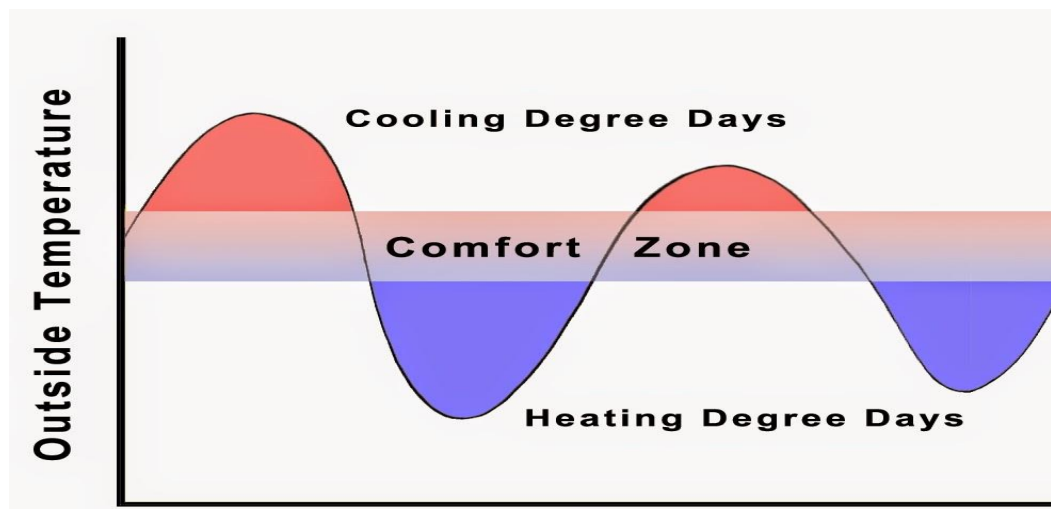




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΒΑΘΜΟΗΜΕΡΩΝ ΜΕ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ
ΔΥΣΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΨΥΧΟΥΣ»



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΑΜΑΣΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ

ΣΥΝΤΑΚΤΗΣ: ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΥ

ΑΘΗΝΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2024

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στη σχολή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου στο τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Η φοίτηση στην σχολή αυτή αν και απαιτητική σίγουρα μου προσέφερε πολλά εφόδια και έπαιξε σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση της προσωπικότητάς μου.

Επιθυμώ να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Νικόλαο Μαμάση για την επίβλεψη, την υποστήριξη αλλά και καθοδήγηση που μου παρείχε καθόλη την διάρκεια πραγμάτωσης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Επίσης θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον και πρωτοποριακό θέμα θέτοντας το ως επίλογο των σπουδών μου.

Πίνακας Περιεχομένων

Ακρωνύμια.....	6
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	7
1.1 Σκοπός - Διάρθρωση Εργασίας.....	8
1.2 Ορισμοί.....	9
1.2.1 Ορισμός βαθμομερών.....	9
1.2.2 Θερμοκρασία βάσης.....	11
1.3 Πού Χρησιμοποιούνται οι Βαθμομέρες στην Ελλάδα.....	12
1.4 Βαθμομέρες στον κόσμο.....	14
1.5 Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.).....	17
1.6 Κλιματικές ζώνες και όρια Συντελεστή Θερμοπερατότητας.....	17
Κεφάλαιο 2: Τρόποι Υπολογισμού Βαθμομερών.....	21
2.1 Μέσες Ημερήσιες θερμοκρασίες.....	22
2.2 Μέσες βαθμώρες.....	23
2.3 Μέθοδος μέγιστων και ελάχιστων ημερήσιων θερμοκρασιών (μετεωρολογικές εξισώσεις).....	24
2.4 Μοντέλο Erbs et al.....	25
2.5 Μέθοδος μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας κατά Schoenau-Kehrig.....	27
2.6 Εξισώσεις Hitchin.....	28
2.7 Σύνοψη μεθόδων.....	28
Κεφάλαιο 3: Κλιματολογικοί Δείκτες.....	30
3.1 Μέση Σχετική Υγρασία.....	31
3.2 Μέση Ταχύτητα Ανέμου.....	31
3.3 Δείκτης Δυσφορίας - Θερμότητας (Heat index).....	31
3.4 Δείκτης Ανέμου – Ψύχους (Wind Chill index).....	34
Κεφάλαιο 4: Επεξεργασία Δεδομένων.....	37
4.1 Μετεωρολογικοί Σταθμοί.....	38
4.2 Αλγόριθμος Υπολογισμού Βαθμομερών στο Excel.....	38
4.3 Παρουσίαση Υπολογισμών Βαθμομερών ανά έτος για Γκορίτσα και Μάνδρα.....	41
4.4 Παρουσίαση Υπολογισμών Βαθμομερών ανά μήνα για Γκορίτσα και Μάνδρα....	47
4.5 Σύγκριση αποτελεσμάτων Ωριαίων και Ημερήσιων Χρονοσειρών για Γκορίτσα και Μάνδρα.....	52
4.6 Βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης όλων των περιοχών μελέτης.....	72
Κεφάλαιο 5: Σύνοψη – Συμπεράσματα Μελλοντική Έρευνα.....	75
Παράρτημα.....	78
Βιβλιογραφία.....	86

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1.1: Σχηματική απεικόνιση των βαθμομερών.	10
Εικόνα 1.2: Ενεργειακό ισοζύγιο.....	11
Εικόνα 1.3: Ψυχομετρικό διάγραμμα, (ΥΠΕΝ Αλεξανδρή Ελευθερία, 2022)	12
Εικόνα 1.4: Βαθμομέρες θέρμανσης Ευρώπη (1982-2022)	15
Εικόνα 1.5: Βαθμομέρες ψύξης Ευρώπη (1982-2022)	16
Εικόνα 1.6: Απεικόνιση των κλιματικών ζωνών (Gaglia, Athina & Argiriou, Athanassios & Dialynas, E.N. & Kostoroulou, Effie. (2018))	19
Εικόνα 2.1: Απλουστευμένος ορισμός των βαθμομερών, διαφορά θερμοκρασίας βάσης με μέση εξωτερική θερμοκρασία.....	23
Εικόνα 3.1: Διάγραμμα δείκτη θερμότητας(Μαμάσης Νικόλαος , σημειώσεις Υδρομετεωρολογίας,2012)	32
Εικόνα 3.2: Διάγραμμα δείκτη ανέμου – ψύχους.....	35
Εικόνα 3.3: Απεικόνιση Chill index Καναδά°C =USA°C	36

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1.1: Κατάταξη νομών σε κλιματικές ζώνες (ΥΠΕΝ, 2010).....	18
Πίνακας 1.2: Συντελεστή θερμοπερατότητας ανά κλιματική ζώνη (Υ.Π.Ε.Κ.Α, 2010)	20
Πίνακας 2.1: Υπολογισμός βαθμομερών θέρμανσης με μετεωρολογικές εξισώσεις	25
Πίνακας 2.2: Υπολογισμός βαθμομερών ψύξης με μετεωρολογικές εξισώσεις.....	25
Πίνακας 2.3: Σύνοψη μεθόδων υπολογισμού βαθμομερών	29
Πίνακας 3.1: Επικινδυνότητα της έκθεσης του σώματος στην θερμότητα.....	33
Πίνακας 4.1: Συντεταγμένες Μετεωρολογικών Σταθμών.	38
Πίνακας 4.2: Συγκέντρωση τύπων του κεφαλαίου 4	40
Πίνακας 4.3: - Γκορίτσα - Διορθωμένες και μη βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης ανά έτος με θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C	42
Πίνακας 4.4: - Μάνδρα - Διορθωμένες και μη βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης ανά έτος με θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C	45
Πίνακας 4.5: - Γκορίτσα - Σύγκριση Μεθόδου Μέσων Ημερήσιων Θερμοκρασιών με Μέσων Βαθμωρών για θερμοκρασία βάσης 18°C.....	54
Πίνακας 4.6: - Γκορίτσα - Σύγκριση Μεθόδου Μέσων Ημερήσιων Θερμοκρασιών με Μέσων Βαθμωρών για θερμοκρασία βάσης 20°C.....	54
Πίνακας 4.7: - Γκορίτσα - Σύγκριση Μεθόδου Μέσων Ημερήσιων Θερμοκρασιών με Μέσων Βαθμωρών για θερμοκρασία βάσης 22°C.....	55

Πίνακας 4.8: - Γκορίτσα - Σύγκριση Μεθόδου Μέσων Ημερήσιων Θερμοκρασιών με Μέσων Βαθμοωρών για θερμοκρασία βάσης 27°C.....	55
Πίνακας 4.9: HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) και CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H)	56
Πίνακας 4.10: Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων όλων των περιοχών μελέτης....	72

Πίνακας Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 4.1: - Γκορίτσα - Συγκεντρωτικό διάγραμμα βαθμοημερών θέρμανσης όλων των ετών μελέτης (2019-2023) με θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C	43
Διάγραμμα 4.2 : - Γκορίτσα - Συγκεντρωτικό διάγραμμα βαθμοημερών ψύξης όλων των ετών μελέτης (2019-2023) με θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C.....	44
Διάγραμμα 4.3: - Μάνδρα - Συγκεντρωτικό διάγραμμα βαθμοημερών θέρμανσης όλων των ετών μελέτης (2019-2023) με θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C	46
Διάγραμμα 4.4: - Μάνδρα - Συγκεντρωτικό διάγραμμα βαθμοημερών ψύξης όλων των ετών μελέτης (2019-2023) με θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C.....	46
Διάγραμμα 4.5: - Γκορίτσα - Διορθωμένες και μη βαθμοημέρες θέρμανσης ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C.....	47
Διάγραμμα 4.6: - Γκορίτσα - Διορθωμένες και μη βαθμοημέρες ψύξης ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C.	48
Διάγραμμα 4.7: - Μάνδρα - Διορθωμένες και μη βαθμοημέρες θέρμανσης ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C.	50
Διάγραμμα 4.8: - Μάνδρα - Διορθωμένες και μη βαθμοημέρες ψύξης ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C.	51
Διάγραμμα 4.9: - Γκορίτσα – HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) βαθμοημερών θέρμανσης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 18°C.....	57
Διάγραμμα 4.10: - Γκορίτσα – CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) βαθμοημερών ψύξης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 18°C.....	58
Διάγραμμα 4.11: - Γκορίτσα – HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) βαθμοημερών θέρμανσης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 20°C.....	59
Διάγραμμα 4.12: - Γκορίτσα – CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) βαθμοημερών ψύξης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 20°C.....	60

Διάγραμμα 4.13: - Γκορίτσα – HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) βαθμοημερών θέρμανσης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 22°C.....	61
Διάγραμμα 4.14: - Γκορίτσα – CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) βαθμοημερών ψύξης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 22°C.....	61
Διάγραμμα 4.15: - Γκορίτσα – HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) βαθμοημερών θέρμανσης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 27°C.....	62
Διάγραμμα 4.16: - Γκορίτσα – CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) βαθμοημερών ψύξης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 27°C.	63
Διάγραμμα 4.17: - Μάνδρα – HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) βαθμοημερών θέρμανσης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 18°C.....	64
Διάγραμμα 4.18: - Μάνδρα – CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) βαθμοημερών ψύξης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 18°C.	65
Διάγραμμα 4.19: - Μάνδρα – HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) βαθμοημερών θέρμανσης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 20°C.....	66
Διάγραμμα 4.20: - Μάνδρα – CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) βαθμοημερών ψύξης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 20°C.	67
Διάγραμμα 4.21: - Μάνδρα – HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) βαθμοημερών θέρμανσης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 22°C.....	68
Διάγραμμα 4.22: - Μάνδρα – CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) βαθμοημερών ψύξης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 22°C.	69
Διάγραμμα 4.23: - Μάνδρα – HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) βαθμοημερών θέρμανσης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 27°C.....	70
Διάγραμμα 4.24: - Μάνδρα – CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) βαθμοημερών ψύξης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 27°C.	71
Διάγραμμα 4.25: Συγκεντρωτικό διάγραμμα δεδομένων βαθμοημερών θέρμανσης όλων των περιοχών μελέτης για θερμοκρασίες βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C.	73
Διάγραμμα 4.26: Συγκεντρωτικό διάγραμμα δεδομένων βαθμοημερών ψύξης όλων των περιοχών μελέτης για θερμοκρασίες βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C.	73

Ακρωνύμια

- **HDD:** Heating degree days, βαθμοημέρες θέρμανσης
- **CDD:** Cooling degree days, βαθμοημέρες ψύξης
- **GDD:** Growing Degree Days, βαθμοημέρα ανάπτυξης
- **NWS:** National Weather Service
- **CIBSE:** Chartered Institution of Building Services Engineers
- **TOTEE:** Τεχνικές Οδηγίες Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας
- **ΤΕΕ:** Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας
- **ΕΜΥ:** Εθνικός Μετεωρολογικός Σταθμός
- **Υ.Π.Ε.Κ.Α:** Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
- **Υ.Π.Ε.Ν:** Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας
- **Κ.Εν.Α.Κ:** Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Σκοπός - Διάρθρωση Εργασίας

Για την αποτίμηση των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη ενός κτηρίου ή την ανάγκη να προσδιοριστεί η διάρκεια της περιόδου της σποράς, κύρια μέθοδο αποτελούν οι βαθμοημέρες. Για τον όρο αυτό έχουν αναλυθεί διάφορες μεθοδολογίες υπολογισμού οι οποίες δίνουν γρήγορα και απλά την εκτίμηση των ημερήσιων, μηνιαίων ή ετήσιων αναγκών των κτηρίων ή των γεωργικών καλλιεργειών. Η εφαρμογή αυτών των μεθόδων στις κτιριακές εγκαταστάσεις έχει κάποιες προϋποθέσεις όπως του ότι η θέρμανση και η ψύξη αφορά όλο το κτίριο, η εσωτερική θερμοκρασία του θα παραμένει σταθερή και πως το σύστημα θέρμανσης και θερινού κλιματισμού θα λειτουργεί όλη την εκάστοτε χρονική περίοδο με σταθερό μέσο βαθμό απόδοσης (Papakostas, et al., 2010).

Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) βασιζόμενος στις βαθμοημέρες θέρμανσης έχει διαιρέσει την ελληνική επικράτεια σε τέσσερις κλιματικές ζώνες. Η εκτίμηση των βαθμοημερών των ελληνικών περιοχών κυρίως βασίζονται σε μέσες εξωτερικές μηνιαίες θερμοκρασίες της κάθε περιοχής οι οποίες έχουν συλλεχθεί έπειτα από μακροχρόνια δεδομένα της εθνικής μετεωρολογικής υπηρεσίας (Gaglia, et al. 2018).

Όπως αναφέρθηκε οι βαθμοημέρες αξιοποιούν τις μέσες εξωτερικές θερμοκρασίες, είτε ωριαίες, είτε ημερήσιες, είτε μηνιαίες ανάλογα την μέθοδο η οποία έχει επιλεγεί για τον υπολογισμό τους. Υπάρχουν όμως δύο δείκτες οι οποίοι επηρεάζουν τις βαθμοημέρες και παρόλα αυτά δεν συμπεριλαμβάνονται για τον υπολογισμό τους. Οι δίκες αυτοί είναι ο δείκτης δυσφορίας – θέρμανσης (heat index) και ο δείκτης ανέμου – ψύχους (chill index). Ο δείκτης δυσφορίας – θέρμανσης λαμβάνει υπόψη την εξωτερική θερμοκρασία σε συνδυασμό με την σχετική υγρασία και υπολογίζει μια νέα θερμοκρασία η οποία αφορά την θερμοκρασία που αισθάνεται ο άνθρωπος. Από την άλλη ο δείκτης ανέμου – ψύχους λαμβάνει υπόψη την εξωτερική θερμοκρασία και την ταχύτητα ανέμου ο οποίος με την σειρά του υπολογίζει την νέα θερμοκρασία που αισθάνεται το άτομο.

Στην παρούσα διπλωματική γίνεται η συγχώνευση των δεικτών αυτών με την έννοια των βαθμοημερών με σκοπό την βελτιστοποίηση τους. Αυτό θα γίνει με δεδομένα από μετεωρολογικούς σταθμούς στην ευρύτερη περιοχή της Ελλάδας. Πιο συγκεκριμένα οι σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν ήταν των περιοχών Πάτρα, Ρίο, Τρίκαλα Κορινθίας, Άργος, Γκορίτσα, Μάνδρα. Ουσιαστικά αφού πρώτα υπολογίστηκαν οι βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης, μετά έγινε αντικατάσταση της εξωτερικής θερμοκρασίας με την θερμοκρασία που υπολόγισε ο κάθε δείκτης ξεχωριστά. Η διαδικασία έγινε σε μηνιαία και σε ετήσια κλίμακα ώστε να μελετηθεί η συμπεριφορά τους μέσα στον χρόνο. Επίσης ο υπολογισμός των βαθμοημερών θέρμανσης και ψύξης έγινε με δύο μεθοδολογίες οι οποίες έπειτα συγκρίθηκαν για

τις περιοχές Γκορίτσα και Μάνδρας. Τέλος παρουσιάζεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας με όλες τις περιοχές μελέτης όπου εξηγείται η επίδραση της γεωγραφικής θέσης .

Πιο επιγραμματικά στο κεφάλαιο 1 ορίστηκαν οι βαθμομέρες, η θερμοκρασία βάσης και προσδιορίστηκε πού χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα . Έπειτα παρουσιάστηκαν πίνακες της Ευρώπης με σκοπό την παρακολούθηση των βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης μέσα στα χρονιά για τον κόσμο. Ακολούθησε η αναφορά της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων για τις βαθμομέρες άλλα και το πώς με βάση αυτές διαχωρίζουν την Ελλάδα σε κλιματικές ζώνες. Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάστηκαν ενδελεχώς πολλοί από τους τρόπους υπολογισμού των βαθμομερών, όπου και κατέληξε με έναν συγκεντρωτικό πίνακα αυτών για να γίνει έπειτα η επιλογή των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν στο κεφάλαιο 4. Όσον αφορά το κεφάλαιο 3 ορίστηκαν η μέση σχετική υγρασία, η ταχύτητα ανέμου και οι κλιματολογικοί δείκτες δυσφορίας – θερμότητας και ανέμου – ψύχους . Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάστηκαν οι μετεωρολογικοί σταθμοί στην ευρύτερη περιοχή της Ελλάδας όπου συλλέχθηκαν δεδομένα για την μετέπειτα επεξεργασία τους. Στην συνέχεια παρουσιάστηκε ο αλγόριθμος υπολογισμού των βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης ενσωματώνοντας τους δείκτες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Ακολουθεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων για τις περιοχές Γκορίτσα και Μάνδρας σε πίνακες και διαγράμματα ανά έτος και ανά μήνα, τα οποία σχολιάστηκαν καταλλήλως. Λίγο πριν ολοκληρωθεί το κεφάλαιο 4 γίνεται η σύγκριση δύο μεθόδων υπολογισμού βαθμομερών για τις ίδιες περιοχές. Ολοκληρώνοντας αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται οι βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης, με ή χωρίς τις διορθώσεις, σε πίνακα και επιγραμματικά συγκεντρωτικά όλες οι περιοχές που μελετήθηκαν. Στο κεφάλαιο 5 αναφέρονται τα συμπεράσματα αλλά και η παρότρυνση για εκτενή μελλοντική έρευνα. Τέλος ακολουθεί το παράρτημα και η βιβλιογραφία.

1.2 Ορισμοί

1.2.1 Ορισμός βαθμομερών

Βαθμομέρες ψύξης και θέρμανσης είναι δύο (2) έννοιες που επινοήθηκαν με στόχο την παρακολούθηση του ρυθμού που αναπτύσσονται τα φυτά και τα έντομα την περίοδο σποράς και αργότερα αξιοποιήθηκαν για την ποσοτική αποτύπωση των αναγκών ενός κτιρίου για ψύξη και θέρμανση. Για τον υπολογισμό των δεικτών αυτών, με έναν απλούστερο τρόπο, απαιτούμενη είναι η θερμοκρασία βάσης αλλά και η εκάστοτε εξωτερική θερμοκρασία. Αναφερόμενοι στην θερμοκρασία βάσης, όπως φαίνεται και στην εικόνα 1.1, εννοούμε την θερμοκρασία στην οποία, στο

οικοδόμημα δεν απαιτείται ψύξη ή θέρμανση για την επικράτηση συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό του. Οι εν λόγω δείκτες εξαρτώνται από την γεωγραφική θέση της εκάστοτε περιοχής που μελετάται. Ειδικότερα, ο υπολογισμός της βαθμομέρας θέρμανσης (HEAT DEGREE DAYS –HDD) γίνεται με την αφαίρεση της θερμοκρασίας βάσης με την εξωτερική θερμοκρασία και αντίστοιχα ο υπολογισμός της βαθμομέρας ψύξης (COOLING DEGREE DAYS –CDD) είναι η διαφορά της θερμοκρασίας βάσης από την εξωτερική (NWS).

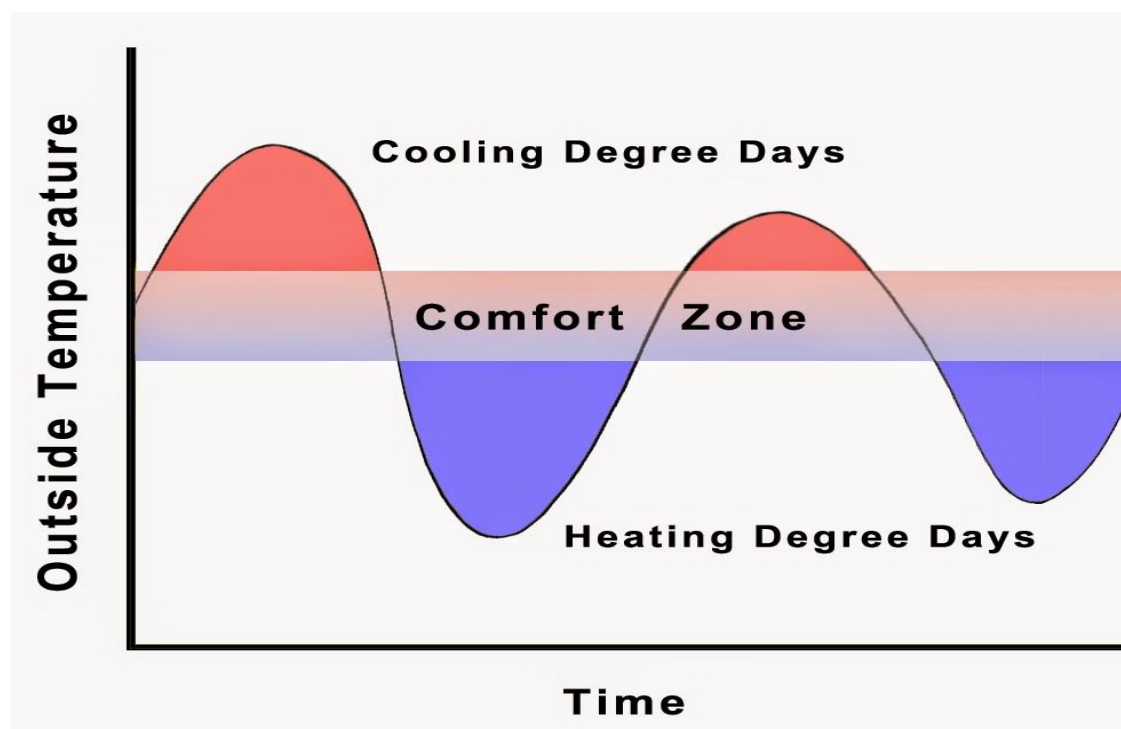
$$HDD = T_b - T_a$$

$$CDD = T_a - T_b$$

T_a =εξωτερική θερμοκρασία

T_b =θερμοκρασία βάσης

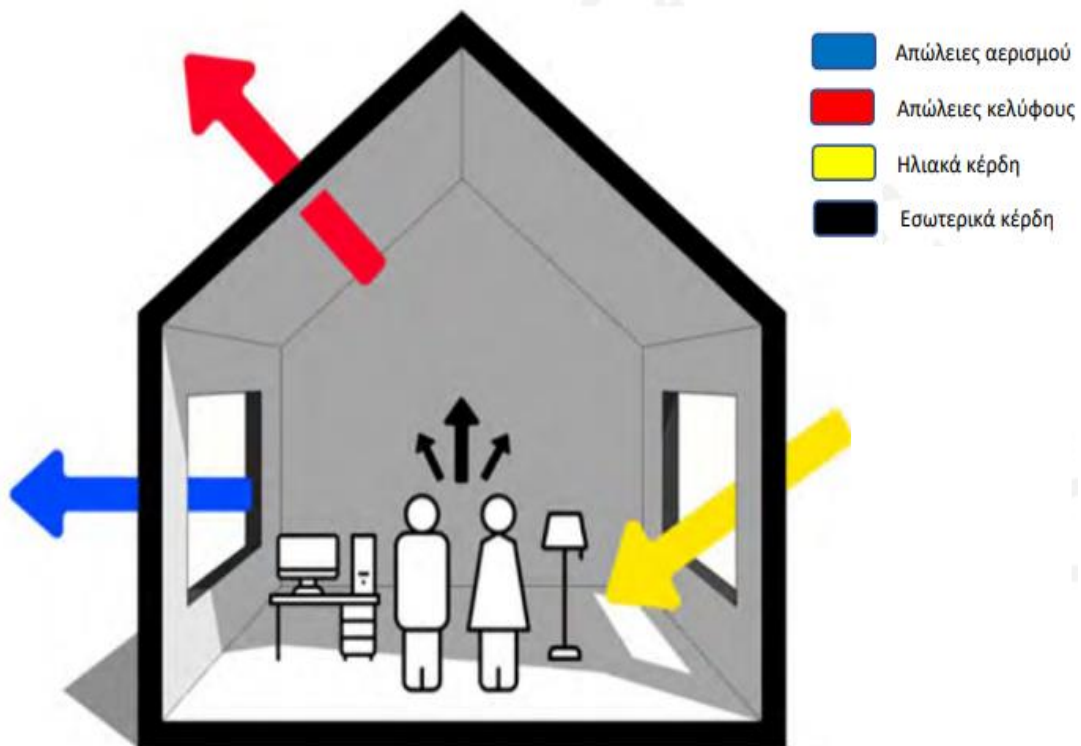
Οι βαθμομέρες δεν έχουν μονοσήμαντη έννοια στην ενεργειακή ανάλυση κτιρίων. Διακρίνονται δύο (2) ζητήματα, πλήρως ανεξάρτητα μεταξύ τους, που αφορούν την χρήση τους. Το πρώτο είναι ο τρόπος υπολογισμού τους και το δεύτερο ο τρόπος εφαρμογής τους στα ενεργειακά κτήρια (CIBSE, 2006). Πιο συγκεκριμένα, ανάλογα με τον τρόπο υπολογισμού των βαθμομερών μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε σε κτήρια είτε σε ανάπτυξη καλλιιεργειών. Η διαφορά των δύο προκύπτει από την επιλογή της θερμοκρασίας βάσης, αλλά και το πώς εκείνη επιλέχθηκε (αναλύεται στην συνέχεια), καθώς και στην αξιοποίηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν μετά την εφαρμογή της μεθόδου (Jankovic, 2019).



Εικόνα 1.1: Σχηματική απεικόνιση των βαθμομερών.

1.2.2 Θερμοκρασία βάσης

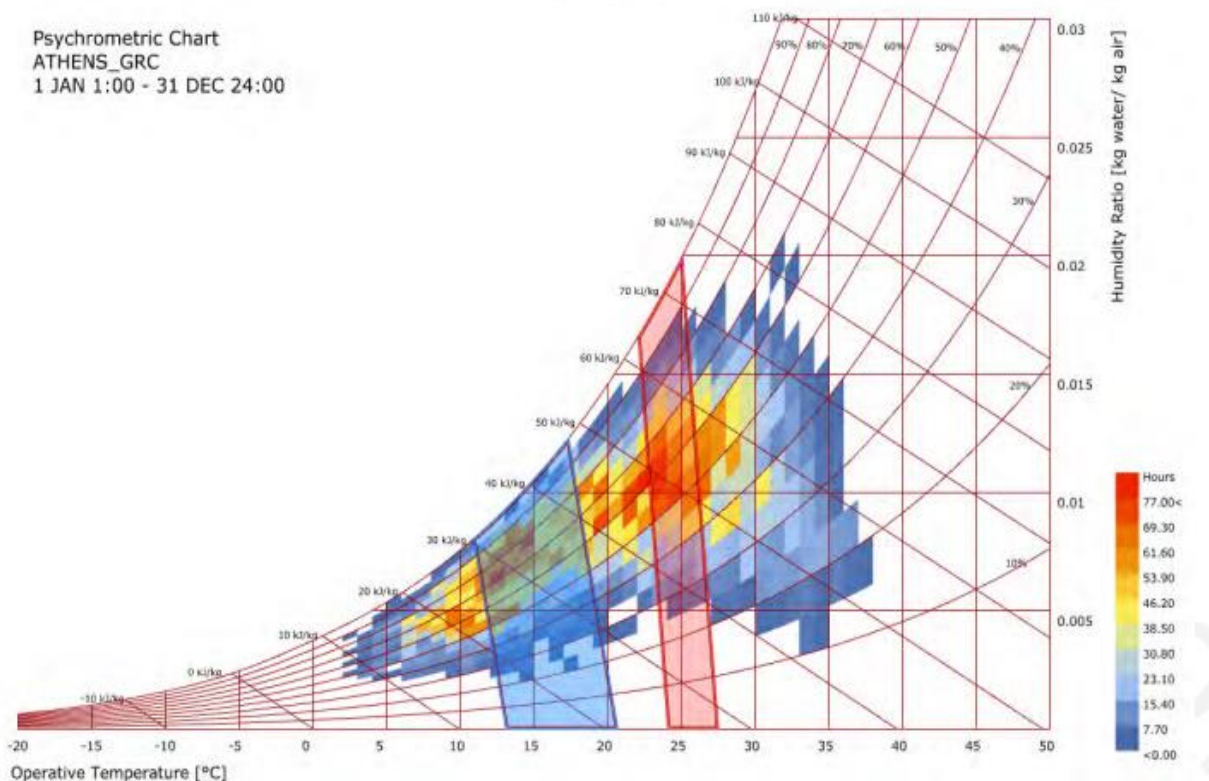
Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η θερμοκρασία βάσης έχει βασικό ρόλο στην επιτυχημένη χρήση και κατανόηση των βαθμομερών. Όταν σε ένα κτίριο δεν υπάρχει ανάγκη θέρμανσης ή ψύξης η υπάρχουσα θερμοκρασία καλείται ως θερμοκρασία βάσης. Η επιτρεπόμενη διαφορά ανάγεται σε $\pm 1-3$ °C με την επιθυμητή θερμοκρασία. Πιο αναλυτικά αναφερόμενοι σε ένα κτίριο την διάρκεια χειμωνιάτικης περιόδου (ανάγκη θέρμανσης) η θερμότητα χάνεται στο εξωτερικό περιβάλλον, όμως μέρος αυτής της θερμότητας αναπληρώνεται από περιστασιακά κέρδη που οφείλονται στην δραστηριότητα του ανθρώπου και η υπόλοιπη παρέχεται από το εκάστοτε σύστημα θέρμανσης. Στα περιστασιακά κέρδη περιλαμβάνονται ο φωτισμός, η τηλεόραση, η κουζίνα και γενικά συσκευές στον χώρο που παράγουν θερμότητα, μικρή ή μεγάλη. Στην εικόνα 1.2 βλέπουμε παραστατικά το ενεργειακό ισοζύγιο μιας κατοικίας όπως αναλύθηκε παραπάνω.



Εικόνα 1.2: Ενεργειακό ισοζύγιο

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω μπορεί να οριστεί μια θερμοκρασία αρκετά κοντά στην θερμοκρασία βάσης, εφόσον τα θερμικά κέρδη είναι ίσα με τις θερμικές απώλειες του κτιρίου και έτσι δεν θα κρίνεται απαραίτητη η λειτουργία του συστήματος θέρμανσης. Επιπλέον, η θερμοκρασία βάσης εξαρτάται και από την δομή του εκάστοτε κτιρίου, δηλαδή τι συντελεστή απώλειας θερμότητας έχει, την θερμοχωρητικότητά του και τους μηχανισμούς απώλειας θερμότητας. Συνεπώς η

Θερμοκρασία βάσης είναι φθίνουσα συνάρτηση της αγωγιμότητας του κτιρίου, χαμηλή αγωγιμότητα συνεπάγεται και μειωμένες βαθμομέρες θέρμανσης και το αντίθετο για βαθμομέρες ψύξης. Πρέπει να σημειωθεί πως τα περιστασιακά κέρδη μεταβάλλονται κατά την διάρκεια της ημέρας, από μέρα σε μέρα αλλά και από εποχή σε εποχή για αυτό πρέπει να ληφθούν οι μέσες τιμές αυτών των μεταβλητών και να γίνει ο υπολογισμός του σφάλματος που θα προκύψει (CIBSE, 2006), (Κατσουλάκος, Μάρτιος 2013). Στην εικόνα 1.3 παρουσιάζεται ένα ψυχομετρικό διάγραμμα όπου με μπλε χρώμα υποδεικνύεται η ζώνη συνθηκών άνεσης τον χειμώνα με θερμοκρασία βάσης από 13 °C εως 21°C και με κόκκινο η ζώνη συνθηκών άνεσης για το καλοκαίρι με την θερμοκρασία βάσης να κυμαίνεται από 24°C έως 27°C.



Εικόνα 1.3: Ψυχομετρικό διάγραμμα, (ΥΠΕΝ Αλεξανδρή Ελευθερία, 2022)

1.3 Πού Χρησιμοποιούνται οι Βαθμομέρες στην Ελλάδα

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως οι βαθμομέρες χρησιμοποιούνται σε δύο περιπτώσεις:

1. Βοηθάνε στην μελέτη κτιρίων όσον αφορά την ενέργεια που χρειάζονται για να θερμανθούν καλύτερα ή η ψύξη τους να είναι αποδοτικότερη και
2. Στις αγροτικές καλλιέργειες με στόχο τον υπολογισμό του ρυθμού ανάπτυξης των φυτών.

Ακολουθεί ανάλυση των δύο αναφερόμενων περιπτώσεων:

Κτιριακά Έργα: Μπορεί να συμπεράνει κανείς για τις βαθμομέρες πως είναι ένα εργαλείο που με μικρό όγκο δεδομένων και άμεσα μπορεί να προσφέρει σημαντικά αποτελέσματα ως προς την ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα οι βαθμομέρες χρησιμοποιούνται για να υπολογίζουν την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα όταν θερμαίνεται ή ψύχεται ένα νέο κτίριο ή ένα κτίριο υπό ανακαίνιση, το οποίο θα ορίσει τον ενεργειακό προϋπολογισμό, τα ενεργειακά κόστη και θα γίνει έλεγχος απόδοσης των εγκαταστάσεων. Επιπλέον οι βαθμομέρες εξυπηρετούν το τρίπτυχο καταγραφή – ανάλυση – σύγκριση των ενεργειακών δαπανών από υπάρχοντα κτήρια με ιστορικά δεδομένα το οποίο εξυπηρετεί στην εκτίμηση της απόδοσης των κτιρίων στην εντόπιση των αλλαγών στα μοτίβα της ενεργειακής κατανάλωσης με απώτερο σκοπό την μείωση των δαπανών (ΥΠΕΝ, 2022).

Γεωργικές Καλλιέργειες: Η ιδέα των βαθμομερών ξεκίνησε από την ανάγκη να προσδιοριστεί η διάρκεια της περιόδου της σποράς. Ο Sir Richard Strachey ήταν εκείνος που εισήγαγε την ιδέα της βαθμομέρας για αυτόν ακριβώς τον λόγο. Σε αυτή την περίπτωση η βαθμομέρα έχει ως έννοια την βαθμομέρα ανάπτυξης (Growing Degree Days / GDD) με απώτερο σκοπό τον υπολογισμό του χρόνου ωρίμανσης και ανάπτυξης των φυτών και των εντόμων. Ακόμα χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της εποχής της συγκομιδής και αντίστοιχα για την πρόβλεψη της χρονικής περιόδου όπου οι θερμοκρασιακές συνθήκες κρίνονται ακατάλληλες για την ανάπτυξη των καρπών με απώτερο σκοπό την αποφυγή σοβαρής ζημίας της σοδιάς (CIBSE, 2006).

Για τις γεωργικές καλλιέργειες οι βαθμομέρες ανάπτυξης αναφέρονται στην απαιτούμενη εισχώρηση θερμότητας στον οργανισμό η οποία πρέπει να γίνει ώστε να αναπτυχθεί. Το ποσό αυτό, για να μεταβεί ένα φυτό και γενικά ο εκάστοτε οργανισμός σε επόμενο αναπτυξιακό στάδιο, παραμένει σταθερό μέσα στον χρόνο. Παρόλα αυτά, επειδή η ανάπτυξη των οργανισμών (φυτά - έντομα) είναι αλληλένδετη με τις καιρικές συνθήκες επικράτησης στην κάθε περιοχή, η ακριβής χρονική διάρκεια της αναφερόμενης μετάβασης καθίσταται σε μεταβλητό μέγεθος. Η σοδειά αναπτύσσεται με ρυθμό βασιζόμενο σε συνάρτηση θερμοκρασίας.

Οι βαθμομέρες ανάπτυξης υπολογίζονται αφότου ορισθεί η μέση ημερήσια θερμοκρασία με τον ακόλουθο τρόπο, έχοντας την μέγιστη και την ελάχιστη θερμοκρασία μιας μέρας υπολογίζουμε το μέσο όρο και λαμβάνουμε την τιμή της

μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας. Για τον υπολογισμό των βαθμοημερών ανάπτυξης αφαιρούμε από την μέση ημερήσια θερμοκρασία την θερμοκρασία βάσης

. Αν ο αριθμός που θα προκύψει είναι μικρότερος του μηδενός τότε η βαθμομέρα ανάπτυξης είναι ίση με το μηδέν (GDD=0). Ο ακόλουθος υπολογισμός αναφέρεται σε θετικές τιμές και προσδιορίζει τον ακριβή χρόνο όπου τα φυτά και οι καρποί είναι έτοιμοι για συγκομιδή καθώς και τις εποχές που ενδείκνυνται κατάλληλες για το καθένα με βάση των υπάρχων θερμοκρασιών.

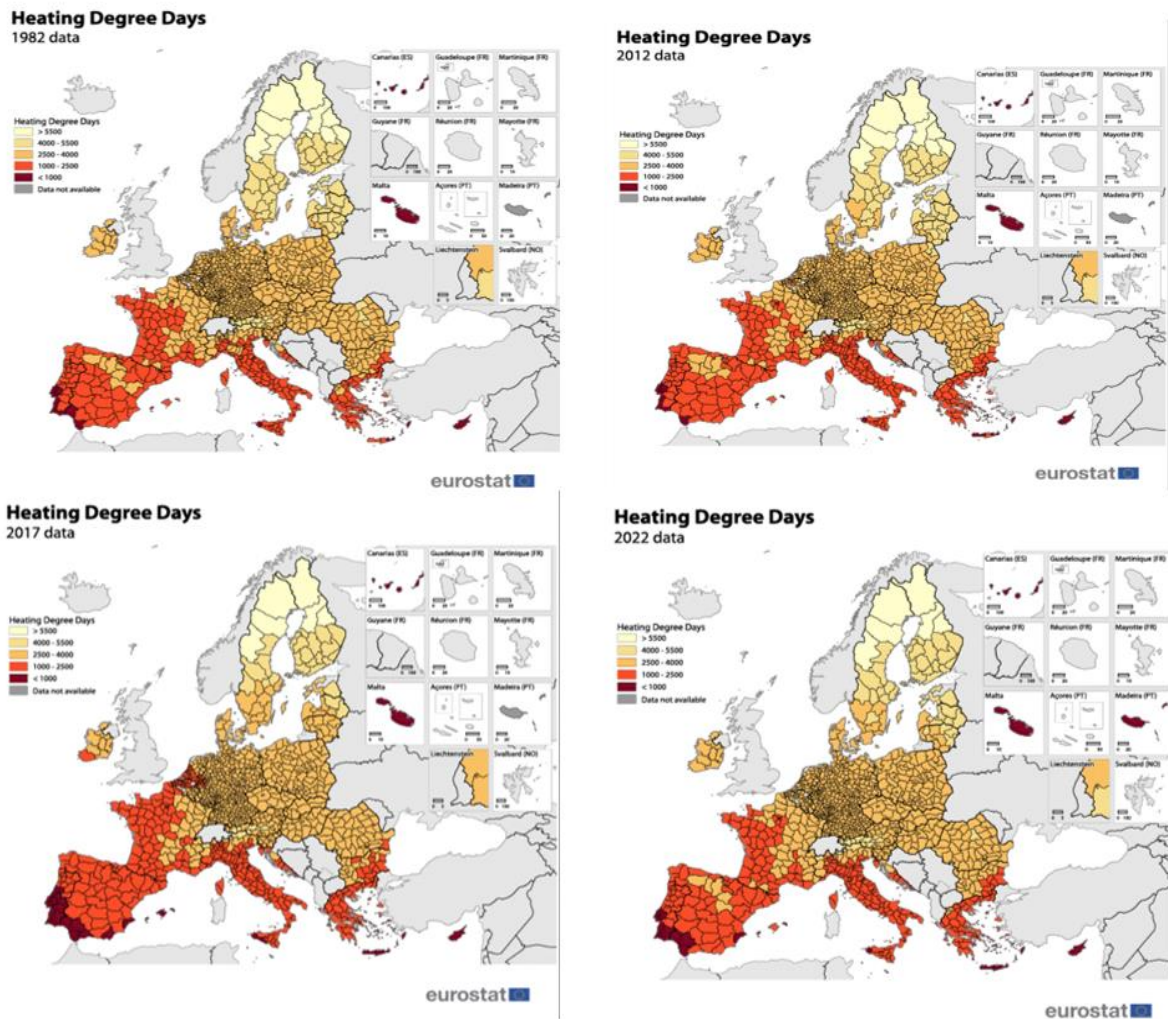
$$T_i = \frac{T_{max} + T_{min}}{2}$$

$$GDD = \sum_{i=1}^m (T_i - T_{base})$$

- T_i : μέση θερμοκρασία
- T_{base} : θερμοκρασία βάσης
- i : ημέρες

1.4 Βαθμομέρες στον κόσμο

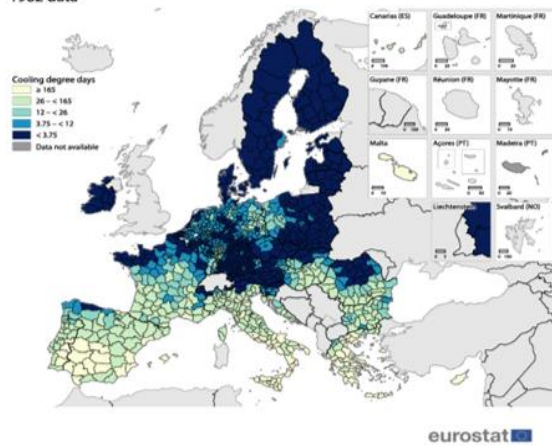
Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί απότομη αύξηση της θερμοκρασίας στην Ευρώπη. Παρακάτω στους επισυναπτόμενους χάρτες των εικόνων 1.4 και 1.5 θα εντοπιστεί αυτή η αύξηση μέσα στα χρόνια 1982-2022 και η ανάγκη της κάθε ευρωπαϊκής χώρας για ψύξη και θέρμανση (eurostat, 2023).



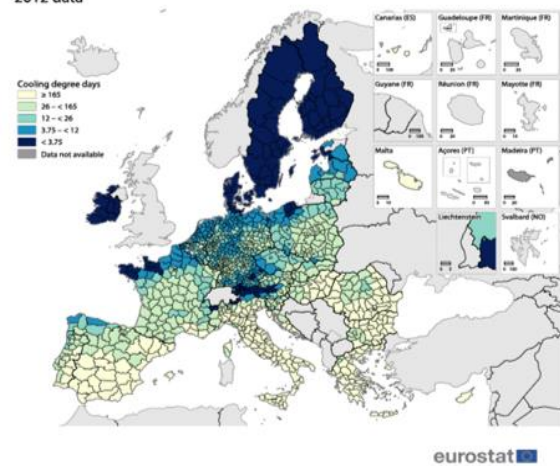
Εικόνα 1.4: Βαθμομέρες θέρμανσης Ευρώπη (1982-2022)

Με βάση την εικόνα 1.4 οι βαθμομέρες θέρμανσης μέσα στα χρόνια 1982-2017 φαίνεται να μειώνονται σε κάποιες περιοχές – χώρες, δηλαδή χώρες που είχαν 2500-4000 βαθμομέρες έπεσαν στις 1000-2500 βαθμομέρες. Το 2022 όμως φαίνεται να λειτουργεί αντίστροφα αυτή η διαδικασία αφού σε περιοχές όπως στην κεντροβόρεια Ισπανία οι βαθμομέρες από 1000 – 2500 ανέρχονται πλέον στις 2500 – 4000 βαθμομέρες.

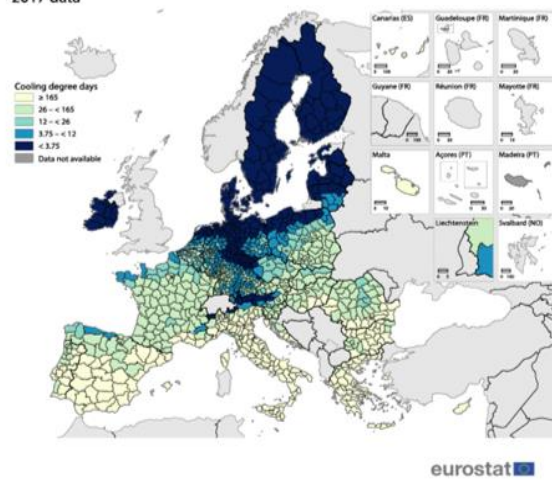
Cooling degree days
1982 data



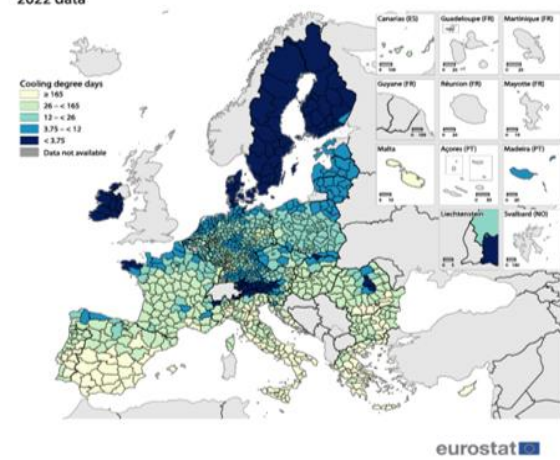
Cooling degree days
2012 data



Cooling degree days
2017 data



Cooling degree days
2022 data



Εικόνα 1.5: Βαθμομέρες ψύξης Ευρώπη (1982-2022)

Με βάση την εικόνα 1.5 οι βαθμομέρες ψύξης από το 1982 μέχρι το 2012 παρατηρείται έντονη αλλαγή καθώς πολλές χώρες που είχαν κάτω από 3,75 βαθμομέρες ψύξεις αυτές εκτινάχθηκαν σε 12 με 26 βαθμομέρες ψύξης. Έπειτα από το 2012 μέχρι το 2017 παρατηρείται μείωση βαθμομερών ψύξης αλλά σε διαφορετικές περιοχές. Δηλαδή χώρες όπως Λευκορωσία, Ουκρανία είχαν αύξηση των βαθμομερών ψύξης, του 1982 με 2012, από 3,75 σε 12 με 26 και από το 2012 μέχρι το 2017 οι τιμές αυτές διατηρήθηκαν όμως σε χώρες όπως οι βόρεια Γερμανία και Πολωνία που την περίοδο 1982 με 2012 είχαν 3,75 με 12 βαθμομέρες, το 2017 έπεσε κάτω από 3,75. Φτάνοντας στο 2022 όπου σε όλες τις χώρες που αναφέρθηκαν οι βαθμομέρες ψύξης να έχουν αυξηθεί κατά μια ή και παραπάνω κλίμακα.

1.5 Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.)

Παγκοσμίως το 50% της ηλεκτρικής ενέργειας και πάνω από το 30% του συνόλου της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών αέριων του θερμοκηπίου αφορά τα κτίρια. Αυτό είναι απόρροια της αύξησης του πληθυσμού και του βιοτικού τους επιπέδου. Για τον έλεγχο του παραπάνω φαινομένου προσπαθούν σε παγκόσμιο επίπεδο να μειωθεί η ενέργεια κατανάλωσης των κτιρίων.

Η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων καθορίζεται με βάση την μεθοδολογία που ορίζεται από τον Κανονισμό Ενεργειακής Αποδόμησης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) ο οποίος περιλαμβάνει το κέλυφος του κτιρίου, τις εγκαταστάσεις θέρμανσης ή κλιματισμού, της παραγωγής ζεστού νερού, την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, των στοιχείων παθητικής θέρμανσης και ψύξης, την σκίαση, την ποιότητα του αέρα στον εσωτερικό χώρο, τον επαρκή φυσικό φωτισμό και τον σχεδιασμό του κτιρίου. Η μεθοδολογία αυτή αφορά την ετήσια ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και βασίζεται στα ευρωπαϊκά πρότυπα. Επίσης σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε 4 κλιματικές ζώνες βασιζόμενες στις βαθμομημέρες θέρμανσης.

Με βάση την κοινοτική οδηγία 91/2002/ΕΚ της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων η Ελλάδα έπρεπε μέχρι τον Ιανουάριο του 2006 να έχει ενσωματωθεί με την έκδοση και την εφαρμογή των σχετικών νομοθετικών διατάξεων. Το πρώτο βήμα ήταν η έκδοση του ν. 3661/2008 (ΦΕΚ Α' 89) «Μέτρα για τη μείωση της Ενεργειακής Κατανάλωσης των Κτιρίων και άλλες διατάξεις». Η οδηγία 91/2002/ΕΚ τροποποιήθηκε από την οδηγία 31/2010/ΕΚ και η εναρμόνισή της Ελλάδας με τη νέα οδηγία έγινε με την έκδοση του νέου νόμου 4122/2013 (ΦΕΚ Α' 42) «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων – Εναρμόνιση με την οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις». Ο Κ.Εν.Α.Κ. σύμφωνα με τα οριζόμενα στο άρθρο 23, παράγραφο 2, του νόμου 4122/2013, εξακολουθεί να ισχύει μέχρι την έκδοση νέας απόφασης για αναθεώρηση του Κανονισμού (ΤΕΕ).

1.6 Κλιματικές ζώνες και όρια Συντελεστή Θερμοπερατότητας

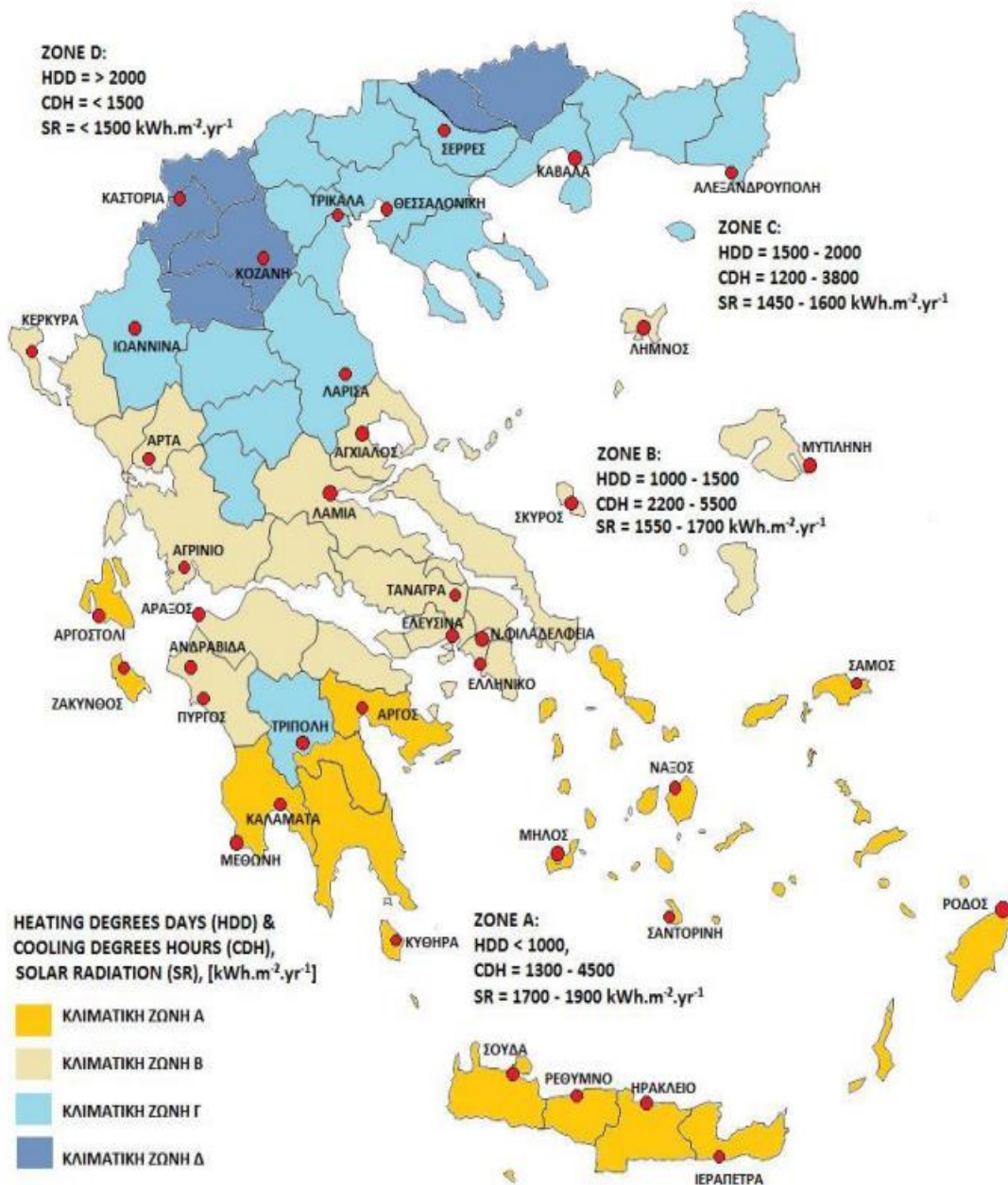
Η Ελλάδα σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Αποδόμησης Κτιρίων χωρίζεται σε τέσσερις (4) κλιματικές ζώνες, όπως φαίνεται και στην εικόνα 1.6, με βάση των θερμοκρασιακών συνθηκών σε κάθε νομό δηλαδή με βάση τις βαθμομημέρες θέρμανσης. Στον πίνακα 1.1 που ακολουθεί αναγράφονται οι τέσσερις κλιματικές ζώνες και διαχωρίζονται όλοι οι νομοί τις χώρας με κατάταξη από την θερμότερη στην ψυχρότερη (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε, 2017).

Πίνακας 1.1: Κατάταξη νομών σε κλιματικές ζώνες (ΥΠΕΝ, 2010)

Κλιματική ζώνη	Νομοί
Ζώνη Α	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή)
Ζώνη Β	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας
Ζώνη Γ	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου
Ζώνη Δ	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας

Παρακάτω γίνονται κάποιες αναφορές σχετικές με τον πίνακα 1.1 για την ορθή μελέτη του:

- Σε περιοχές με υψόμετρο άνω των 500 μέτρων τα κτήρια εξετάζονται βάση των κανονισμών της επόμενης ψυχρότερης κλιματικής ζώνης.
- Η ζώνη Δ δεν περιλαμβάνεται στην προηγούμενη αναφορά. (ότι οι νομοί που αναφέρονται στην ζώνη Δ ανήκουν εκεί ανεξαιρέτως)
- Στον νομό Αρκαδίας της κλιματικής ζώνης Γ και στο ΒΑ τμήμα του νομού Σερρών της κλιματικής ζώνης Δ ανήκουν όλες οι περιοχές με υψόμετρο άνω των 500 μέτρων.



Εικόνα 1.6: Απεικόνιση των κλιματικών ζωνών (Gaglia, Athina & Argiriou, Athanassios & Dialynas, E.N. & Kostopoulou, Effie. (2018))

Αναφορικά με τον συντελεστή θερμοπερατότητας των διάφορων δομικών στοιχείων παρατίθεται ο πίνακας 1.2

Πίνακας 1.2: Συντελεστή θερμοπερατότητας ανά κλιματική ζώνη (Υ.Π.Ε.Κ.Α, 2010)

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [W/m ² K]			
		Κλιματική Ζώνη			
		A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U _R	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U _T	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U _{FA}	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί χώροι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	U _{TU}	1,50	1,00	0,80	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος	U _{TB}	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U _{FU}	1,20	0,90	0,75	0,70
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	U _{FB}	1,20	0,90	0,75	0,70
Κουφώματα ανοιγμάτων	U _W	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες ή μερικώς ανοιγόμενες	U _{GF}	2,20	2,00	1,80	1,80

Κεφάλαιο 2: Τρόποι Υπολογισμού Βαθμοημερών

Οι βαθμοημέρες μπορούν να υπολογιστούν με διάφορους τρόπους, ενδεικτικά θα αναφερθούν ονομαστικά οι ακόλουθοι:

- Μέσες Ημερήσιες θερμοκρασίες
- Μέσες βαθμώρες
- Μέθοδος μέγιστων και ελάχιστων ημερήσιων θερμοκρασιών (μετεωρολογικές εξισώσεις)
- Μοντέλο Erbs et al.
- Μέθοδος μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας κατά Schoenau-Kehrig
- Εξισώσεις Hitchin

Στις επόμενες υποενότητες θα επεξηγηθούν οι ανώτερες μεθοδολογίες (CIBSE, 2006), (Papakostas, K. & Tsilingiridis, George & N., KYRIAKIS, (2010)).

2.1 Μέσες Ημερήσιες θερμοκρασίες

Η μέθοδος αυτή αναφέρθηκε και στον ορισμό των βαθμοημερών, τώρα όμως θα αναλυθεί μέσω παραδειγμάτων και τύπων εφαρμογής.

$$CDD = \sum(T_m - T_b) \quad [^{\circ}\text{C}], \quad [1]$$

$$HDD = \sum(T_b - T_m) \quad [^{\circ}\text{C}], \quad [2]$$

Σημείωση: Στις άνω εξισώσεις αποδεκτές είναι μόνο θετικές τιμές, σε αντίθετη περίπτωση

$$CDD=0 \quad \text{και} \quad HDD=0$$

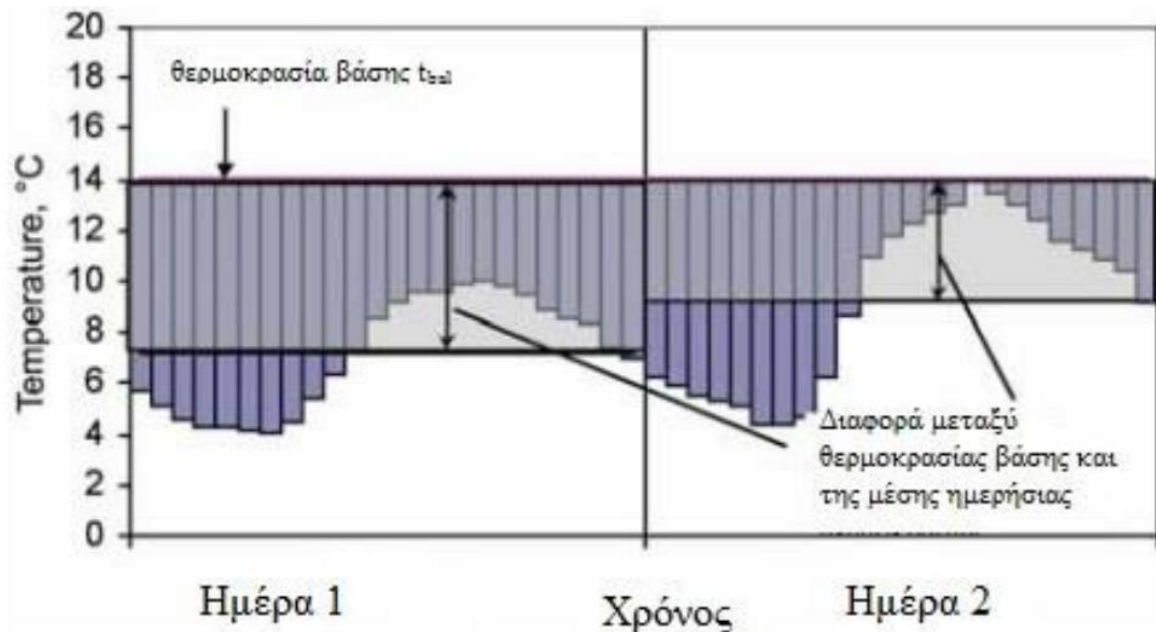
T_m : μέση ημερήσια εξωτερική θερμοκρασία

T_b : θερμοκρασία βάσης

Οι εξισώσεις (1) και (2) αναφέρονται στην βαθμοημέρα ψύξης, όπου αφαιρούμε από την μέση θερμοκρασία την θερμοκρασία βάσης και στην βαθμοημέρα θέρμανσης αφαιρούμε την μέση θερμοκρασία από τη θερμοκρασία βάσης. Ανάλογα με την χρονική περίοδο που θέλουμε να εξετάσουμε, (μήνας, εποχή, έτος), αθροίζουμε και τις ανάλογες ημερήσιες βαθμοημέρες. Όταν το σύνολο του αναφερομένου αθροίσματος είναι υψηλό τότε προσδιορίζει ψυχρό καιρό εκείνης της περιόδου.

Στην παρακάτω εικόνα 2.1 παρουσιάζει την μεταβολή της ωριαίας θερμοκρασίας σε διάστημα δύο ημέρων και με θερμοκρασία βάσης 14°C. Την πρώτη μέρα παρατηρείται μέση ημερήσια εξωτερική θερμοκρασία 7,4 °C. Με τα στοιχεία αυτά προκύπτουν 6,6 βαθμοημέρες. Την δεύτερη μέρα η μέση ημερήσια εξωτερική θερμοκρασία ανεβαίνει στα 9,5 °C, όπου όμοια με προηγουμένως προκύπτουν 4,5

βαθμομέρες. Συνολικά για τις 2 μέρες οι βαθμομέρες είναι το άθροισμα των δύο, δηλαδή $6,6 + 4,5 = 11,1$



Εικόνα 2.1: Απλουστευμένος ορισμός των βαθμομερών, διαφορά θερμοκρασίας βάσης με μέση εξωτερική θερμοκρασία

2.2 Μέσες βαθμώρες

Η μέσες βαθμώρες αποτελούν, από την σκοπιά των μαθηματικών, την πιο ακριβή μέθοδο υπολογισμού των βαθμομερών. Ο λόγος είναι ότι με την μέθοδο αυτή αθροίζονται οι ωριαίες θερμοκρασιακές μεταβολές, που μας δίνουν τις ημερήσιες βαθμώρες, τις οποίες για να την μετατρέψουμε σε βαθμομέρες θα διαιρεθούν με το 24. Όπως και στην προηγούμενη μέθοδο έτσι και εδώ αποδεκτές γίνονται μόνο οι θετικές θερμοκρασιακές διαφορές, σε αντίθετη περίπτωση η βαθμώρες θα είναι ίσες με το μηδέν (0).

$$\text{Βαθμομέρες θέρμανσης: } HD_d = \frac{\sum_{j=1}^{24} (T_b - T_{0,j})}{24} \quad [3]$$

$$\text{Βαθμομέρες ψύξης: } CD_d = \frac{\sum_{j=1}^{24} (T_{0,j} - T_b)}{24} \quad [4]$$

Σημείωση: $(T_b - T_{0,j}) > 0$ και $(T_{0,j} - T_b) > 0$

D_d : βαθμομέρες κάθε μέρας

T_b : θερμοκρασία βάσης

$T_{0,j}$: εξωτερική θερμοκρασία της εκάστοτε ώρας

Για να ολοκληρωθεί η μέθοδος, αφού γίνει η διαδικασία που αναφέρθηκε, ανάλογα με την επιθυμητή χρονική περίοδο που αφορά το μοντέλο μελέτης (μήνα, εποχή, χρόνο) θα αθροιστούν οι βαθμοημέρες.

2.3 Μέθοδος μέγιστων και ελάχιστων ημερήσιων θερμοκρασιών (μετεωρολογικές εξισώσεις)

Η μέθοδος αυτή προσπαθεί να λειτουργήσει με βάση το ολοκλήρωμα [5] και επινοήθηκε καθώς χρειαζόταν ένας μηχανισμός που θα διέθετε στους υπολογιστές δεδομένα της μέγιστης και της ελάχιστης θερμοκρασίας. Το ολοκλήρωμα αυτό αναφέρεται στις βαθμοημέρες (Degree Days,DD), η οποία συσχετίζεται μέσω τεσσάρων πιθανών τρόπων, με την θερμοκρασία βάσης.

$$\int_0^t (T_b - T_0) dt \quad [5]$$

Παρακάτω αναφέρονται οι τέσσερις τρόποι:

- Περίπτωση 1^η: η μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος να μην ξεπερνά την θερμοκρασία βάσης $T_{0,max} < T_b$
- Περίπτωση 2^η: η διαφορά θερμοκρασίας βάσης με ελάχιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος να είναι μεγαλύτερη σε σύγκριση με την διαφορά της μέγιστης θερμοκρασίας περιβάλλοντος με θερμοκρασία βάσης $(T_b - T_{0,min}) > (T_{0,max} - T_b)$
- Περίπτωση 3^η: η διαφορά θερμοκρασίας βάσης με ελάχιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος να είναι μικρότερη σε σύγκριση με την διαφορά της μέγιστης θερμοκρασίας περιβάλλοντος με θερμοκρασία βάσης $(T_b - T_{0,min}) < (T_{0,max} - T_b)$
- Περίπτωση 4^η: η ελάχιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι μεγαλύτερη της θερμοκρασία βάσης $T_{0,min} > T_b$, τότε $DD=0$

Στους πίνακες 2.1 και 2.2 αναφέρονται οι μαθηματικές πράξεις και οι εξισώσεις υπολογισμού των βαθμοημερών θέρμανσης και ψύξης μέσω της μεθόδου:

Πίνακας 2.1: Υπολογισμός βαθμομερών θέρμανσης με μετεωρολογικές εξισώσεις

Περίπτωση	Συνθήκη	HDD
1	$T_{0,max} < T_b$	$T_b - 1/2(T_{0,max} + T_{0,min})$
2	$(T_b - T_{0,min}) > (T_{0,max} - T_b)$ Και $T_{0,min} < T_b$	$1/2(T_b - T_{0,min}) - 1/4(T_{0,max} - T_b)$
3	$(T_b - T_{0,min}) < (T_{0,max} - T_b)$ Και $T_{0,max} > T_b$	$1/4(T_b - T_{0,min})$
4	$T_{0,min} > T_b$	0

Πίνακας 2.2: Υπολογισμός βαθμομερών ψύξης με μετεωρολογικές εξισώσεις

Περίπτωση	Συνθήκη	CDD
1	$T_{0,max} < T_b$	$1/2(T_{0,max} + T_{0,min}) - T_b$
2	$(T_b - T_{0,min}) > (T_{0,max} - T_b)$ Και $T_{0,min} < T_b$	$1/2(T_{0,max} - T_b) - 1/4(T_b - T_{0,min})$
3	$(T_b - T_{0,min}) < (T_{0,max} - T_b)$ Και $T_{0,max} > T_b$	$1/4(T_{0,max} - T_b)$
4	$T_{0,min} > T_b$	0

Τα κλάσματα 1/2 και 1/4 απορρέουν από την μέθοδο <<trial and error>> που αναπτύχθηκε από τους Day και Καραγιάννης το 1998 (CIBSE, 2006).

2.4 Μοντέλο Erbs et al

Στις διάφορες κλιματικές ζώνες της Ελλάδας οι μετεωρολογικοί τις σταθμοί καταχωρούν τα δεδομένα τους σε μηνιαία βάση. Δεδομένου αυτού οι παραπάνω τρόποι υπολογισμού των βαθμομερών δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Σε αυτή την περίπτωση εφαρμόζεται το μοντέλο του Erbs et al. Με το μοντέλο αυτό ο υπολογισμός των βαθμομερών γίνεται πιο γρήγορα, σε σχέση με τον υπολογισμό σε ημερήσια βάση, χωρίς αυτό να το καθιστά λιγότερο αξιόπιστο. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στο να χρησιμοποιεί τις τυπικές αποκλίσεις των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών και να υπολογίζει την τυπική απόκλιση των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών του μήνα, η οποία αξιοποιείται για την εύρεση της μέσης ημερήσιας διακύμανσης του μήνα. Έπειτα από αυτούς τους υπολογισμούς καθορίζονται και οι

βαθμομέρες. Όλη αυτή η διαδικασία επιτυγχάνεται μέσω των εμπειρικών και στατιστικών σχέσεων που ακολουθούν(Erbs D., 1983):

Τυπική απόκλιση μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών από μέση ετήσια:

$$\sigma_{yr} = \sqrt{\frac{1}{12} * \sum_{n=1}^{12} (T_m - T_{yr})^2}, [6]$$

Τυπική απόκλιση μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας του μήνα:

$$\sigma_m = 1.45 - 0.029 * T_m + 0.0664 * \sigma_{yr}, [7]$$

Μέση ημερήσια διακύμανση μήνα:

Θέρμανση:

$$h = \frac{T_b - T_m}{\sigma_m \sqrt{N_m}}, [8]$$

Ψύξη:

$$h = \frac{T_m - T_b}{\sigma_m \sqrt{N_m}}, [9]$$

Βαθμομέρες:

$$DD = \sigma_m * N_m^{1.5} * \left[\frac{h}{2} + \ln\left(\frac{e^{-a*h} + e^{-a*h}}{2*a}\right) \right], [10]$$

Όπου,

παράμετρος $\alpha=1,698$

T_m : μέση μηνιαία θερμοκρασία °C

T_{yr} : μέση ετήσια θερμοκρασία °C

N_m : αριθμός ημερών μήνα

h : θερμοκρασία μεταβλητή, εξομάλυνση των μεταβολών στην κατανομή της εξίσωσης θερμοκρασίας ανάλογα με την τοποθεσία και τον μήνα:

$$h = \frac{T_{bal} - T_m}{\sigma_m * \sqrt{N_m}}, [11]$$

T_{bal} : θερμοκρασία ισορροπίας κτιρίου: $T_{bal} = t_i - \frac{Q}{H_B}$ ¹

¹ t_i : εσωτερική θερμοκρασία σχεδιασμού °C

2.5 Μέθοδος μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας κατά Schoenau-Kehrig

Η μέθοδος αυτή κατατάσσεται στις στατιστικές μεθόδους προσέγγισης των βαθμομερών και προτάθηκε από τους Schoenau-Kehrig. Η ιδιαιτερότητα της μεθόδου είναι ότι κάτω από οποιαδήποτε θερμοκρασία βάσης μπορεί να εκτιμήσει τις μηνιαίες βαθμομέρες. Οι Schoenau-Kehrig θεώρησαν πως οι ημερήσιες μέσες θερμοκρασίες εξελίσσονται με βάση την κανονική κατανομή, δηλαδή γύρω από τον μέσο μηνιαίο όρο (Thevenard, D.2011).

Μηνιαίες Βαθμομέρες Θέρμανσης:

$$HDD_m = N_m * s_d * \left[\left(\frac{T_b - T_m}{s_d} \right) * F \left(\frac{T_b - T_m}{s_d} \right) + f \left(\frac{T_b - T_m}{s_d} \right) \right], [12]$$

N_m : αριθμός ημερών μήνα

s_d : τυπική απόκλιση μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας

T_m : μέση μηνιαία θερμοκρασία °C

T_b : θερμοκρασία βάσης

Συνάρτηση f:

Συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας Gauss με μέση τιμή μηδέν (0) και τυπική απόκλιση ένα (1):

$$f \left(\frac{T_b - T_m}{s_d} \right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{z^2}{2}}, [13]$$

Συνάρτηση F:

Ισοδύναμη αθροιστική κανονική συνάρτηση πιθανότητας:

$$F \left(\frac{T_b - T_m}{s_d} \right) = \int_{-\infty}^{\frac{T_b - T_m}{s_d}} f \left(\frac{T_b - T_m}{s_d} \right) d_z, [14]$$

Μηνιαίες Βαθμομέρες ψύξης:

$$CDD_m = N_m * s_d * \left[\left(\frac{T_m - T_b}{s_d} \right) * F \left(\frac{T_m - T_b}{s_d} \right) + f \left(\frac{T_m - T_b}{s_d} \right) \right], [15]$$

Q: συνολικά θερμικά κέρδη κτιρίου, W

H_b: συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών κτιρίου W/K

2.6 Εξισώσεις Hitchin

Η ελλιπής ύπαρξη μετεωρολογικών δεδομένων οδήγησε τον Hitchin το 1983 να προτείνει μια εξίσωση, απλούστερη των ανώτερων, για τον υπολογισμό των βαθμοημερών. Σε αντίθεση με τις υπόλοιπες μεθόδους που χρησιμοποιούσαν τις μηνιαίες θερμοκρασίες, τις ημερήσιες και τις διακυμάνσεις αυτών, η εξίσωση αυτή πραγματεύεται τις βαθμοημέρες λαμβάνοντας υπόψιν την θερμοκρασία βάσης και την μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος, ρυθμιζόμενη με μια σταθερά τοποθεσίας(K). Η εξίσωση του Hitchin είναι η εξής (Hitchin, 1983):

$$D_m = \frac{N_m * (T_b - T_{o,mean})}{1 - e^{-K(T_b - T_{o,mean})}} \text{ } ^\circ\text{C}, [16]$$

N_m : αριθμός ημερών μήνα

$T_{o,mean}$: μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος $^\circ\text{C}$

T_b : θερμοκρασία βάσης

K: σταθερά τοποθεσίας, $K = \frac{2,5}{\sigma_\tau}$ με σ_τ την τυπική απόκλιση των θερμοκρασιών του κάθε μήνα.

2.7 Σύνοψη μεθόδων

Ακολουθεί ο πίνακας 2.3 με όλες τις μεθόδους που αναφέρθηκαν, για σύντομη επισκόπηση, ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη με βάση τα δεδομένα που έχω στην κατοχή μου για την διεξαγωγή του υπολογιστικού μέρους της εργασίας. Έπειτα από την μελέτη του και τον έλεγχο των δεδομένων που έχω στην κατοχή μου, αποφασίστηκε πως θα χρησιμοποιηθούν δύο μέθοδοι, η μέθοδος μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών και η μέθοδος μέσων βαθμοωρών. Σκοπός αυτού είναι να συγκριθούν οι δύο μέθοδοι, να εστιαστούν τα μειονεκτήματα και να προσεγγίσουμε την μεταξύ τους απόκλιση. Η διαδικασία αυτή θα διεξαχθεί αναλυτικά στο κεφάλαιο 4 υπολογιστικά και με τους ανάλογους σχολιασμούς με στόχο την ικανή αξιοποίηση του από ενδιαφερομένους χρήστες.

Πίνακας 2.3: Σύνοψη μεθόδων υπολογισμού βαθμομερών

Μέθοδος	Τύποι	Αναγκαία Δεδομένα																														
Μέσες Ημερήσιες θερμοκρασίες [1]-[2]	$CDD = \sum (T_m - T_b)$ $HDD = \sum (T_b - T_m)$	Μέσες Ημερήσιες θερμοκρασίες																														
Μέσες Βαθμώρες [3]-[4]	$HDD_d = \frac{\sum_{j=1}^{24} (T_b - T_{0,j})}{24}$ $CDD_d = \frac{\sum_{j=1}^{24} (T_{0,j} - T_b)}{24}$	Ωριαίες Εξωτερικές θερμοκρασίες																														
Μέθοδος μέγιστων και ελάχιστων ημερήσιων θερμοκρασιών (μετεωρολογικές εξισώσεις)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Περίπτωση</th> <th>Συνθήκη</th> <th>HDD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>$T_{0,max} < T_b$</td> <td>$T_b - 1/2(T_{0,max} + T_{0,min})$</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>$(T_b - T_{0,min}) > (T_{0,max} - T_b)$ Και $T_{0,min} < T_b$</td> <td>$1/2(T_b - T_{0,min}) - 1/4(T_{0,max} - T_b)$</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>$(T_b - T_{0,min}) < (T_{0,max} - T_b)$ Και $T_{0,max} > T_b$</td> <td>$1/4(T_b - T_{0,min})$</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>$T_{0,min} > T_b$</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Πίνακας 1 : Υπολογισμός βαθμομερών θέρμανσης με μετεωρολογικές εξισώσεις</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Περίπτωση</th> <th>Συνθήκη</th> <th>CDD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>$T_{0,max} < T_b$</td> <td>$1/2(T_{0,max} + T_{0,min}) - T_b$</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>$(T_b - T_{0,min}) > (T_{0,max} - T_b)$ Και $T_{0,min} < T_b$</td> <td>$1/2(T_{0,max} - T_b) - 1/4(T_b - T_{0,min})$</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>$(T_b - T_{0,min}) < (T_{0,max} - T_b)$ Και $T_{0,max} > T_b$</td> <td>$1/4(T_{0,max} - T_b)$</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>$T_{0,min} > T_b$</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Πίνακας 2 : Υπολογισμός βαθμομερών ψύξης με μετεωρολογικές εξισώσεις</p>	Περίπτωση	Συνθήκη	HDD	1	$T_{0,max} < T_b$	$T_b - 1/2(T_{0,max} + T_{0,min})$	2	$(T_b - T_{0,min}) > (T_{0,max} - T_b)$ Και $T_{0,min} < T_b$	$1/2(T_b - T_{0,min}) - 1/4(T_{0,max} - T_b)$	3	$(T_b - T_{0,min}) < (T_{0,max} - T_b)$ Και $T_{0,max} > T_b$	$1/4(T_b - T_{0,min})$	4	$T_{0,min} > T_b$	0	Περίπτωση	Συνθήκη	CDD	1	$T_{0,max} < T_b$	$1/2(T_{0,max} + T_{0,min}) - T_b$	2	$(T_b - T_{0,min}) > (T_{0,max} - T_b)$ Και $T_{0,min} < T_b$	$1/2(T_{0,max} - T_b) - 1/4(T_b - T_{0,min})$	3	$(T_b - T_{0,min}) < (T_{0,max} - T_b)$ Και $T_{0,max} > T_b$	$1/4(T_{0,max} - T_b)$	4	$T_{0,min} > T_b$	0	Μέγιστες και ελάχιστες ημερήσιες εξωτερικές θερμοκρασίες
Περίπτωση	Συνθήκη	HDD																														
1	$T_{0,max} < T_b$	$T_b - 1/2(T_{0,max} + T_{0,min})$																														
2	$(T_b - T_{0,min}) > (T_{0,max} - T_b)$ Και $T_{0,min} < T_b$	$1/2(T_b - T_{0,min}) - 1/4(T_{0,max} - T_b)$																														
3	$(T_b - T_{0,min}) < (T_{0,max} - T_b)$ Και $T_{0,max} > T_b$	$1/4(T_b - T_{0,min})$																														
4	$T_{0,min} > T_b$	0																														
Περίπτωση	Συνθήκη	CDD																														
1	$T_{0,max} < T_b$	$1/2(T_{0,max} + T_{0,min}) - T_b$																														
2	$(T_b - T_{0,min}) > (T_{0,max} - T_b)$ Και $T_{0,min} < T_b$	$1/2(T_{0,max} - T_b) - 1/4(T_b - T_{0,min})$																														
3	$(T_b - T_{0,min}) < (T_{0,max} - T_b)$ Και $T_{0,max} > T_b$	$1/4(T_{0,max} - T_b)$																														
4	$T_{0,min} > T_b$	0																														
Μοντέλο Erbs et al [10]	$DD = \sigma_m * N_m^{1.5} * \left[\frac{h}{2} + \ln \left(\frac{e^{-a*h} + e^{-a*h}}{2 * a} \right) \right]$	Μέση μηνιαία θερμοκρασία																														
Μέθοδος μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας κατά Schoenau-Kehrig [12]-[15]	$HDD_m = N_m * s_d * \left[\left(\frac{T_b - T_m}{s_d} \right) * F \left(\frac{T_b - T_m}{s_d} \right) + f \left(\frac{T_b - T_m}{s_d} \right) \right]$ $CDD_m = N_m * s_d * \left[\left(\frac{T_m - T_b}{s_d} \right) * F \left(\frac{T_m - T_b}{s_d} \right) + f \left(\frac{T_m - T_b}{s_d} \right) \right]$	Μέση μηνιαία θερμοκρασία																														
Εξισώσεις Hitchin [16]	$D_m = \frac{N_m * (T_b - T_{0,mean})}{1 - e^{-K(T_b - T_{0,mean})}}$	Μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος																														

Κεφάλαιο 3: Κλιματολογικοί Δείκτες

3.1 Μέση Σχετική Υγρασία

Η υγρασία είναι ένα μέγεθος που προσδιορίζεται με ποσοστό (%). Η μέση σχετική υγρασία προκύπτει από τον μέσο όρο των μέσων τιμών της εκάστοτε εξεταζόμενης περιόδου. Το μέγεθος αυτό αξιοποιείται για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων όπως έχουν καταγραφεί από την Εθνική μετεωρολογική υπηρεσία (EMY) (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε., 2014).

3.2 Μέση Ταχύτητα Ανέμου

Η μέση ταχύτητα ανέμου προσδιορίζεται από τις μέσες ημερήσιες ταχύτητες οι οποίες με την σειρά τους απορρέουν από τον μέσο όρο των δεδομένων του μετεωρολογικού σταθμού σε ημερήσια βάση (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε., 2014).

3.3 Δείκτης Δυσφορίας - Θερμότητας (Heat index)

Ο δείκτης θερμότητας ή αλλιώς φαινόμενη θερμοκρασία έχει να κάνει με το τι αισθάνεται το σώμα ενός ανθρώπου όταν συνδυαστεί η υγρασία με την θερμοκρασία του αέρα. Ο δείκτης αυτός αποτελεί σημαντικό ζήτημα για την άνεση των ανθρώπων. Παρακάτω εξηγείται η διαδικασία που λειτουργεί το ανθρώπινο σώμα και πως ο δείκτης θερμότητας το επηρεάζει.

Το σώμα σε υψηλές θερμοκρασίες ζεσταίνεται αρκετά και απόρροια αυτού είναι η εφίδρωση. Αν δεν είναι εφικτή η εξάτμιση του ιδρώτα, το σώμα δεν μπορεί να ρυθμίσει την θερμοκρασία του. Ο όρος εξάτμιση ουσιαστικά αφορά μια διαδικασία ψύξης αφού όταν εξατμιστεί ο ιδρώτας από το σώμα, η θερμοκρασία του μειώνεται. Σε περίπτωση που η σχετική υγρασία, ή αλλιώς ατμοσφαιρική υγρασία, είναι υψηλή τότε υπάρχει μείωση του ρυθμού εξάτμισης στο σώμα, δηλαδή αισθάνεται πιο ζεστό. Τα αντίθετα αποτελέσματα, δηλαδή το σώμα να έχει την αίσθηση δροσιάς, συμβαίνει όταν η ατμοσφαιρική υγρασία μειώνεται αφού αυξάνεται ο ρυθμός εφίδρωσης. Συνεπώς η σύνδεση της σχετικής υγρασίας (RH) με την θερμοκρασία του αέρα (T) και του δείκτη θερμότητας (HI) έχει ως εξής (N.W.S):

$$\uparrow T + \uparrow RH \rightarrow \uparrow HI$$

$$\downarrow T + \downarrow RH \rightarrow \downarrow HI$$

Σχετική υγρασία (%)

	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
20	19	20	21	22	23	24	25	25	25	25	25	25	25	24	23	22	21	20	18	17	15
21	20	21	22	23	23	24	24	25	25	25	25	25	24	24	23	22	22	20	19	18	16
22	21	22	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25	24	24	24	23	22	21	20	19	18
23	22	22	23	24	24	24	25	25	25	25	25	25	25	24	24	24	23	23	22	21	20
24	23	23	24	24	24	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	24	24	24	23	23
25	24	24	24	25	25	25	25	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	25
26	25	25	25	25	25	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	27	28	28	28	28	28
27	26	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27	28	28	28	29	29	30	30	31	31	32
28	27	27	27	27	27	27	27	27	28	28	28	29	29	30	31	31	32	33	34	35	36
29	28	27	27	27	27	28	28	28	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	37	38	40
30	28	28	28	28	28	28	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	38	39	41	42	44
31	29	29	29	29	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	38	39	41	43	45	47	49
32	30	30	30	30	30	30	31	31	32	33	34	36	37	39	40	42	44	47	49	51	54
33	31	31	31	31	31	31	32	33	34	35	36	38	40	41	43	46	48	51	54	57	60
34	32	32	31	32	32	33	33	34	35	37	38	40	42	44	47	49	52	55	58	62	66
35	33	32	32	33	33	34	35	36	37	39	41	43	45	48	50	53	57	60	64	68	72
36	33	33	33	34	34	35	36	38	39	41	43	46	48	51	54	58	61	65	69	74	78
37	34	34	34	35	35	36	38	39	41	43	46	48	51	55	58	62	66	70	75	80	85
38	35	35	35	36	37	38	39	41	43	46	49	52	55	59	63	67	71	76	81	87	92
39	35	36	36	37	38	39	41	43	46	49	52	55	59	63	67	72	77	82	88	94	100
40	36	36	37	38	39	41	43	46	48	51	55	59	63	67	72	77	83	88	95	101	108
41	37	37	38	39	41	43	45	48	51	54	58	62	67	72	77	83	89	95	102	109	116
42	37	38	39	40	42	45	47	50	54	57	62	66	71	77	82	88	95	102	109	117	125
43	38	39	40	42	44	46	49	53	57	61	65	70	76	82	88	94	101	109	117	125	134
44	38	39	41	43	46	48	52	55	60	64	69	75	81	87	94	101	108	116	125	134	143
45	39	40	42	44	47	50	54	58	63	68	73	79	86	92	100	107	116	124	133	143	153
46	39	41	43	46	49	53	57	61	66	72	78	84	91	98	106	114	123	132	142	152	163
47	40	42	44	47	51	55	59	64	70	76	82	89	96	104	113	121	131	141	151	162	173
48	40	43	45	49	53	57	62	67	73	80	87	94	102	110	119	129	139	149	160	172	184
49	41	43	47	50	55	59	65	71	77	84	91	99	108	117	126	137	147	158	170	182	195
50	41	44	48	52	57	62	68	74	81	88	96	105	114	124	134	144	156	167	180	193	206
51	41	45	49	54	59	64	71	78	85	93	101	111	120	131	141	153	165	177	190	204	218
52	42	46	50	55	61	67	74	81	89	98	107	117	127	138	149	161	174	187	201	215	230
53	42	46	51	57	63	70	77	85	93	103	112	123	134	145	157	170	183	197	212	227	242
54	42	47	53	59	65	72	80	89	98	108	118	129	140	153	165	179	193	208	223	239	255
55	43	48	54	60	68	75	84	93	103	113	124	135	148	161	174	188	203	218	234	251	268
56	43	49	55	62	70	78	87	97	107	118	130	142	155	169	183	198	213	229	246	264	282
57	43	49	56	64	72	81	91	101	112	124	136	149	163	177	192	208	224	241	258	277	296
58	43	50	58	66	75	84	95	106	117	129	142	156	170	186	201	218	235	252	271	290	310
59	43	51	59	68	77	88	98	110	122	135	149	163	179	194	211	228	246	264	284	304	324
60	44	52	60	70	80	91	102	115	128	141	156	171	187	203	221	239	257	277	297	318	339

Εικόνα 3.1: Διάγραμμα δείκτη θερμότητας(Μαμάσης Νικόλαος , σημειώσεις Υδρομετεωρολογίας,2012)

Οι τιμές στο παραπάνω διάγραμμα της εικόνας 3.1 του δείκτη θερμότητας αφορούν τοποθεσίες υπό σκιά. Αν υπάρξει άμεση έκθεση στο ηλιακό φως τότε ο δείκτης αυξάνεται έως και 9°C. Ο ακόλουθος πίνακας 3.1 αναφέρει την επικινδυνότητα της έκθεσης του σώματος στην θερμότητα.

Πίνακας 3.1: Επικινδυνότητα της έκθεσης του σώματος στην θερμότητα.

	Δείκτης θερμότητας	Επίδραση στο σώμα
Προσοχή	27°C - 32°C	Πιθανή κόπωση με παρατεταμένη έκθεση ή/και σωματική δραστηριότητα
Πολύ Προσοχή	32°C - 40°C	Θερμοπληξία, θερμικές κράμπες ή θερμική εξάντληση πιθανή με παρατεταμένη έκθεση ή/και σωματική δραστηριότητα
Επικίνδυνο	40°C - 51°C	Πιθανές θερμικές κράμπες ή θερμική εξάντληση και πιθανή θερμοπληξία με παρατεταμένη έκθεση ή/και σωματική δραστηριότητα
Πολύ Επικίνδυνο	>52°C	Μεγάλη πιθανότητα θερμοπληξίας

Ο υπολογισμός του δείκτη θερμότητας απορρέει από μια ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης που έκανε ο Lans P. Rothfus και παρουσιάστηκε στην Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (NWS) το 1990.

Για τον υπολογισμό του δείκτη θερμότητας χρησιμοποιούμε τους παρακάτω τύπους:

$$\begin{aligned}
 \text{Heat Index} = & -42.379 + 2.04901523T + 10.14333127RH - 0.22475541TRH \\
 & - 6.83783 \times 10^{-3}T^2 - 5.481717 \times 10^{-3}RH^2 \\
 & + 1.22874 \times 10^{-3}T^2RH + 8.5282 \times 10^{-4}TRH^2 - 1.99 \times 10^{-4} \\
 & - 6T^2RH^2, [17]
 \end{aligned}$$

T: θερμοκρασία του αέρα °F

RH: σχετικής υγρασίας (%)

Ο παραπάνω τύπος έχει κάποιους περιορισμούς:

- Αν η υγρασία είναι κάτω από 13% και η θερμοκρασία κυμαίνεται ανάμεσα στους 80°F με 112°F τότε γίνεται η ακόλουθη διαδικασία

$$1. \text{ Adjustment} = \left[\frac{13-RH}{4} \right] * \sqrt{\frac{[17-|T-95|]}{17}}, [18]$$

$$2. \text{ HI}' = \text{Heat Index} - \text{Adjustment}, [19]$$

- Αν η υγρασία είναι μεγαλύτερη από 85% και η θερμοκρασία κυμαίνεται ανάμεσα στους 80°F με 87°F τότε γίνεται η ακόλουθη ρύθμιση

$$1. \text{ Adjustment} = \left[\frac{RH-85}{10} \right] * \left[\frac{87-T}{5} \right], [20]$$

$$2. \text{ HI}' = \text{Heat Index} + \text{Adjustment}, [21]$$

Σημαντική παρατήρηση είναι πως αν οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας αποδίδουν δείκτη θερμότητας λιγότερο από 80°F η παλινδρόμηση που έκανε ο Lans P. Rothfus δεν εφαρμόζεται. Σε αυτή την περίπτωση εφαρμόζεται ο ακόλουθος

τύπος που συνάδει με τα αποτελέσματα του Steadman (ο άνθρωπος που εισήγαγε για πρώτη φορά τον δείκτη θερμότητας το 1979, όμως είχε πολλές υποθέσεις για μάζα και ύψος ανθρώπου, ρούχα κτλ που οδηγούσε σε σημαντικές αποκλίσεις):

$$HI = 0,5 * \{T + 61,0 + [(T - 68,0) * 1,2] + (RH * 0,094)\}, [22]$$

Πρακτικά πρώτα εφαρμόζεται αυτός ο τύπος, έπειτα υπολογίζεται ο μέσος όρος του αποτελέσματος με την θερμοκρασία και αν αυτή η τιμή του δείκτη είναι πάνω από 80°F εφαρμόζεται η εξίσωση [17] με οποιαδήποτε προσαρμογή επιβάλλεται όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

3.4 Δείκτης Ανέμου – Ψύχους (Wind Chill index)

Αντίστοιχα και με τον δείκτη θερμότητας ο δείκτης ανέμου – ψύχους σχετίζεται με την θερμοκρασία που αισθάνεται το σώμα ενός ανθρώπου όταν συνδυαστεί η θερμοκρασία του αέρα με την ταχύτητα του. Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιεί κατανοητό και ακριβή τύπο ώστε να υπολογίζονται οι κίνδυνοι που προκύπτουν από τους χειμερινούς ανέμους και τις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Οι αρχικές συνθήκες του δείκτη είναι οι έξης:

- Χρησιμοποιεί την ταχύτητα ανέμου ύψους 1,5 μέτρου, το οποίο είναι το τυπικό ύψος ενός ενήλικου ανθρώπου, με βάση μετρήσεις ενός τυπικού ανεμόμετρου ύψους 10 μέτρων.
- Βασίζεται σε μοντέλο ανθρώπινου προσώπου
- Στηρίζεται στην απώλεια θερμότητας από το σώμα στο περιβάλλον, σε χαμηλές θερμοκρασίες
- Λαμβάνει σαν όριο ήρεμου ανέμου τα 3 μίλια την ώρα
- Λαμβάνει υπόψη σταθερό πρότυπο για την αντίσταση των ιστών του δέρματος
- Παραδοχή απουσίας επίδρασης από ήλιο, βρίσκεται υπό συνθήκες πλήρους νυχτερινού ουρανού (NWS).

Στο διάγραμμα της εικόνας 3.2 παρουσιάζεται η μεταβολή του δείκτη ανέμου – ψύχους ανάλογα τον συνδυασμό της θερμοκρασίας με την ταχύτητα ανέμου σε κόμβους (knots) αλλά και το μέγεθος της αίσθησης στο ανθρώπινο σώμα.

Ενώ στον Καναδά:

$$WCI = 13.12 + 0.6215 * T - 11.37 * V^{0.16} + 0.3965 * T * V^{0.16}, \quad [24]$$

T: θερμοκρασία του αέρα °C

V: Ταχύτητα ανέμου km/hr

Επισημαίνεται πως ο δείκτης αυτός ορίζεται μόνο για θερμοκρασία κάτω από 10°C και ταχύτητα ανέμου πάνω από 4,8 km/hr.

Στην εικόνα 3.3 βλέπουμε το φύλλο εργασίας όπου φαίνεται η πορεία των υπολογισμών, που έγιναν στο κεφάλαιο 4, για τον προσδιορισμό του δείκτη ανέμου – ψύχους και με τον Καναδικό και με τον Αμερικανικό τύπο. Έπειτα από την εφαρμογή των τύπων παρατηρείται ότι τα αποτελέσματα που δίνουν, σχεδόν ταυτίζονται αφού η διαφορά τους είναι οι μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιούν (Καναδάς: °C και km/hr – USA: °F και miles/hr) και για αυτό επιλέγουμε να συνεχίσουμε με του Καναδά για την διεκπεραίωση της μελέτης.

month		ToC	ToF	W (m/s)	WS (km/hr)	WS (miles/hr)	Chilindex Canada	Chilindex USA (oF)	Chilindex USA (oC)
11	7/11/2019 12:00	16,87	62,37	0,05	0,18	0,11	20,05	68,10	20,06
11	7/11/2019 13:00	18,76	65,77	0,64	2,30	1,43	20,29	68,53	20,29
11	7/11/2019 14:00	22,23	72,01	1,93	6,95	4,32	23,45	74,22	23,46
11	7/11/2019 15:00	22,72	72,90	7,03	25,31	15,73	23,28	73,92	23,29
11	7/11/2019 16:00	18,20	64,76	4,70	16,92	10,51	17,90	64,24	17,91
11	7/11/2019 17:00	15,35	59,63	1,02	3,67	2,28	16,15	61,09	16,16
11	7/11/2019 18:00	15,98	60,76	1,13	4,07	2,53	16,75	62,17	16,76
11	7/11/2019 19:00	16,42	61,56	1,47	5,29	3,29	16,98	62,58	16,99
11	7/11/2019 20:00	16,08	60,94	0,63	2,27	1,41	17,42	63,37	17,43
11	7/11/2019 21:00	15,20	59,36	2,80	10,08	6,26	14,83	58,72	14,84
11	7/11/2019 22:00	13,90	57,02	0,88	3,17	1,97	14,71	58,50	14,72
11	7/11/2019 23:00	14,30	57,74	0,72	2,59	1,61	15,37	59,68	15,38
11	8/11/2019 0:00	14,72	58,50	1,47	5,29	3,29	15,04	59,10	15,05
11	8/11/2019 1:00	17,52	63,54	4,20	15,12	9,40	17,18	62,94	17,19
11	8/11/2019 2:00	18,10	64,58	5,72	20,59	12,80	17,57	63,63	17,57
11	8/11/2019 3:00	18,00	64,40	7,82	28,15	17,49	17,09	62,77	17,10
11	8/11/2019 4:00	17,83	64,09	5,45	19,62	12,19	17,28	63,12	17,29
11	8/11/2019 5:00	16,72	62,10	5,43	19,55	12,15	15,88	60,61	15,89
11	8/11/2019 6:00	16,57	61,83	2,90	10,44	6,49	16,43	61,60	16,44
11	8/11/2019 7:00	16,70	62,06	1,37	4,93	3,06	17,37	63,28	17,38
11	8/11/2019 8:00	16,78	62,20	0,93	3,35	2,08	17,83	64,10	17,84
11	8/11/2019 9:00	17,65	63,77	0,95	3,42	2,13	18,77	65,80	18,78
11	8/11/2019 10:00	17,08	62,74	1,18	4,25	2,64	17,94	64,31	17,95
11	8/11/2019 11:00	16,90	62,42	1,20	4,32	2,68	17,72	63,92	17,73
11	8/11/2019 12:00	18,32	64,98	0,70	2,52	1,57	19,75	67,56	19,75
11	8/11/2019 13:00	19,90	67,82	0,63	2,27	1,41	21,52	70,75	21,53

Εικόνα 3.3: Απεικόνιση Chill index Καναδά°C =USA°C

Κεφάλαιο 4: Επεξεργασία Δεδομένων

4.1 Μετεωρολογικοί Σταθμοί

Σαν πρώτο βήμα παρουσίασης κρίνεται απαραίτητο να προσδιοριστούν οι μετεωρολογικοί σταθμοί από τους οποίους έγινε η συλλογή των χρονοσειρών θερμοκρασίας, υγρασίας, και ταχύτητας ανέμου σε ημερήσια και σε ωριαία κλίμακα. Οι μετεωρολογικοί σταθμοί στην ευρύτερη περιοχή της Ελλάδας όπου χρησιμοποιήθηκαν στην συγκεκριμένη εργασία είναι της Γκορίτσας και της Μάνδρας, όπου χρησιμοποιήθηκαν ημερήσια και ωριαία δεδομένα, της Πάτρας, του Ρίο, του Άργους και των Τρικάλων Κορινθίας, όπου είχαμε μόνο ημερήσια δεδομένα. Στον πίνακα 4.1 φαίνονται οι σταθμοί και οι γεωγραφικές συντεταγμένες τους.

Πίνακας 4.1: Συντεταγμένες Μετεωρολογικών Σταθμών.(OpenHi.net)

Όνομα Σταθμού	φ	λ	Z	Νομός
Πάτρα - NOA	38.25903	21.73521	6	Αχαΐας
Ρίο - NOA	38.30932	21.78167	2	Αχαΐας
Γκορίτσα	39.26778	20.59047	14	Πρέβεζας
Άργος - EMY	37.62811	22.71338	37.6	Αργολίδας
Μάνδρα	38.09812	23.45629	215	Αττικής
Τρίκαλα Κορινθίας - NOA	38.00182	22.46969	1077	Κορινθίας

Σημαντική παρατήρηση αποτελεί η κλιμακωτή αύξηση των υψομέτρων των μετεωρολογικών σταθμών, παράμετρος η οποία στα επόμενα υποκεφάλαια θα αποδειχθεί ότι επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό της βαθμοημέρες ψύξης και θέρμανσης.

4.2 Αλγόριθμος Υπολογισμού Βαθμοημερών στο Excel

Για την εκπόνηση της διπλωματικής πραγματοποιήθηκε μια σειρά βημάτων. Αρχικά έγινε η συλλογή στοιχείων για φαινόμενη θερμοκρασία, υγρασία και ταχύτητα ανέμου ανά ημέρα από διάφορους μετεωρολογικούς σταθμούς της Ελλάδας από όλες τις κλιματικές ζώνες. Έπειτα μετατρέπουμε την θερμοκρασία από κελσίου [°C] σε φαρενάιτ [°F] (πολλαπλασιάζοντας με 9/5 και έπειτα προσθέτουμε 32) για να υπολογίσουμε μετά τον δείκτη θερμότητας σε φαρενάιτ [°F]. Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2.3 ο υπολογισμός του δείκτη θερμότητας γίνεται με κάποιες προσαρμογές, οπότε ακολούθησα τα παρακάτω βήματα:

Οι τύπου αναγράφονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 4.2

1. Υπολογισμός heat index με τον τύπο [22]
2. Μετατροπή του από [°F] σε °C αφαιρώντας 32 και έπειτα πολλαπλασιάζοντας με 5/9

3. Υπολογισμός μέσου όρου του αποτελέσματος (σε °F) με την εκάστοτε θερμοκρασία, θα ονομάσουμε το στοιχείο αυτό ως “heat index 1” καθώς θα χρησιμοποιηθεί και παρακάτω.
4. Έλεγχος αν η τιμή είναι κάτω από 80°F, αν ήταν κρατούσαμε την τιμή του “heat index 1”, αλλιώς γινόταν εκ νέου ο υπολογισμός του δείκτη με τον τύπο [17].
5. Εφαρμογή στον τύπο [17] των προσαρμογών [18],[20]. Αυτό θα γίνει με χρήση των εντολών IF και AND ώστε να εφαρμόσει την εκάστοτε προσαρμογή αν η υγρασία είναι μικρότερη από 13% και η θερμοκρασία μεταξύ των 80 και 112[°F] για τον τύπο [18] ή αν η υγρασία είναι μεγαλύτερη από 85% και η θερμοκρασία μεταξύ των 80 και 87[°F] για τον τύπο [20]. Όπου διαπιστώθηκε πως δεν υπήρχε δεδομένο που να αντιστοιχεί σε αυτές σε αρκετές περιοχές.
6. Υπολογισμός του διορθωμένου δείκτη με βάση τους τύπους [19],[21]. Εδώ χρησιμοποιήθηκε η εντολή IF ώστε σε περίπτωση που υπάρχει κενό κελί να επιστρέφει το κενό αλλιώς να εφαρμόζει τους αναφερόμενους τύπους.
7. Διαχωρισμός του [17] σε κατηγορίες αν:
 - 1^η περίπτωση: RH<13% και 80<T<112, με χρήση της εντολής IF και AND ώστε αν ισχύουν αυτοί οι περιορισμοί και ο “heat index 1” είναι πάνω από 80[°F] να επιστρέψει την τιμή του βήματος 5 (του τύπου [18]) αλλιώς κενό κελί.
 - 2^η περίπτωση: RH>85% και 80<T<87, όμοια με την παραπάνω διαδικασία μόνο που θα επιστρέφει την τιμή με βάση τον τύπου [20]
 - 3^η περίπτωση: Και αν δεν ίσχυε τίποτα από τα 2, με χρήση των εντολών IF-AND-IF όπου σε (IF)περίπτωση που (AND) και οι 2 πάνω κατηγορίες είναι κενά κελιά και (IF)αν ο “heat index 1” είναι πάνω από 80 να επιστρέφει τον heat index του τύπου [17] αν όχι τον “heat index 1” αλλιώς κενό κελί
8. Μετατροπή του δείκτη κάθε κατηγορίας σε °C ($+32*\frac{5}{9}$)
9. Για τον τελικό heat index εφαρμόζουμε επαναλαμβανόμενα τις εντολές IF και AND. Δηλαδή, αν δεν είναι οι 2 πρώτες περιπτώσεις δώσε την 3^η, αν δεν είναι η 1^η και η 3^η περίπτωση δώσε την 2^η και αν δεν είναι η 2^η και η 3^η δώσε την 1^η.

Έπειτα μετατρέπουμε την ταχύτητα ανέμου από μίλια ανά ώρα (miles/hr, μονάδα μέτρησης που το χρησιμοποιεί ο τύπος κατά USA) σε χιλιόμετρα ανά ώρα (km/hr) πολλαπλασιάζοντας με το κλάσμα $\frac{3600}{1000}$ και εφαρμόζουμε τον τύπο [24] για τον υπολογισμό του δείκτη ανέμου – ψύχους (chill index). Στην συνέχεια ορίζουμε τα όρια, η ταχύτητα ανέμου να είναι πάνω από 4,8km/hr και η θερμοκρασία κάτω από 10°C. Έπειτα με τις εντολές IF και AND, (IF) τα στοιχεία που πληρούν (AND) αυτές τις προϋποθέσεις να δώσουν την τιμή του chill index, που υπολογίστηκε, αλλιώς να επιστρέφει κενό κελί. Με το τελευταίο βήμα έχουμε φτιάξει τον τελικό chill index. Παρατηρώντας τα αποτελέσματα που δίνει ο δείκτης συμπεραίνουμε πως η συμβολή

του στην βελτιστοποίηση των βαθμομερών είναι πολύ μικρή και για αυτό θα οριστεί μια νέα στήλη που θα συνδυάζει την εξωτερική θερμοκρασία με τις τιμές του δείκτη που υπολογίστηκαν πριν. Αυτό θα γίνει εφαρμόζοντας την εντολή IF όπου αν στην στήλη του δείκτη ανέμου ψύχους δεν υπάρχει στοιχείο, να δίνει την τιμή της εξωτερικής θερμοκρασίας αλλιώς να επιστρέφει την τιμή του δείκτη. Ο λόγος που απορρίφθηκε η επιλογή της συγχώνευσης του δείκτη θερμότητας και ανέμου-ψύχους είναι γιατί ο δείκτης θερμότητας δεν έχει περιορισμό στην εξωτερική θερμοκρασία, πράγμα που σημαίνει πως λειτουργεί και δίνει τιμές για όλες τις εξωτερικές θερμοκρασίες. Συμπέρασμα όλων αυτών είναι πως δεν γίνεται να απορρίψουμε τις τιμές των ωρών που δίνει ο δείκτης ανέμου-ψύχους.

Το επόμενο βήμα είναι να υπολογιστούν οι βαθμοώρες θέρμανσης και ψύξης με τους τύπους [3],[4] αντίστοιχα θέτοντας ως θερμοκρασία βάσης για βαθμομέρες θέρμανσης και βαθμομέρες ψύξης τους 18°C και 22°C αντίστοιχα (στην επόμενη υποενότητα θα μελετηθεί πως μεταβάλλονται οι βαθμοώρες αν αλλάξει η θερμοκρασία βάσης). Η εντολή για αυτό το βήμα ήταν η IF όπου ζητάμε αν η εξωτερική θερμοκρασία είναι μικρότερη από την θερμοκρασία βάσης (για βαθμοώρες θέρμανσης και αν η εξωτερική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από εξωτερική για βαθμοώρες ψύξης) να εφαρμόσει τον τύπο αλλιώς να δώσει 0.

Όλη η διαδικασία που αναφέρθηκε έγινε για να υπολογιστούν οι διορθωμένες βαθμομέρες ψύξης και θέρμανσης. Αυτό θα γίνει με το να αντικαταστήσουμε στους τύπους [3],[4] όπου την εξωτερική θερμοκρασία, την θερμοκρασία των δεικτών ψύξης και θέρμανσης. Για τις βαθμομέρες θέρμανσης θα γίνουν δύο ξεχωριστές διορθώσεις μια με τον δείκτη θερμότητας και μια με τον δείκτη ανέμου – ψύχους. Αντίστοιχα και για τις βαθμομέρες ψύξης.

Πίνακας 4.2: Συγκέντρωση τύπων του κεφαλαίου 4

Ονομασία	Τύπος
[22]	$HI = 0,5 * \{T + 61,0 + [(T - 68,0) * 1,2] + (RH * 0,094)\}$
[17]	$Heat\ Index = -42.379 + 2.04901523T + 10.14333127RH$ $- 0.22475541TRH - 6.83783 \times 10^{-3}T^2$ $- 5.481717 \times 10^{-2}RH^2 + 1.22874 \times 10^{-3}$ $- 3T^2RH + 8.5282 \times 10^{-4}TRH^2 - 1.99 \times 10^{-5}$ $- 6T^2RH^2$
[18]	$Adjustment = \left[\frac{13 - RH}{4} \right] * \sqrt{\frac{[17 - T - 95]}{17}}$
[20]	$Adjustment = \left[\frac{RH - 85}{10} \right] * \left[\frac{87 - T}{5} \right]$
[19]	$HI' = Heat\ Index - Adjustment$
[21]	$HI' = Heat\ Index + Adjustment$
[24]	$WCI = 13.12 + 0.6215 * T - 11.37 * V^{0.16} + 0.3965 * T * V^{0.16}$

[3]	$D_d = \frac{\sum_{j=1}^{24}(T_b - T_{0,j})}{24}$
[4]	$D_d = \frac{\sum_{j=1}^{24}(T_{0,j} - T_b)}{24}$

4.3 Παρουσίαση Υπολογισμών Βαθμομερών ανά έτος για Γκορίτσα και Μάνδρα

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 4.2 θα γίνει επιπλέον αξιολόγηση των βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης αλλάζοντας την θερμοκρασία βάσης. Για την καλύτερη κατανόηση των πινάκων και των διαγραμμάτων που θα ακολουθήσουν στα επόμενα υποκεφάλαια παρατίθενται οι απαραίτητες επεξηγήσεις και συμβολισμοί.

- **HDD:** Βαθμομέρες θέρμανσης όπως υπολογίζονταν μέχρι σήμερα, με την εξωτερική θερμοκρασία, με γκρι χρώμα και μαύρο περίγραμμα.
- **HDD/heat index:** Διορθωμένες βαθμομέρες θέρμανσης με τον δείκτη θερμότητας – δυσφορίας, δηλαδή όπου εξωτερική θερμοκρασία την θερμοκρασία που υπολογίσαμε με τον δείκτη, με μπορντό χρώμα.
- **HDD/chill index:** Διορθωμένες βαθμομέρες θέρμανσης με τον δείκτη ανέμου – ψύχους, δηλαδή όπου εξωτερική θερμοκρασία την θερμοκρασία που υπολογίσαμε με τον δείκτη, με κόκκινο χρώμα.
- **CDD:** Βαθμομέρες ψύξης όπως υπολογίζονταν μέχρι σήμερα, με την εξωτερική θερμοκρασία, με γκρι χρώμα.
- **CDD/heat index:** Διορθωμένες βαθμομέρες ψύξης με τον δείκτη θερμότητας – δυσφορίας, δηλαδή όπου εξωτερική θερμοκρασία την θερμοκρασία που υπολογίσαμε με τον δείκτη, με σκούρο μπλε χρώμα
- **CDD/chill index:** Διορθωμένες βαθμομέρες ψύξης με τον δείκτη ανέμου – ψύχους, δηλαδή όπου εξωτερική θερμοκρασία την θερμοκρασία που υπολογίσαμε με τον δείκτη, με γαλάζιο χρώμα.
- **Υπολογισμός βαθμομερών θέρμανσης:** Θερμοκρασία Βάσης – Εξωτερική Θερμοκρασία.
- **Υπολογισμός βαθμομερών ψύξης:** Εξωτερική Θερμοκρασία - Θερμοκρασία Βάσης

Στους πίνακες και τα διαγράμματα που θα ακολουθήσουν παρουσιάζονται δεδομένα χρονικής περιόδου 7/11/19 - 15/11/23 με βάση τον μετεωρολογικό σταθμό στην

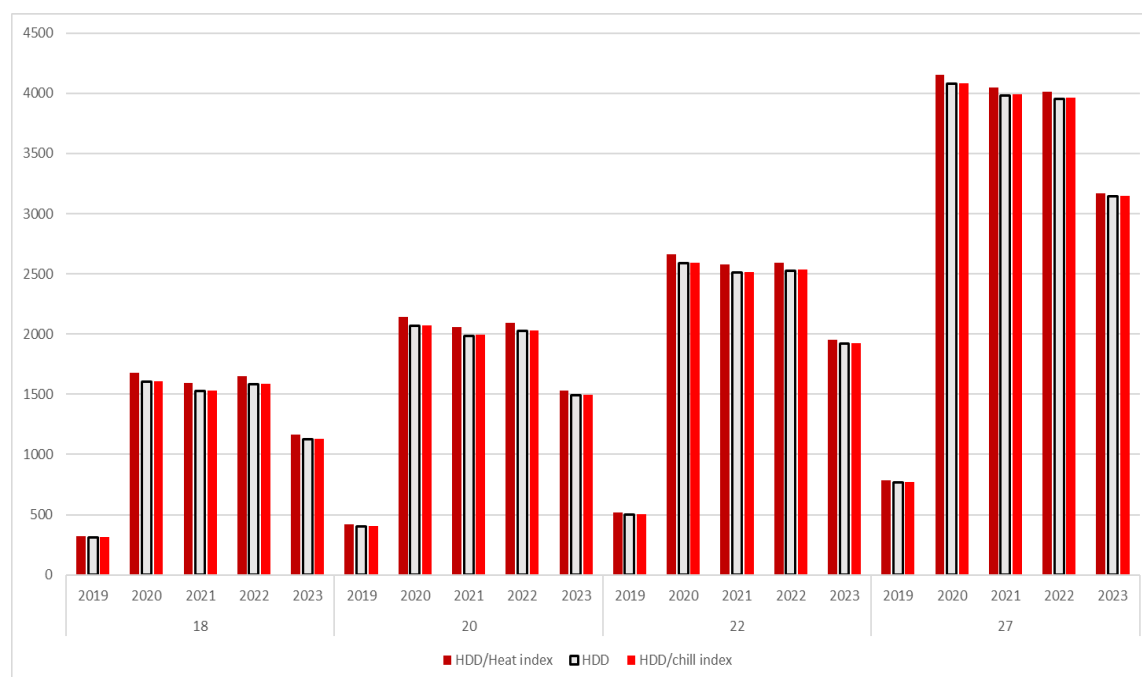
Ήπειρο στη περιοχή Γκορίτσα, ορεινό χωριό Ηπείρου και δεδομένα χρονικής περιόδου 21/12/2020 - 8/2/2023 με βάση τον μετεωρολογικό σταθμό στην Αττική, στην περιοχή της Μάνδρας.

Στον πίνακα 4.3 παρουσιάζονται οι βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης με τις εκάστοτε διορθώσεις με δείκτη θερμότητας – δυσφορίας (heat index) και δείκτη ανέμου – ψύχους (chill index) ανά έτος και με αλλαγή της θερμοκρασίας βάσης, για περιοχή της Γκορίτσας (στο παράρτημα υπάρχει ένας αντίστοιχος πίνακας Π1 με θερμοκρασίες βάσης από 15°C έως 18°C, 20°C έως 22°C, 25°C και 27°C για παρατήρηση της αλλαγής των βαθμοημερών μεταβάλλοντας ελάχιστα την θερμοκρασία βάσης. Παρακάτω επιλέχθηκαν οι θερμοκρασίες με την μεγαλύτερη εμφανή μεταβολή). Τα δεδομένα για τις χρονολογίες 2019 και 2023 δεν ήταν του ίδιου μεγέθους με των χρονολογιών 2020, 2021 και 2022 γι' αυτό παρατηρούνται οι μειωμένες τιμές, κατά πολύ το 2019 και λιγότερο για το 2023.

Πίνακας 4.3: - Γκορίτσα - Διορθωμένες και μη βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης ανά έτος με θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C

ΒΑΘΜΟΗΜΕΡΕΣ							
Θερμοκρασία Βάσης		HDD/Heat index	HDD	HDD/chill index	CDD/Heat index	CDD	CDD/chill index
18	2019	325	311	313	18	20	20
	2020	1680	1608	1611	1141	1036	1036
	2021	1595	1526	1532	1181	1055	1055
	2022	1653	1583	1589	1343	1175	1175
	2023	1164	1127	1131	1297	1106	1106
Σύνολο		6417	6154	6176	4980	4391	4391
20	2019	419	404	405	6	7	7
	2020	2142	2069	2072	872	765	765
	2021	2058	1988	1994	914	787	787
	2022	2095	2025	2031	1054	887	887
	2023	1527	1494	1499	1023	836	836
Σύνολο		8241	7980	8002	3870	3282	3282
22	2019	520	504	506	1	2	2
	2020	2664	2591	2594	661	555	555
	2021	2579	2509	2516	705	578	578
	2022	2595	2529	2535	825	661	661
	2023	1950	1922	1926	809	626	626
Σύνολο		10308	10054	10076	3002	2422	2422
27	2019	784	768	769	0	0	0
	2020	4150	4079	4082	318	214	214
	2021	4050	3982	3989	351	226	226
	2022	4016	3954	3960	420	261	261
	2023	3166	3144	3149	433	256	256
Σύνολο		16166	15928	15950	1522	958	958

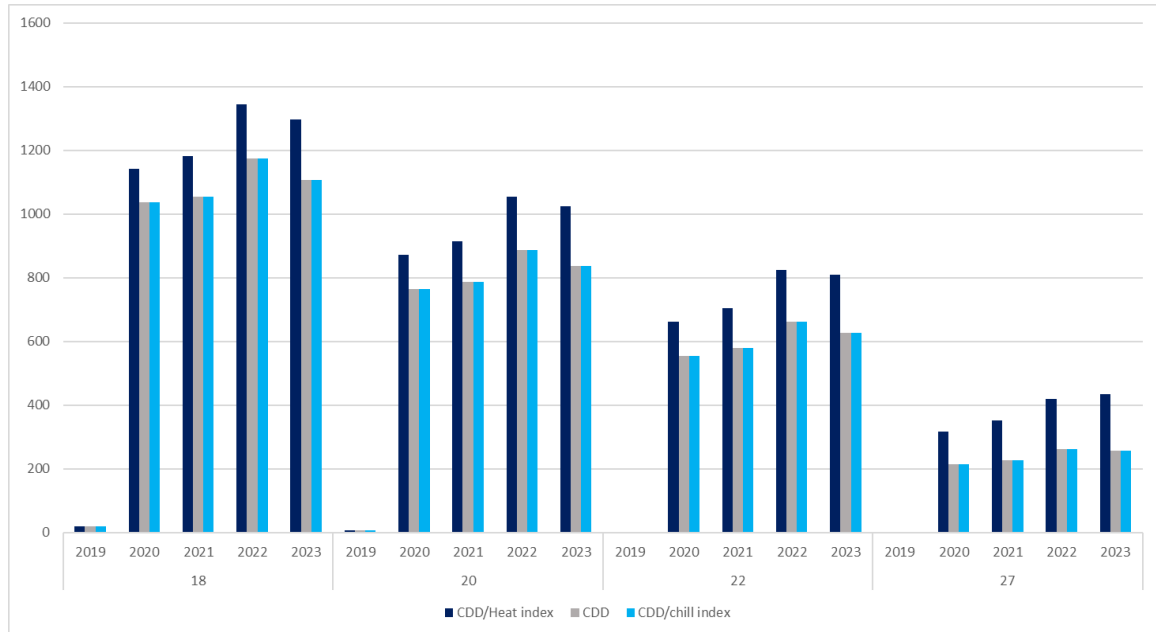
Στο διάγραμμα 4.1 αποτυπώνεται γραφικά ο συγκεντρωτικός πίνακας 4.3 των βαθμομερών θέρμανσης, διορθωμένων ή μη, για όλα τα έτη αλλά και για όλες τις θερμοκρασίες βάσης που μελετάμε (18°C, 20°C, 22°C, 27°C).



Διάγραμμα 4.1: - Γκορίτσα - Συγκεντρωτικό διάγραμμα βαθμομερών θέρμανσης όλων των ετών μελέτης (2019-2023) με θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C

Στο διάγραμμα 4.1 παρατηρείται πως όσο αυξάνεται η θερμοκρασία βάσης τόσο αυξάνονται και οι βαθμομέρες θέρμανσης με όλες τις μεθόδους και σταδιακά σε όλα τα έτη. Ο λόγος που παρατηρείται η αύξηση αυτή είναι διότι όσο μεγαλώνει η θερμοκρασία βάσης τόσο περισσότερα στοιχεία θα είναι μικρότερα από αυτήν.

Το διάγραμμα 4.2 αποτελεί την συγκεντρωτική απεικόνιση του πίνακα 4.3 των βαθμομερών ψύξης με ή χωρίς τις εκάστοτε διορθώσεις των δεικτών, ανά έτος και ανά θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C.



Διάγραμμα 4.2 : - Γκορίτσα - Συγκεντρωτικό διάγραμμα βαθμομερών ψύξης όλων των ετών μελέτης (2019-2023) με θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C

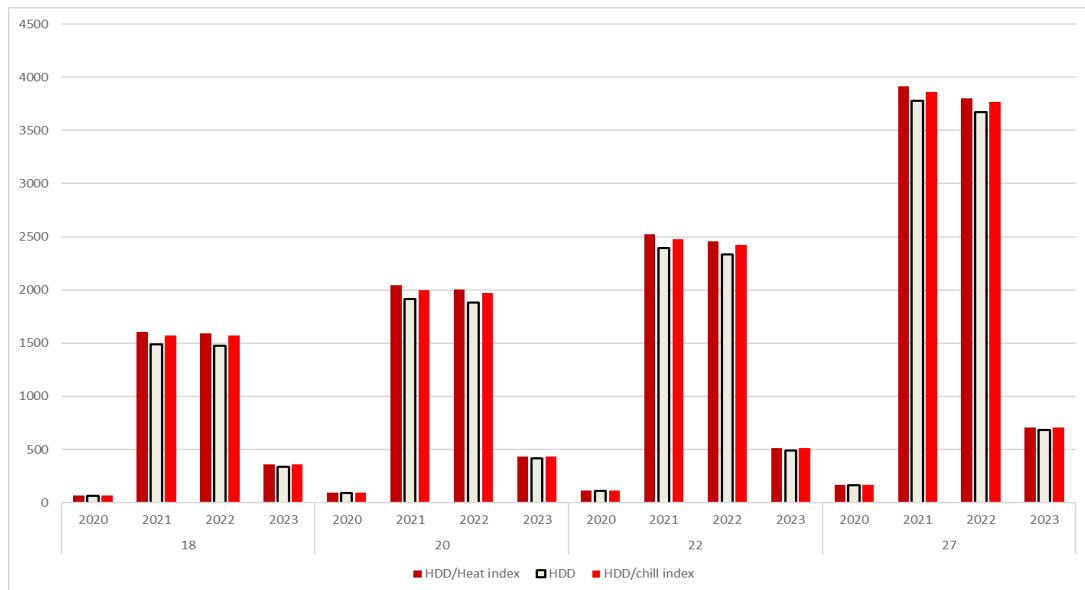
Στο διάγραμμα 4.2 παρατηρείται η αντίθετη μεταβολή των βαθμομερών θέρμανσης. Δηλαδή όσο αυξάνεται η θερμοκρασία βάσης τόσο μειώνονται και οι βαθμομέρες ψύξης σε όλα τα έτη, ανεξαρτήτως μεθόδου υπολογισμού. Αυτό συμβαίνει διότι όσο μεγαλώνει η θερμοκρασία βάσης τόσα θα μειώνεται ο αριθμός των στοιχείων που θα είναι μεγαλύτερος από αυτήν.

Στον πίνακα 4.4 φαίνονται οι βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης με ή χωρίς τις διορθώσεις των δεικτών ανά έτος και με θερμοκρασίες βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C για την περιοχή της Μάνδρας. Οι χρονοσειρές των ετών 2020 και 2023 περιλαμβάνουν μικρό αριθμό δεδομένων, ειδικότερα έχει μόνο χειμερινών μηνών, γι'αυτό υπάρχει η αισθητή αριθμητική διαφορά σε σχέση με τα άλλα έτη και μηδενική στις βαθμομέρες ψύξης.

Πίνακας 4.4: - Μάνδρα - Διορθωμένες και μη βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης ανά έτος με θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C

		ΒΑΘΜΟΗΜΕΡΕΣ					
Θερμοκρασία Βάσης		HDD/Heat index	HDD	HDD/chill index	CDD/Heat index	CDD	CDD/chill index
18	2020	70	66	69	0	0	0
	2021	1607	1487	1571	1243	1285	1285
	2022	1591	1476	1570	1298	1335	1335
	2023	360	340	357	0	1	1
Σύνολο		3627	3368	3567	2542	2622	2622
20	2020	91	87	91	0	0	0
	2021	2042	1916	2000	949	984	984
	2022	2001	1880	1974	978	1009	1009
	2023	436	416	433	0	0	0
Σύνολο		4571	4299	4498	1926	1994	1994
22	2020	113	109	113	0	0	0
	2021	2524	2394	2478	701	732	732
	2022	2458	2333	2427	704	732	732
	2023	513	493	511	0	0	0
Σύνολο		5609	5330	5528	1405	1465	1465
27	2020	168	164	168	0	0	0
	2021	3914	3778	3862	266	291	291
	2022	3805	3674	3768	226	249	249
	2023	706	686	703	0	0	0
Σύνολο		8593	8302	8500	492	539	539

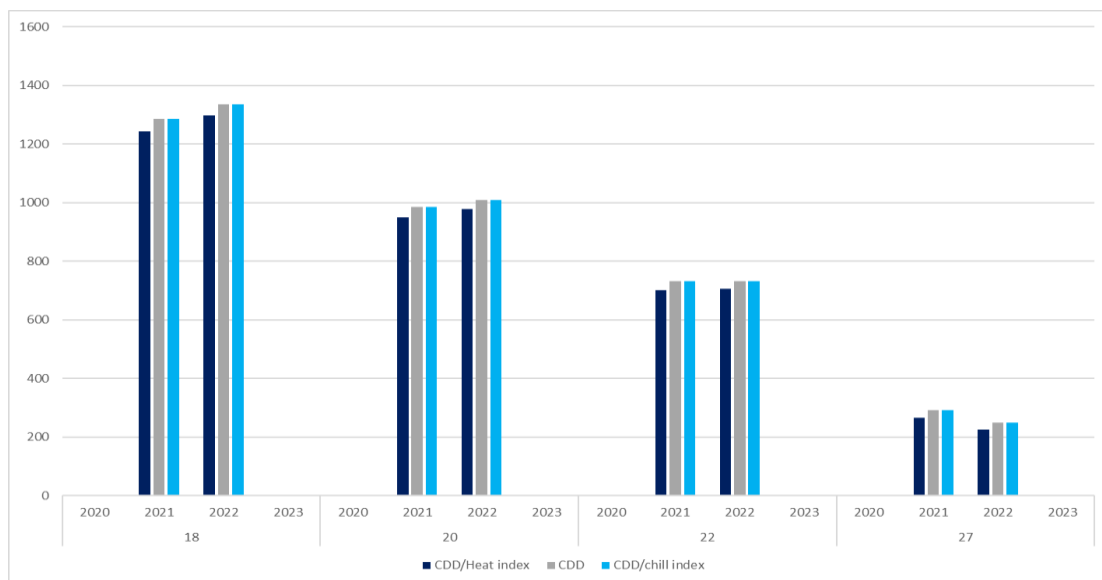
Στο διάγραμμα 4.3 αποτυπώνεται γραφικά ο συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων 4.4 των βαθμοημερών θέρμανσης, διορθωμένων ή μη, για όλα τα έτη αλλά και για όλες τις θερμοκρασίες βάσης που μελετάμε (18°C, 20°C, 22°C, 27°C) για την περιοχή της Μάνδρας.



Διάγραμμα 4.3: - Μάνδρα - Συγκεντρωτικό διάγραμμα βαθμομερών θέρμανσης όλων των ετών μελέτης (2019-2023) με θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C

Όπως και στην περιοχή της Γκορίτσας, έτσι και εδώ η αύξηση της θερμοκρασίας βάσης επιφέρει και αύξηση των βαθμομερών θέρμανσης για τον ίδιο λόγο.

Το διάγραμμα 4.4 αποτελεί αντίστοιχα την συγκεντρωτική απεικόνιση του πίνακα 4.4 των βαθμομερών ψύξης με ή χωρίς τις εκάστοτε διορθώσεις των δεικτών, ανά έτος και ανά θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C.

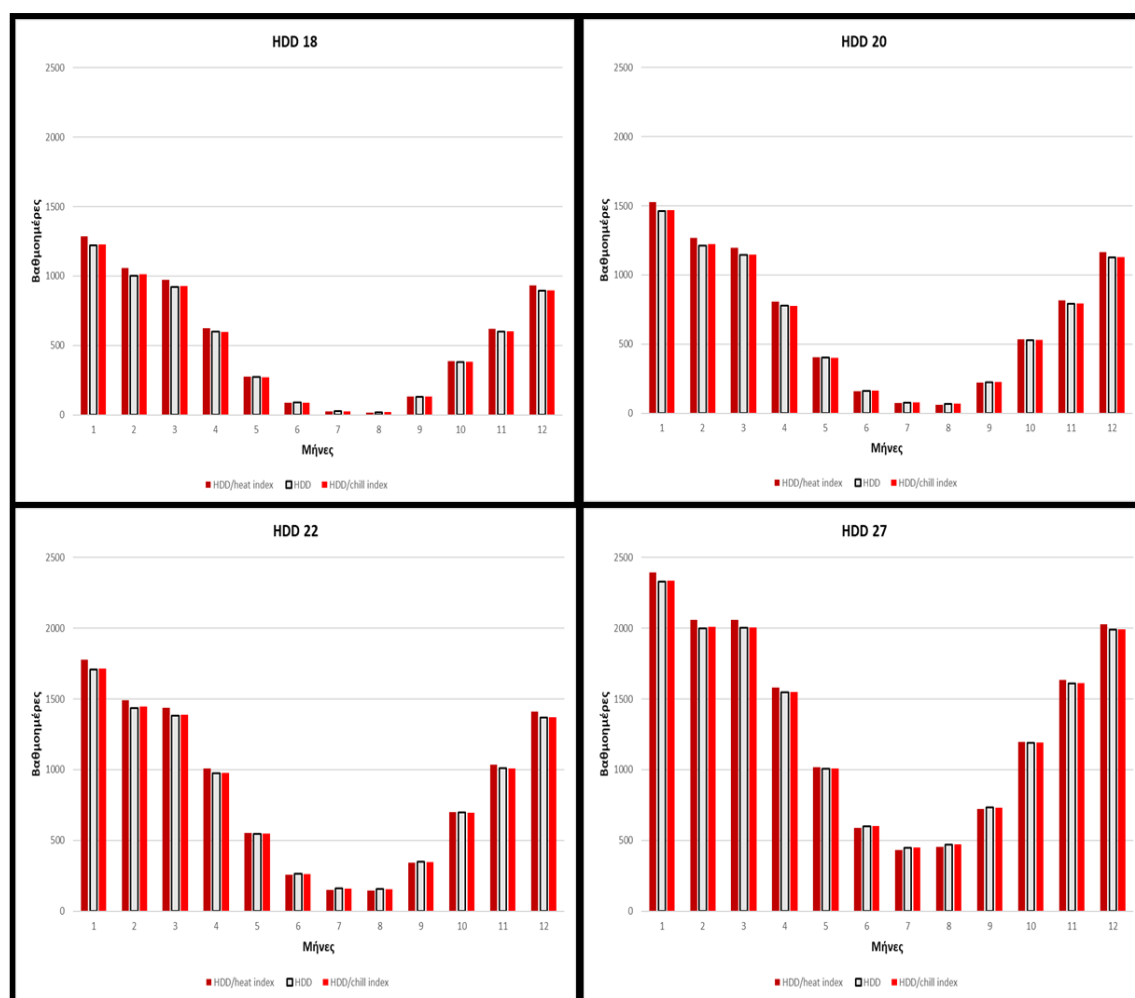


Διάγραμμα 4.4: - Μάνδρα - Συγκεντρωτικό διάγραμμα βαθμομερών ψύξης όλων των ετών μελέτης (2019-2023) με θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C

Όμοια με το διάγραμμα 4.2 έτσι και στο 4.4 παρατηρείται η μείωση των βαθμομερών ψύξης, ανά έτος, όσο αυξάνεται η θερμοκρασία βάσης για τον ίδιο λόγο.

4.4 Παρουσίαση Υπολογισμών Βαθμοημερών ανά μήνα για Γκορίτσα και Μάνδρα

Στα διαγράμματα 4.5 και 4.6 βλέπουμε τις μεταβολές των βαθμοημερών θέρμανσης και ψύξης αντίστοιχα ανά μήνα, από ωριαία δεδομένα, της περιοχής Γκορίτσα, ανάλογα την θερμοκρασία βάσης. Τα διαγράμματα αυτά βασίστηκαν στους πίνακες Π2 έως Π5 που βρίσκονται στο παράρτημα. Παρατηρείται πως όσο αυξάνεται η θερμοκρασία βάσης τόσο αυξάνονται και οι βαθμομέρες θέρμανσης και τόσο μειώνονται οι βαθμομέρες ψύξης. Για μια πιο ενδελεχή εξέταση ακολουθούν οι σχολιασμοί κάτω από τα διαγράμματα 4.5 και 4.6 ξεχωριστά.

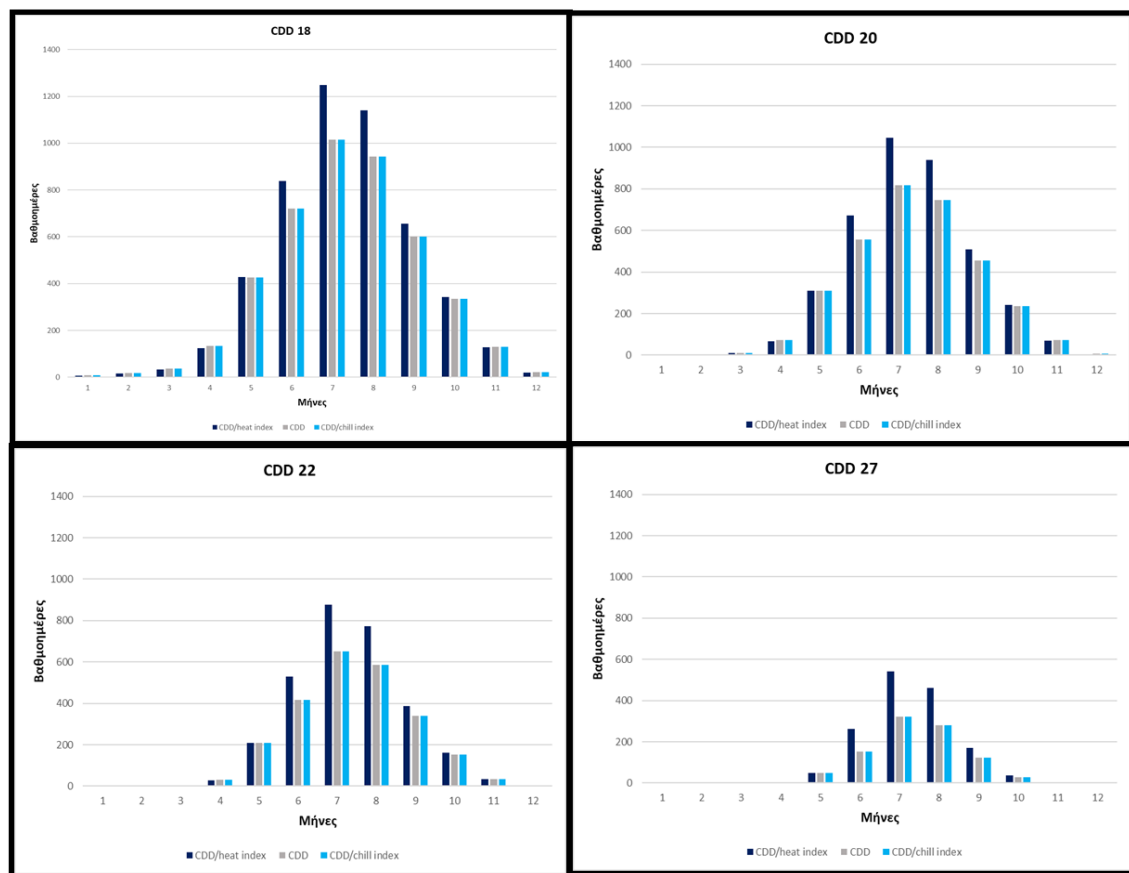


Διάγραμμα 4.5: - Γκορίτσα - Διορθωμένες και μη βαθμομέρες θέρμανσης ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C.

Στο διάγραμμα 4.5 παρουσιάζονται γραφικά οι μεταβολές ανά μήνα των βαθμοημερών θέρμανσης στην Γκορίτσα με βάση τις τρεις προσεγγίσεις για θερμοκρασίες βάσης 18°C έως 27°C. Στους χειμερινούς μήνες η διόρθωση με heat

index χρονοσειρά δίνει περισσότερες βαθμομέρες, ενώ στους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστος και Σεπτέμβριο δίνει λιγότερες. Αυτό συμβαίνει διότι στις πρωινές ώρες των θερινών μηνών (4:00-7:00) παρατηρούνται χαμηλές θερμοκρασίες (13°C-15°C) και πολύ μεγάλα ποσοστά υγρασίας (94,5%-100%) που αυτό οδηγεί σε αύξηση την αισθητής θερμοκρασίας, μειώνοντας έτσι την διαφορά της με την θερμοκρασία βάσης. Μετά το πέρας της καλοκαιρινής περιόδου όμως επανέρχεται σταδιακά σε βαθμομέρες περισσότερες από ότι της κλασικής μεθόδου. Όσον αφορά την διόρθωση με τον chill index οι μισοί μήνες δίνουν ακριβώς το ίδιο αποτέλεσμα και οι υπόλοιποι μισοί δίνουν περισσότερες βαθμομέρες καθώς υπάρχουν 318 στοιχεία με θερμοκρασίες πολύ χαμηλές (2°C-9.5°C) και ταχύτητα ανέμου πάνω από 4,8 km/hr που οδηγεί σε μείωση της αισθητής θερμοκρασίας, μέχρι και πάνω από 1°C, άρα και σε αύξηση της διαφοράς της με την θερμοκρασία βάσης. Οι ισότητες παρατηρούνται σε μήνες υψηλών θερμοκρασιών (Μάιος – Οκτώβριος) πράγμα που σημαίνει πως δεν υπάρχει διορθωμένο στοιχείο chill index μέσα σε αυτούς τους μήνες και έχει υπολογιστεί με την αρχική εξωτερική θερμοκρασία.

Το διάγραμμα 4.6 παρουσιάζει τα ίδια δεδομένα με το διάγραμμα 4.5 μόνο που οι βαθμομέρες αναφέρονται στις βαθμομέρες ψύξης.



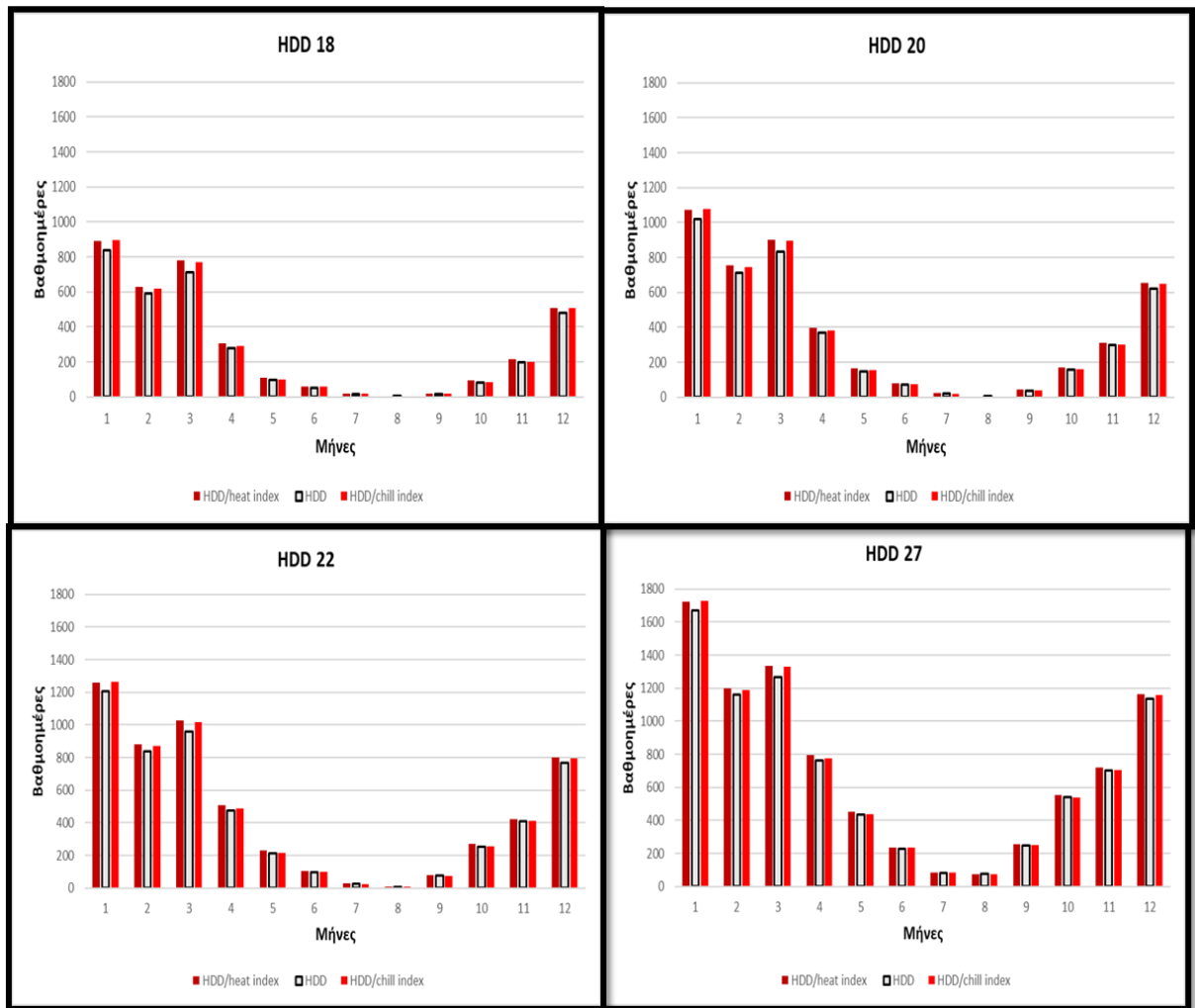
Διάγραμμα 4.6: - Γκορίτσα - Διορθωμένες και μη βαθμομέρες ψύξης ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C.

Για τις θερμοκρασίες βάσης 18°C μέχρι 22°C στην διόρθωση με heat index οι μήνες από Μάιο μέχρι Οκτώβριο δίνουν περισσότερες βαθμομέρες και αυτό συμβαίνει γιατί έχει σημειωθεί αύξηση της αισθητής θερμοκρασίας λόγω των συνδυασμών: πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (13°C-15°C) με πάρα πολύ υγρασία (94,5%-100%) ή υψηλές θερμοκρασίες (25°C-35°C) με πολύ υγρασία (60%-100%). Η αύξηση αυτή συνεπάγεται και αύξηση της διαφοράς της με την θερμοκρασία βάσης. Για την θερμοκρασία βάσης 27°C στην διόρθωση με heat index οι μήνες από Μάιο μέχρι Νοέμβριο δίνουν περισσότερες βαθμομέρες για τον ίδιο λόγο. Όσον αφορά την διόρθωση με τον chill index υπάρχει η απόλυτη ταύτιση το οποίο ήταν αναμενόμενο καθώς οι βαθμομέρες ψύξης υπολογίζονται όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι πάνω από την θερμοκρασία βάσης (εδώ 18°C) και ο chill index έχει αποδέκτες τιμές θερμοκρασίας μέχρι 10°C (μικρότερο από 18°C), θερμοκρασίες δηλαδή που είναι πάντα μικρότερες αυτής της βάσης. Η τελευταία πρόταση αφορά όλες τις θερμοκρασίες βάσης, γι' αυτό τον λόγο δεν θα γίνει κάποια επιπλέον αναφορά για τις βαθμώρες ψύξης με διόρθωση τον δείκτη ανέμου – ψύχους (chill index).

Παρατηρείται πως για θερμοκρασία βάσης 20°C και μεγαλύτερες τους χειμερινούς μήνες οι βαθμομέρες είναι μηδέν (0) ή πολύ λίγες, το οποίο είναι εύλογο καθώς η θερμοκρασία τον χειμώνα κυμαίνεται γύρω από το 20°C ή και χαμηλότερα.

Στην συνέχεια παρατίθενται τα ανάλογα με πριν διαγράμματα, αλλά για την περιοχή της Μάνδρας όπου οι αναλυτικοί πίνακες Π6 έως Π9 παρατίθενται στο παράρτημα. Στα διαγράμματα 4.7 και 4.8 επίσης παρατηρείται πως όσο αυξάνεται η θερμοκρασία βάσης τόσο αυξάνονται οι βαθμομέρες θέρμανσης και τόσο μειώνονται οι βαθμομέρες ψύξης. Ακολουθούν επεξηγήσεις κάτω από κάθε διάγραμμα.

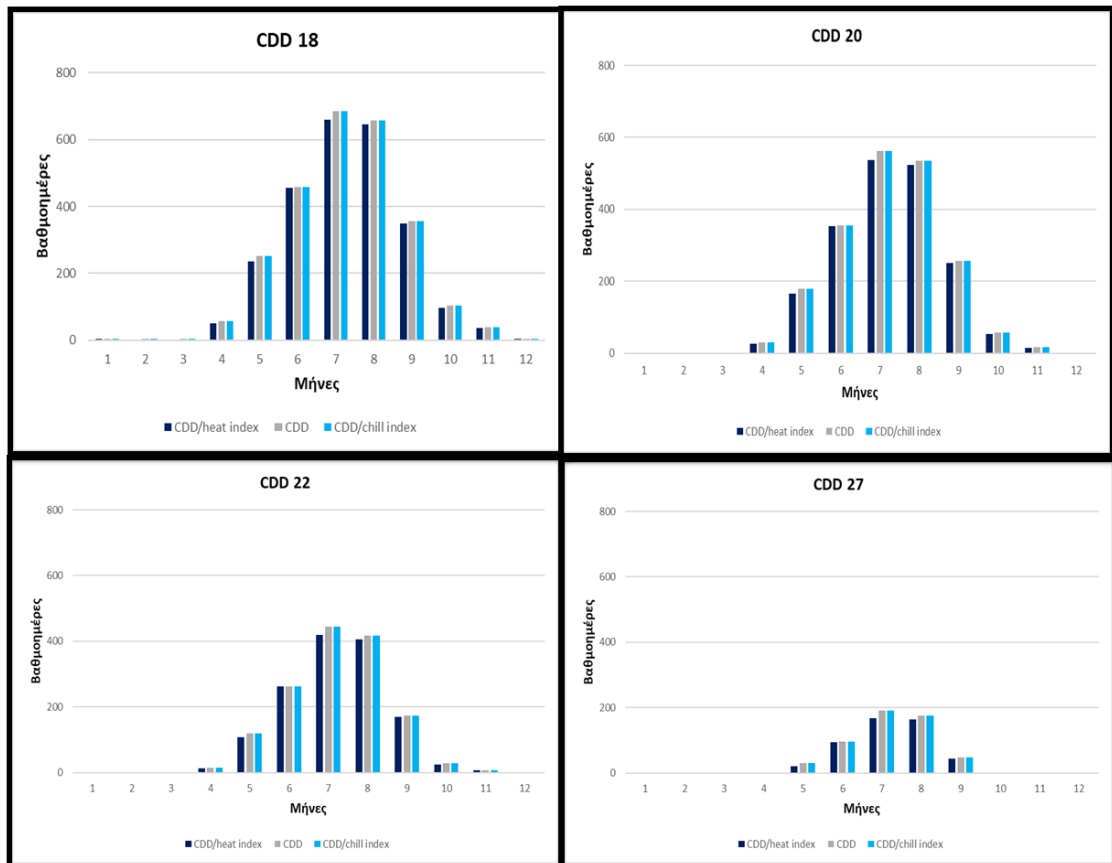
Στο διάγραμμα 4.7 παρουσιάζονται γραφικά οι μεταβολές ανάλογα με τον μήνα και την θερμοκρασία βάσης των βαθμομερών θέρμανση στην Μάνδρα.



Διάγραμμα 4.7: - Μάνδρα - Διορθωμένες και μη βαθμοημέρες θέρμανσης ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C.

Παρατηρείται πως για όλες τις θερμοκρασίες βάσης που μελετώνται διατηρείται στους χειμερινούς και θερινούς μήνες η αύξηση διορθωμένων, με heat index, βαθμοημερών θέρμανσης σε σχέση με τις μη διορθωμένες. Όσον αφορά την διόρθωση με τον chill index εξίσου οι βαθμοημέρες είναι λίγο περισσότερες και σε κάποιους μήνες ίσες. Η ισότητα παρατηρείται για θερμοκρασία βάσης 18°C στους μήνες Σεπτέμβριο και Οκτώβριο, για θερμοκρασία βάσης 20°C και 22°C, στους μήνες Αύγουστο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο και για θερμοκρασία βάσης 27°C, στους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο.

Το διάγραμμα 4.8 παρουσιάζει τα ίδια δεδομένα με το διάγραμμα 4.7 μόνο που οι βαθμοημέρες αναφέρονται στις βαθμοημέρες ψύξης.



Διάγραμμα 4.8: - Μάνδρα - Διορθωμένες και μη βαθμοημέρες ψύξης ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C.

Σε αντίθεση με την περιοχή της Γκορίτσας οι βαθμοημέρες ψύξης με διόρθωση heat index δίνουν πάντα λιγότερες βαθμοημέρες από τις μη διορθωμένες. Στην διόρθωση με chill index υπάρχει η απόλυτη ταύτιση για την οποία δόθηκε εκτενής εξήγηση στην περιοχή της Γκορίτσας στο διάγραμμα 4.6. Τέλος, για θερμοκρασία βάσης 20°C και μεγαλύτερες τους χειμερινούς μήνες η βαθμώρες είναι μηδέν (0) ή πολύ λίγες, το οποίο είναι εύλογο καθώς η θερμοκρασία τον χειμώνα κυμαίνεται γύρω από το 20°C ή και χαμηλότερα.

4.5 Σύγκριση αποτελεσμάτων Ωριαίων και Ημερήσιων Χρονοσειρών για Γκορίτσα και Μάνδρα

Οι συμβολισμοί για κατανόηση των πινάκων, διαγραμμάτων και σχολιασμών που ακολουθούν παρουσιάζονται στη συνέχεια.

- **HDD:** Βαθμοημέρες θέρμανσης όπως υπολογίζονταν μέχρι σήμερα, με την εξωτερική θερμοκρασία, με γκρι χρώμα και μαύρο περίγραμμα.
- **HDD/heat index:** Διορθωμένες βαθμοημέρες θέρμανσης με τον δείκτη θερμότητας – δυσφορίας, δηλαδή όπου εξωτερική θερμοκρασία την θερμοκρασία που υπολογίσαμε με τον δείκτη, με μπορντό χρώμα.
- **HDD/chill index:** Διορθωμένες βαθμοημέρες θέρμανσης με τον δείκτη ανέμου – ψύχους, δηλαδή όπου εξωτερική θερμοκρασία την θερμοκρασία που υπολογίσαμε με τον δείκτη, με κόκκινο χρώμα.
- **CDD:** Βαθμοημέρες ψύξης όπως υπολογίζονταν μέχρι σήμερα, με την εξωτερική θερμοκρασία, με γκρι χρώμα.
- **CDD/heat index:** Διορθωμένες βαθμοημέρες ψύξης με τον δείκτη θερμότητας – δυσφορίας, δηλαδή όπου εξωτερική θερμοκρασία την θερμοκρασία που υπολογίσαμε με τον δείκτη, με σκούρο μπλε χρώμα
- **CDD/chill index:** Διορθωμένες βαθμοημέρες ψύξης με τον δείκτη ανέμου – ψύχους, δηλαδή όπου εξωτερική θερμοκρασία την θερμοκρασία που υπολογίσαμε με τον δείκτη, με γαλάζιο χρώμα.
- **HDD(H):** Βαθμοημέρες θέρμανσης με ωριαία χρονοσειρά
- **HDD(D):** Βαθμοημέρες θέρμανσης με ημερήσια χρονοσειρά
- **CDD(H):** Βαθμοημέρες ψύξης με ωριαία χρονοσειρά
- **CDD(D):** Βαθμοημέρες ψύξης με ημερήσια χρονοσειρά

Επίσης στους σχολιασμούς των παρακάτω διαγραμμάτων θα αναφερθούν οι παρακάτω προτάσεις:

- A. Ο CDD/heat index υπολογίζει περισσότερες ή λιγότερες βαθμοημέρες σε σχέση με τις CDD/chill index και CDD
- B. Ο HDD/heat index υπολογίζει περισσότερες ή λιγότερες βαθμοημέρες σε σχέση με τις HDD/chill index και HDD

Η αιτιολόγηση των προτάσεων αυτών αναφέρεται παρακάτω για καλύτερη κατανόηση των σχολιασμών που θα ακολουθήσουν στα διαγράμματα:

- Όταν CDD/heat index υπολογίζει παραπάνω βαθμομέρες, σε σχέση με τις CDD/chill index και CDD, συμβαίνει διότι η θερμοκρασία έχει αυξηθεί λόγω μέτρου με υψηλού ποσοστού υγρασίας.
- Όταν CDD/heat index υπολογίζει λιγότερες βαθμομέρες, σε σχέση με τις CDD/chill index και CDD, συμβαίνει διότι η θερμοκρασία έχει μειωθεί λόγω χαμηλού ποσοστού υγρασίας.
- Όταν HDD/heat index υπολογίζει παραπάνω βαθμομέρες, σε σχέση με τις HDD/chill index και HDD, συμβαίνει διότι η θερμοκρασία έχει μειωθεί λόγω χαμηλού ποσοστού υγρασίας.
- Όταν HDD/heat index υπολογίζει λιγότερες βαθμομέρες, σε σχέση με τις HDD/chill index και HDD, συμβαίνει διότι η θερμοκρασία έχει αυξηθεί λόγω μέτρου με υψηλού ποσοστού υγρασίας.

Η σύγκριση που παρουσιάζεται παρακάτω γίνεται ενδεικτικά με τα δεδομένα χρονικής περιόδου 9/11/19 – 15/11/23 της περιοχής Γκορίτσας και με θερμοκρασίες βάσης 18°C, 20°C, 22°C και 27°C. Στους παρακάτω πίνακες 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 φαίνεται το υπολογιστικό φύλλο του excel που χρησιμοποιήθηκε για να φτιαχτούν όλα τα υπόλοιπα διαγράμματα που θα ακολουθήσουν. Ο πίνακας έχει λάβει υπόψη τα δεδομένα των βαθμομερών που υπολογιστήκαν παραπάνω και τα έχει υπολογίσει ανά μήνα χρησιμοποιώντας την εντολή SUMIF. Δηλαδή ζητάμε να αθροίσει όλα τα δεδομένα, έστω της στήλης των βαθμομερών θέρμανσης με την εξωτερική θερμοκρασία, αν είναι του μήνα Ιανουαρίου ή Φεβρουαρίου και ούτω καθεξής. Αυτό έγινε και για τα ημερήσια δεδομένα, που χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Μέσων Ημερήσιων Βαθμομερών και για τα ωριαία, που χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Μέσων Βαθμομερών. Τέλος, δημιουργούμε τις διαφορές (κόκκινο χρώμα) για να γίνει η σύγκριση.

Πίνακας 4.5: - Γκορίτσα - Σύγκριση Μεθόδου Μέσων Ημερήσιων Θερμοκρασιών με Μέσων Βαθμωρών για θερμοκρασία βάσης 18°C.

HOUR TO DAY							
limit	18						
		HDD	HDD/Heat index	HDD/chill index	CDD	CDD/Heat index	CDD/chill index
2976	1	1223	1287	1228	8	7	8
2712	2	1002	1056	1011	19	15	19
2976	3	923	973	927	38	32	38
2880	4	598	626	599	133	125	133
2976	5	271	276	271	427	427	427
2880	6	88	87	88	720	839	720
2976	7	27	25	27	1015	1248	1015
2976	8	18	16	18	943	1141	943
2880	9	130	130	130	601	656	601
2976	10	380	387	380	334	342	334
3036	11	599	620	600	130	127	130
2976	12	894	933	898	22	20	22
35220		6154	6417	6176	4391	4980	4391
DAY							
limit	18						
		HDD	HDD/Heat index	HDD/chill index	CDD	CDD/Heat index	CDD/chill index
124	1	1197	1262	1202	0	0	0
113	2	993	1051	1006	0	0	0
124	3	900	956	906	0	0	0
120	4	490	525	490	8	7	8
124	5	58	64	58	210	209	210
120	6	4	5	4	612	661	612
124	7	0	0	0	986	1143	986
124	8	0	0	0	936	1041	936
120	9	9	11	9	492	512	492
124	10	154	162	154	131	135	131
127	11	488	511	488	29	29	29
124	12	856	895	860	2	2	2
1468		5150	5442	5178	3407	3740	3407
	ΔΙΑΦΟΡΑ	1004	975	998	984	1241	984

Πίνακας 4.6: - Γκορίτσα - Σύγκριση Μεθόδου Μέσων Ημερήσιων Θερμοκρασιών με Μέσων Βαθμωρών για θερμοκρασία βάσης 20°C.

HOUR TO DAY							
limit	20						
		HDD	HDD/Heat index	HDD/chill index	CDD	CDD/Heat index	CDD/chill index
2976	1	1464	1529	1469	1	1	1
2712	2	1213	1269	1222	3	3	3
2976	3	1144	1198	1148	11	9	11
2880	4	776	807	777	71	66	71
2976	5	401	406	401	309	309	309
2880	6	163	159	163	555	671	555
2976	7	77	72	77	818	1047	818
2976	8	69	62	69	745	939	745
2880	9	226	222	226	456	508	456
2976	10	528	535	528	234	242	234
3036	11	793	815	793	71	70	71
2976	12	1126	1167	1130	6	5	6
35220		7980	8241	8002	3282	3870	3282
DAY							
limit	20						
		HDD	HDD/Heat index	HDD/chill index	CDD	CDD/Heat index	CDD/chill index
124	1	1445	1509	1450	0	0	0
113	2	1219	1277	1232	0	0	0
124	3	1148	1204	1154	0	0	0
120	4	723	759	723	2	1	2
124	5	180	186	180	83	84	83
120	6	21	22	21	389	438	389
124	7	0	0	0	738	895	738
124	8	0	0	0	688	793	688
120	9	36	37	36	279	298	279
124	10	325	331	325	53	56	53
127	11	722	745	722	9	10	9
124	12	1102	1141	1106	0	0	0
1468		6920	7213	6948	2241	2575	2241
	ΔΙΑΦΟΡΑ	1059	1028	1053	1041	1295	1041

Πίνακας 4.7: - Γκορίτσα - Σύγκριση Μεθόδου Μέσων Ημερήσιων Θερμοκρασιών με Μέσων Βαθμωρών για θερμοκρασία βάσης 22°C.

HOUR TO DAY							
limit	22	HDD	HDD/Heat index	HDD/chill index	CDD	CDD/Heat index	CDD/chill index
2976	1	1710	1776	1715	0	0	0
2712	2	1436	1493	1445	0	0	0
2976	3	1383	1438	1387	1	1	1
2880	4	976	1009	976	31	28	31
2976	5	548	554	548	208	209	208
2880	6	264	257	264	416	529	416
2976	7	160	150	160	652	877	652
2976	8	156	144	156	584	773	584
2880	9	348	342	348	339	388	339
2976	10	696	702	696	154	161	154
3036	11	1010	1033	1010	35	35	35
2976	12	1369	1410	1372	1	1	1
35220		10054	10308	10076	2422	3002	2422
DAY							
limit	22	HDD	HDD/Heat index	HDD/chill index	CDD	CDD/Heat index	CDD/chill index
124	1	1693	1757	1698	0	0	0
113	2	1445	1503	1458	0	0	0
124	3	1396	1452	1402	0	0	0
120	4	962	998	962	0	0	0
124	5	374	381	374	30	30	30
120	6	74	72	74	202	249	202
124	7	0	0	0	490	647	490
124	8	0	0	0	440	545	440
120	9	101	98	101	104	119	104
124	10	543	548	543	24	25	24
127	11	970	993	970	3	3	3
124	12	1350	1389	1354	0	0	0
1468		8908	9192	8936	1293	1618	1293
	ΔΙΑΦΟΡΑ	1146	1116	1140	1128	1384	1128

Πίνακας 4.8: - Γκορίτσα - Σύγκριση Μεθόδου Μέσων Ημερήσιων Θερμοκρασιών με Μέσων Βαθμωρών για θερμοκρασία βάσης 27°C.

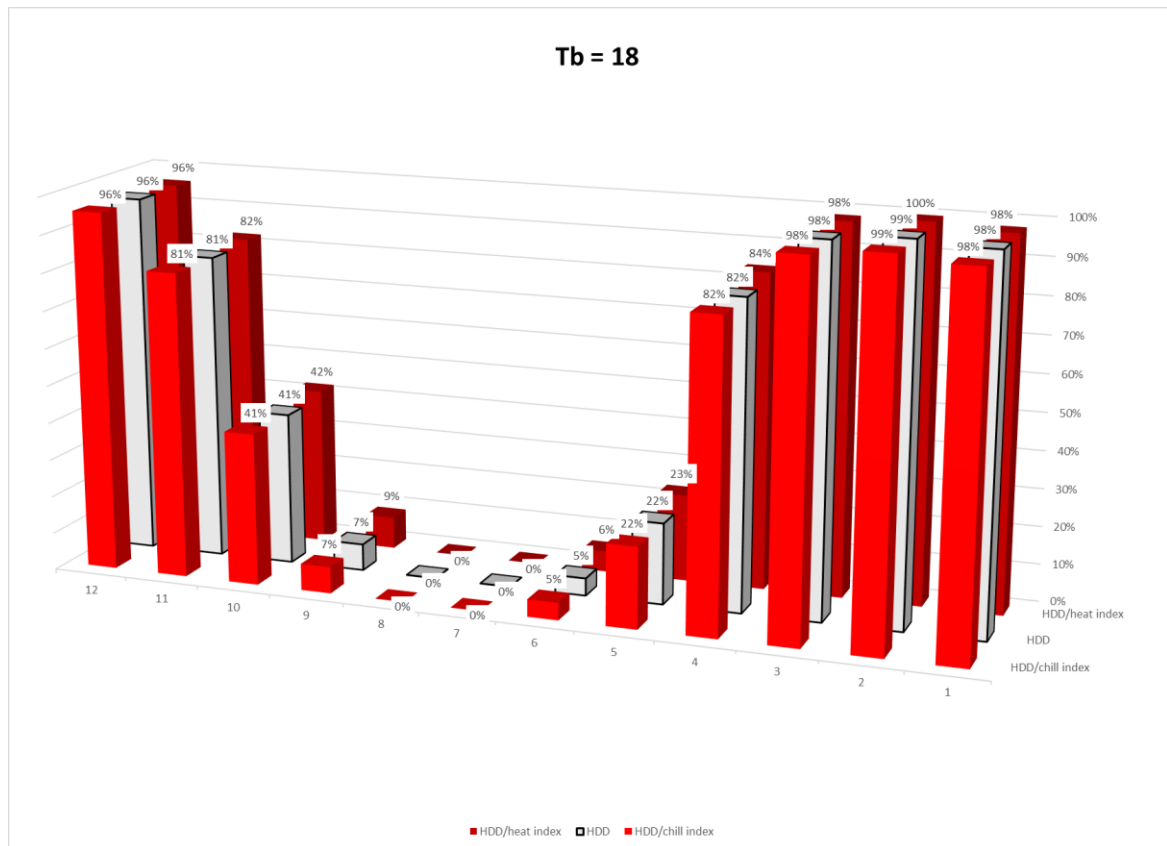
HOUR TO DAY							
limit	27	HDD	HDD/Heat index	HDD/chill index	CDD	CDD/Heat index	CDD/chill index
2976	1	2330	2396	2335	0	0	0
2712	2	2000	2058	2009	0	0	0
2976	3	2001	2057	2005	0	0	0
2880	4	1547	1583	1548	2	2	2
2976	5	1008	1015	1008	48	50	48
2880	6	600	589	600	152	261	152
2976	7	449	434	449	322	541	322
2976	8	470	452	470	279	460	279
2880	9	732	723	732	123	169	123
2976	10	1190	1196	1190	29	35	29
3036	11	1610	1634	1610	3	3	3
2976	12	1988	2030	1992	0	0	0
35220		15928	16166	15950	958	1522	958
DAY							
limit	27	HDD	HDD/Heat index	HDD/chill index	CDD	CDD/Heat index	CDD/chill index
124	1	2313	2377	2318	0	0	0
113	2	2010	2068	2023	0	0	0
124	3	2016	2072	2022	0	0	0
120	4	1562	1598	1562	0	0	0
124	5	965	971	965	0	1	0
120	6	475	456	475	3	32	3
124	7	158	136	158	28	163	28
124	8	187	155	187	7	80	7
120	9	597	581	597	0	2	0
124	10	1140	1144	1140	1	1	1
127	11	1602	1625	1602	0	0	0
124	12	1970	2009	1974	0	0	0
1468		14993	15192	15021	38	278	38
	ΔΙΑΦΟΡΑ	934	973	928	919	1244	919

Για μεγαλύτερη ευκρίνεια θα παρουσιαστούν όλα τα δεδομένα σε διαγράμματα και θα ακολουθήσει επεξήγηση τους. Στα διαγράμματα 4.9 έως 4.16 απεικονίζονται οι βαθμομέρες που προκύπτουν από ημερήσιες χρονοσειρές ως ποσοστό των βαθμομερών που προκύπτουν από ωριαίες χρονοσειρές. Τα δεδομένα αυτά παρουσιάζονται σε μηνιαία κλίμακα και με θερμοκρασίες βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C. Για να παρουσιαστούν τα στοιχεία σε γράφημα πρώτα συγκεντρώθηκαν οι πίνακες ημερήσιων και ωριαίων χρονοσειρών και δημιουργήσαμε έναν νέο πίνακα με τα ποσοστά, ανά μήνα και ανά τύπο βαθμομέρας. Ο πίνακας αυτός έχει την μορφή του πίνακα 4.9 και παρουσιάζεται μόνο για να φανεί η διάταξη του ενδεικτικά για θερμοκρασία βάσης 18°C (είναι ανάλογος για όλες τις θερμοκρασίες βάσης). Για μια πιο αναλυτική επισκόπηση ανατρέξτε στο παράρτημα όπου υπάρχουν οι υπόλοιποι πίνακες Π10 έως Π12 για κάθε θερμοκρασία βάσης.

Πίνακας 4.9: HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) και CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) για θερμοκρασία βάσης 18°C

limit	18					
HDD/Heat index	HDD	HDD/chill index	CDD/Heat index	CDD	CDD/chill index	
98%	98%	98%	4%	5%	5%	
100%	99%	99%	0%	0%	0%	
98%	98%	98%	0%	0%	0%	
84%	82%	82%	6%	6%	6%	
23%	22%	22%	49%	49%	49%	
6%	5%	5%	79%	85%	85%	
0%	0%	0%	92%	97%	97%	
0%	0%	0%	91%	99%	99%	
9%	7%	7%	78%	82%	82%	
42%	41%	41%	40%	39%	39%	
82%	81%	81%	23%	23%	23%	
96%	96%	96%	10%	10%	10%	

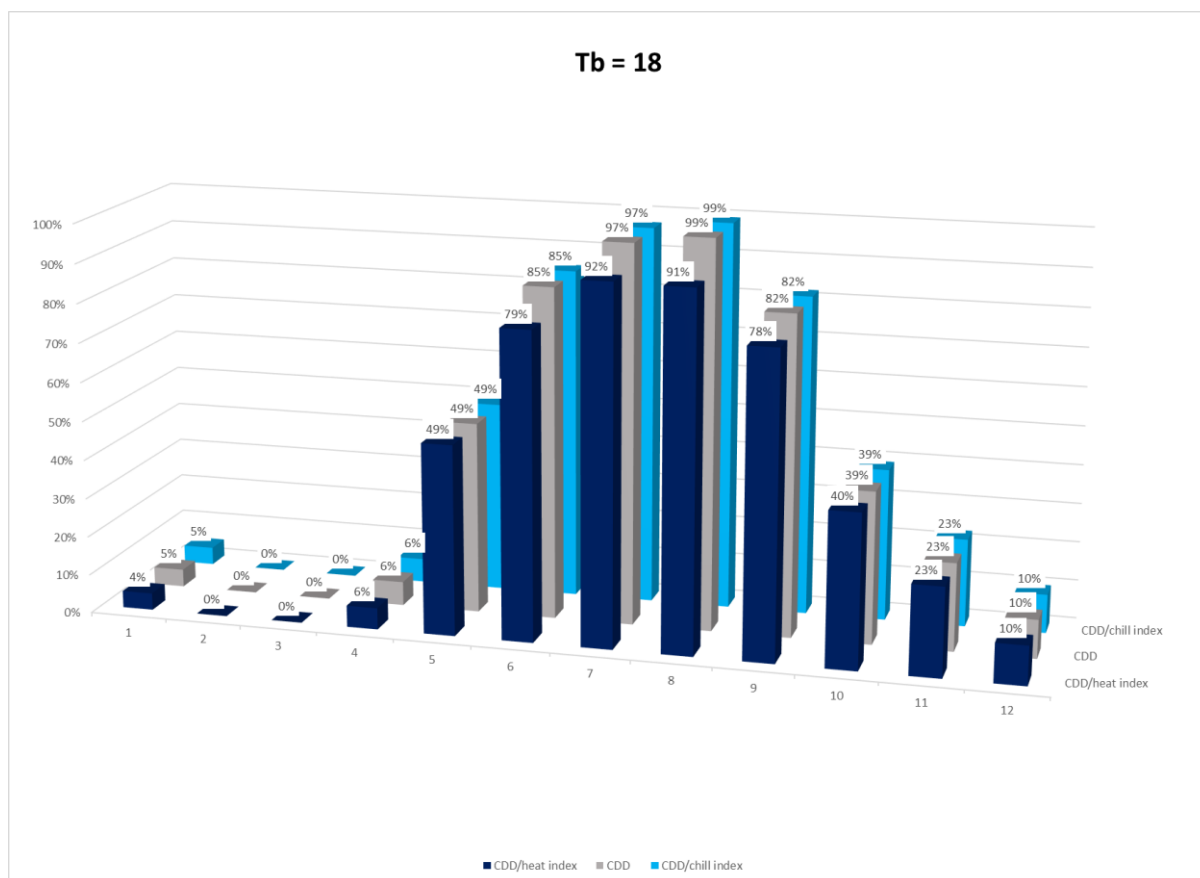
Στο διάγραμμα 4.9 παρουσιάζονται γραφικά οι βαθμομέρες θέρμανσης ημερήσιων δεδομένων ως ποσοστό των ωριαίων χρονοσειρών για θερμοκρασία βάσης 18°C σύμφωνα με τον πίνακα 4.5. Για λόγους ευκρίνειας το διάγραμμα έχει περιστραφεί 200°, ώστε να φαίνονται όλα τα ποσοστά και γι'αυτό οι μήνες στον οριζόντιο άξονα είναι με αντίθετη φορά.



Διάγραμμα 4.9: - Γκορίτσα – HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) βαθμομερών θέρμανσης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 18°C.

Στο διάγραμμα 4.9 αρχικά παρατηρείται πως τα ποσοστά είναι παρόμοιας τάξης μεγέθους για όλες τις βαθμομέρες και αυτό είναι κάτι που ισχύει για όλες τις θερμοκρασίες βάσης. Για παράδειγμα τον Μάιο το ποσοστό των βαθμομερών θέρμανσης είναι 22%, των βαθμομερών θέρμανσης με διόρθωση heat index είναι 23%, των βαθμομερών θέρμανσης με διόρθωση chill index είναι 22%. Σημαντική παρατήρηση αποτελεί το ότι σε πολλούς μήνες το ποσοστό αγγίζει πολύ ψηλά νούμερα, πράγμα που σημαίνει πως η μέθοδος των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών τείνει να συγκλίνει με την μέθοδο των μέσων βαθμομερών. Στην αντίθετη περίπτωση όταν τα ποσοστά είναι πολύ χαμηλά ή και 0% σημαίνει πως η μέθοδος των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών αποδίδουν πολύ λίγες ή και μηδενικές βαθμομέρες (Ιούνιο με Σεπτέμβριο). Ακόμα βλέπουμε πως για όλους τους μήνες για HDD/heat index οι δύο μέθοδοι συγκλίνουν λίγο περισσότερο από ότι για τις HDD και HDD/chill index.

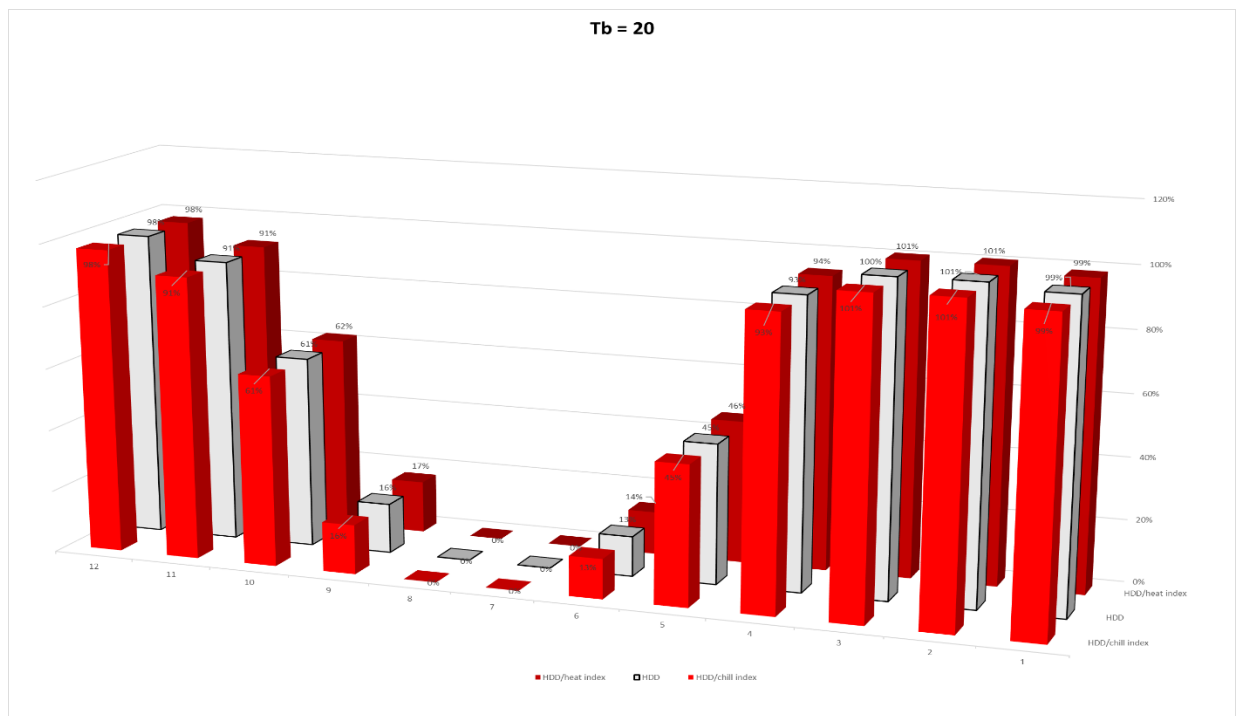
Στο διάγραμμα 4.10 παρουσιάζονται με βάση τον πίνακα 4.5 οι στήλες των βαθμομερών ψύξης.



Διάγραμμα 4.10: - Γκορίτσα – CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) βαθμομερών ψύξης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 18°C.

Όπως και στο προηγούμενο διάγραμμα έτσι και στο 4.10 τα ποσοστά κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα για τις βαθμομέρες ψύξης 49%, 49% και 49% για τον μήνα Μάιο. Η πιο σημαντική παρατήρηση βέβαια είναι ότι σε πολλούς μήνες το ποσοστό αγγίζει το 0% πράγμα που σημαίνει πως η μέθοδος των Μέσων Ημερήσιων Θερμοκρασιών για αυτούς τους μήνες (Ιανουάριο με Απρίλιο και Δεκέμβριο) επιφέρει εξίσου λίγες ή μηδενικές βαθμομέρες ψύξης. Όταν συμβαίνει αυτό, συνδυαστικά με το διάγραμμα 4.9, παρατηρείται πως τα ποσοστά των βαθμομερών θέρμανσης είναι πολύ μεγάλα αγγίζοντας ποσοστά που πλησιάζουν το 100%, αντίστοιχα και για την αντίθετη περίπτωση. Ακόμα βλέπουμε πως για CDD και CDD/chill index στους μήνες Ιουνίου, Ιουλίου και Αυγούστου οι δύο μέθοδοι συγκλίνουν περισσότερο από ότι για τις CDD/heat index

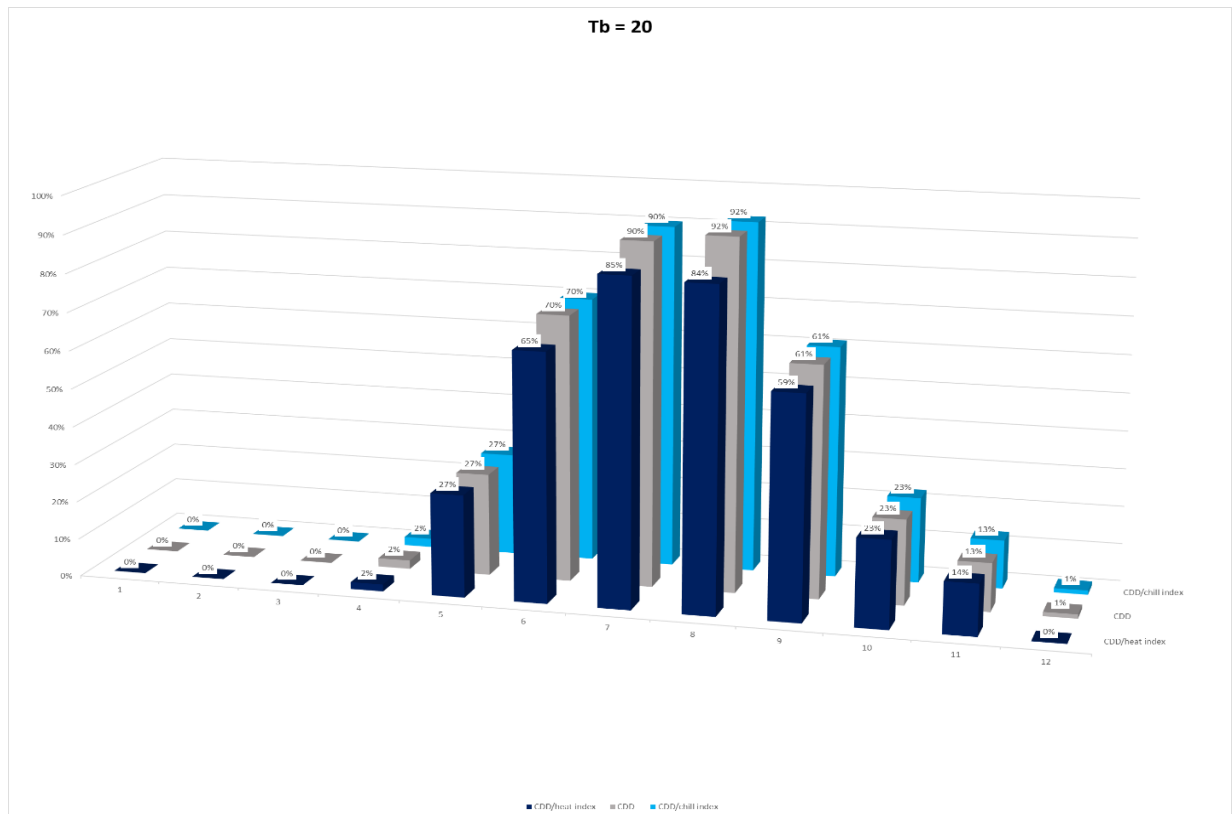
Στην συνέχεια ακολουθεί το διαγράμματα 4.11 όπου παρουσιάζει τις βαθμομέρες θέρμανσης με αλλαγή θερμοκρασίας βάσης από 18°C σε 20°C βασιζόμενα στον πίνακα 4.6.



Διάγραμμα 4.11: - Γκορίτσα – HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) βαθμομερών θέρμανσης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 20°C.

Στο διαγράμματα 4.11 όπως και προηγουμένως φαίνονται τα πολύ μεγάλα ποσοστά τους χειμερινούς μήνες για τις βαθμομέρες θέρμανσης. Αυξάνοντας την θερμοκρασία βάσης από 18°C σε 20°C παρατηρείται πως για τις βαθμομέρες θέρμανσης βλέπουμε αύξηση του ποσοστού σύγκλισης σε αρκετούς μήνες, ενδεικτικά για μήνα Μάιο από 23% σε 46% και Ιούνιο από 6% σε 14%. Τον μήνα Φεβρουάριο παρατηρείται πως το ποσοστό από 100% (δηλαδή οι δύο μέθοδοι ταυτίζονται) έγινε 101%, αυτό σημαίνει πως η μέθοδος των μέσων ημερήσιων βαθμομερών έδωσε ελάχιστες βαθμομέρες παραπάνω. Εστιάζοντας στις μεταξύ τους σχέση (διορθωμένες ή μη) οι βαθμομέρες θέρμανσης βλέπουμε πως για όλους τους μήνες για HDD/heat index οι δύο μέθοδοι συγκλίνουν λίγο περισσότερο από ότι για τις HDD και HDD/chill index.

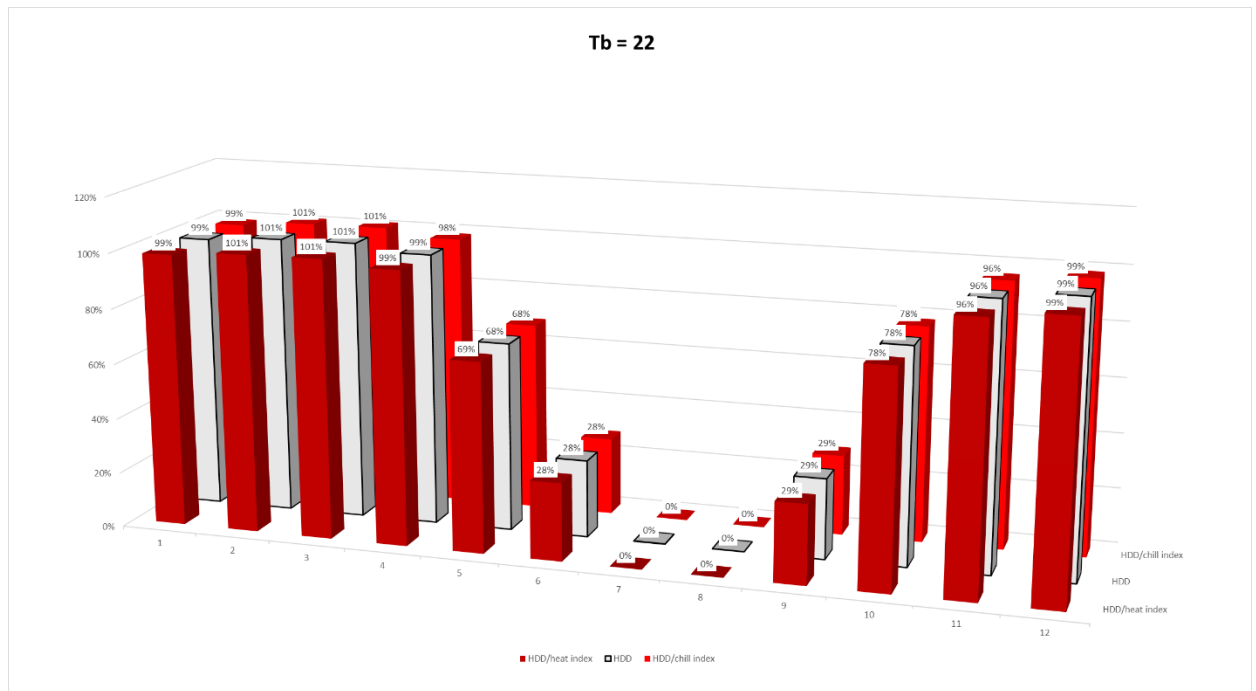
Στην συνέχεια ακολουθεί το διαγράμματα 4.12 όπου παρουσιάζει τις βαθμομέρες ψύξης με αλλαγή θερμοκρασίας βάσης από 18°C σε 20°C βασιζόμενα στον πίνακα 4.6.



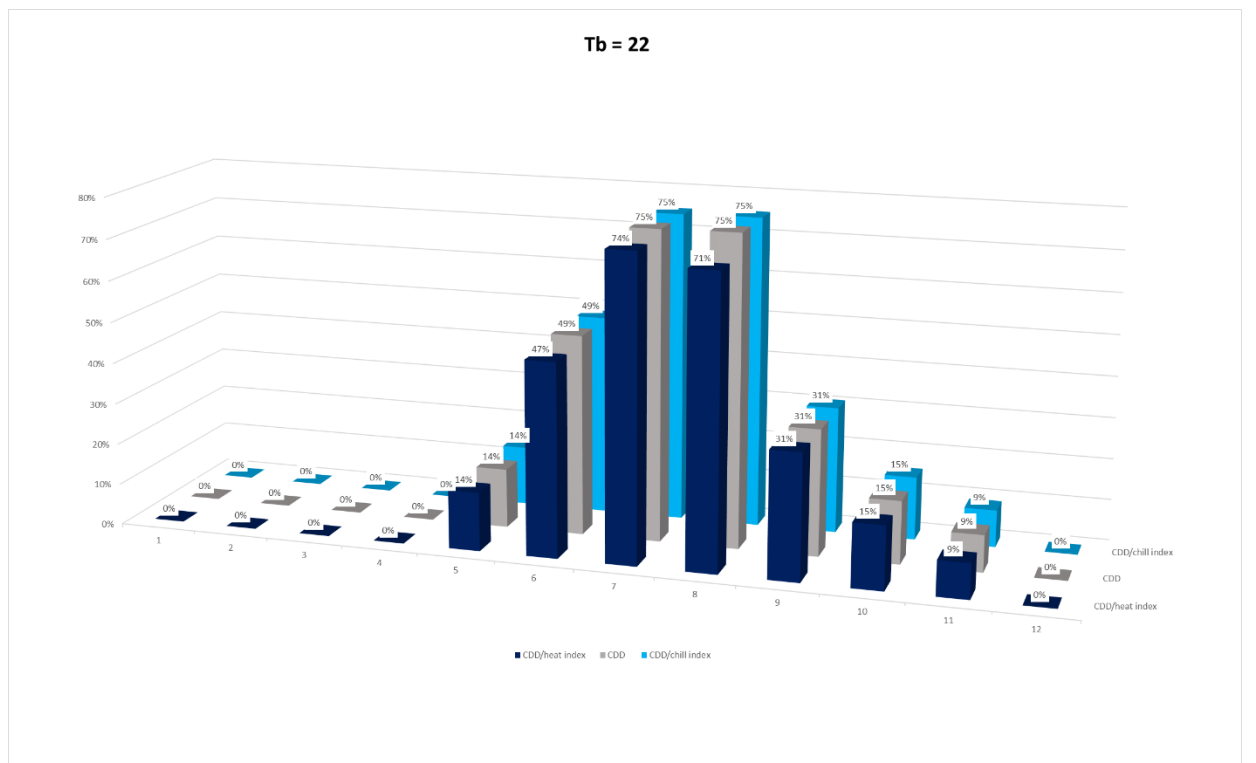
Διάγραμμα 4.12: - Γκορίτσα – CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) βαθμομερών ψύξης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 20°C.

Στο διαγράμματα 4.12 όπως και προηγουμένως φαίνονται τα πολύ μεγάλα ποσοστά τους καλοκαιρινούς μήνες για τις βαθμομέρες. Αυξάνοντας την θερμοκρασία βάσης από 18°C σε 20°C παρατηρείται πως για τις βαθμομέρες ψύξης μειώθηκε αρκετά και το ποσοστό σε όλους τους μήνες και κυρίως τους καλοκαιρινούς. Ακόμα βλέπουμε πως οι CDD και CDD/chill index για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο Αύγουστο και Σεπτέμβριο οι δύο μέθοδοι συγκλίνουν περισσότερο από ότι για τις CDD/heat index.

Τα επόμενα διαγράμματα αφορούν την αποτύπωση των δεδομένων του πίνακα 4.7. Το διάγραμμα 4.13 στις στήλες των βαθμομερών θέρμανσης και το 4.14 στις στήλες των βαθμομερών ψύξης.



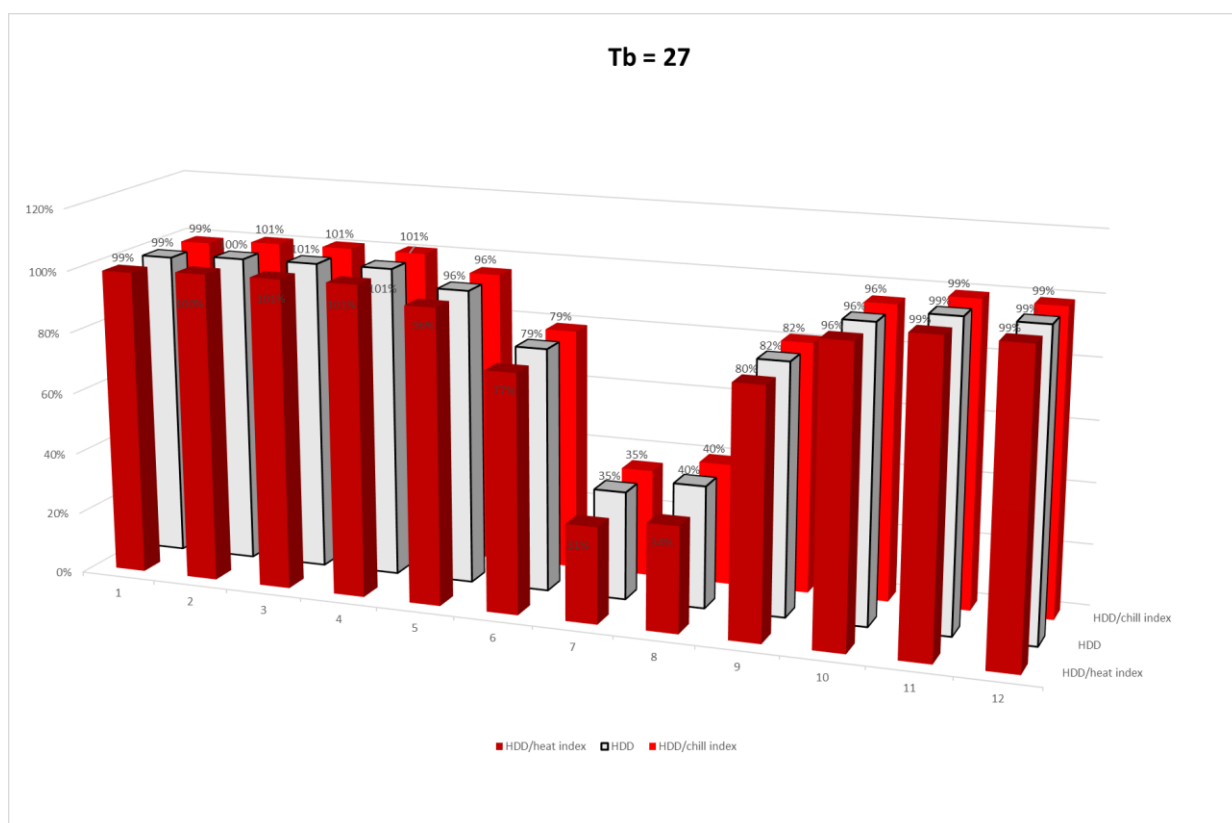
Διάγραμμα 4.13: - Γκορίτσα – HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) βαθμομερών θέρμανσης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 22 °C.



Διάγραμμα 4.14: - Γκορίτσα – CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) βαθμομερών ψύξης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 22 °C.

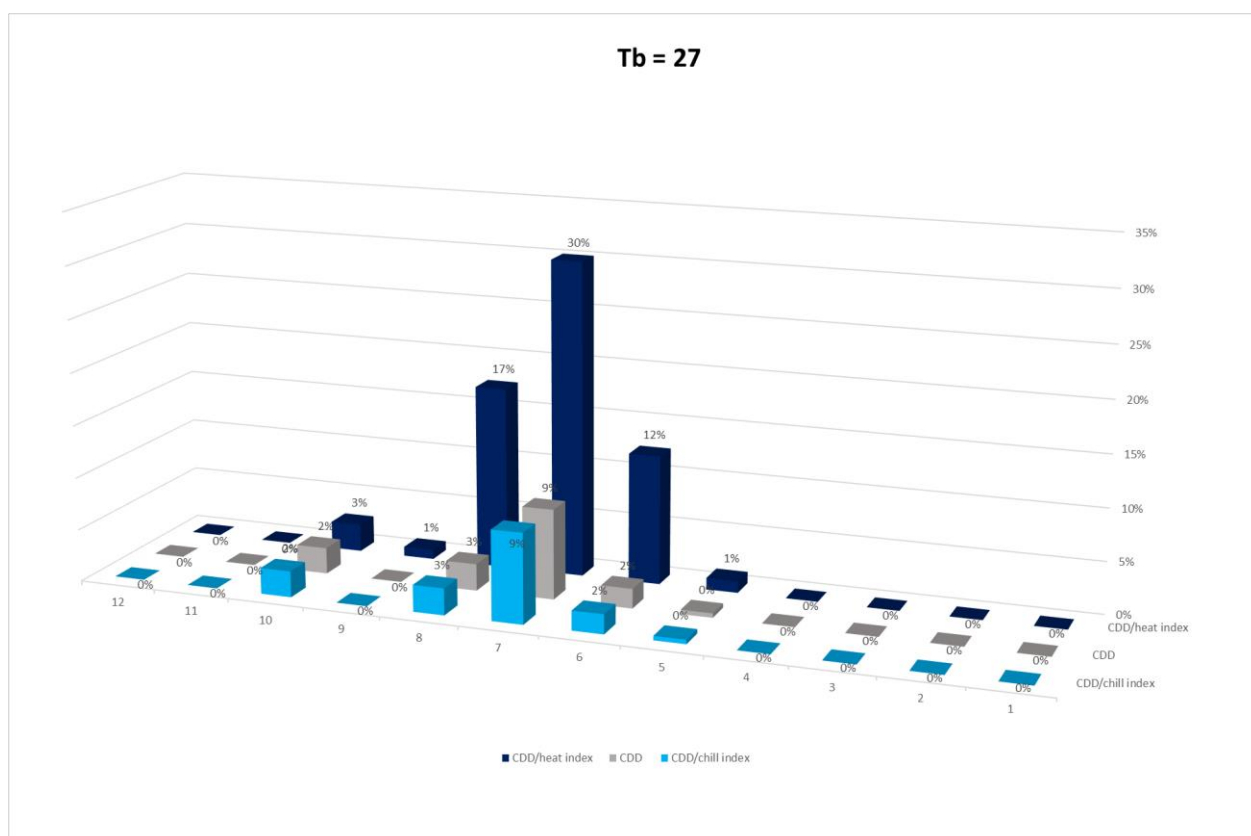
Στα διαγράμματα 4.13, 4.14 παρατηρείται η ίδια αύξηση για βαθμομέρες θέρμανσης (άρα όλο και συγκλίνουν τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων) και μείωση για βαθμομέρες ψύξης (όλο και αποκλίνουν). Για τις βαθμομέρες θέρμανσης οι μήνες Ιανουάριος– Μάρτιος - Ιούλιος και Αύγουστος μένουν ανεπηρέαστοι και για βαθμομέρες ψύξης ενώ όλοι οι μήνες έχουν μεγάλη πτώση, δηλαδή τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων αρχίζουν να αποκλίνουν, οι μήνες με 0% (χειμερινοί) μένουν ανεπηρέαστοι. Επίσης οι CDD και CDD/chill index για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο Αύγουστο και Σεπτέμβριο οι δύο μέθοδοι συγκλίνουν λίγο περισσότερο από ότι για τις CDD/heat index και για τις βαθμομέρες θέρμανσης ισχύει πως για όλους τους μήνες για HDD/heat index οι μέθοδοι συγκλίνουν παραπάνω από ότι για τις HDD και HDD/chill index.

Όμοια με πριν τα διαγράμματα που ακολουθούν αποτυπώνουν τα δεδομένα του πίνακα 4.8 και το διάγραμμα 4.15 αφορά στις στήλες των βαθμομερών θέρμανσης και το 4.16 στις στήλες των βαθμομερών ψύξης.



Διάγραμμα 4.15: - Γκορίτσα – HDD(D)ως ποσοστό των HDD(H) βαθμομερών θέρμανσης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 27°C.

Για τις βαθμομέρες θέρμανσης στον διάγραμμα 4.15 υπάρχει απότομη σύγκλιση ως προς όλους τους μήνες και κυρίως τους χειμερινούς όπου οι περισσότεροι ταυτίζονται με το 100% δηλαδή οι δύο μέθοδοι δίνουν σχεδόν τον ίδιο αριθμό βαθμομερών (σχεδόν καθώς γίνεται στρογγυλοποίηση του ποσοστού και μπορεί να διαφέρουν για μόνο 20 βαθμομέρες). Αυτό συμβαίνει γιατί η θερμοκρασία βάσης των 27°C είναι αρκετά υψηλή αφήνοντας το περιθώριο ύπαρξης περισσότερων στοιχείων που προέρχονται από την μέση ημερήσια εξωτερική θερμοκρασία να είναι μικρότερα από αυτή την θερμοκρασία. Επίσης αυτό που συμπεραίνουμε είναι πως στην μέθοδο των ημερήσιων δεδομένων η μέση θερμοκρασία προέκυψε από θερμοκρασίες οι οποίες δεν είχαν μεγάλες διακυμάνσεις μέσα σε ένα 24ωρο γι'αυτό προέκυψε μια πιο αντιπροσωπευτική τιμή. Σε αντίθετη περίπτωση με όλες τις προηγούμενες θερμοκρασίες βάσης εδώ παρατηρείται πως για τους μήνες που δεν υπάρχει ισότητα (Φεβρουάριος, Μάιος, Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος και Σεπτέμβριος) για HDD και HDD/chill index οι δύο μέθοδοι συγκλίνουν λίγο περισσότερο από ότι για τις HDD/heat index.

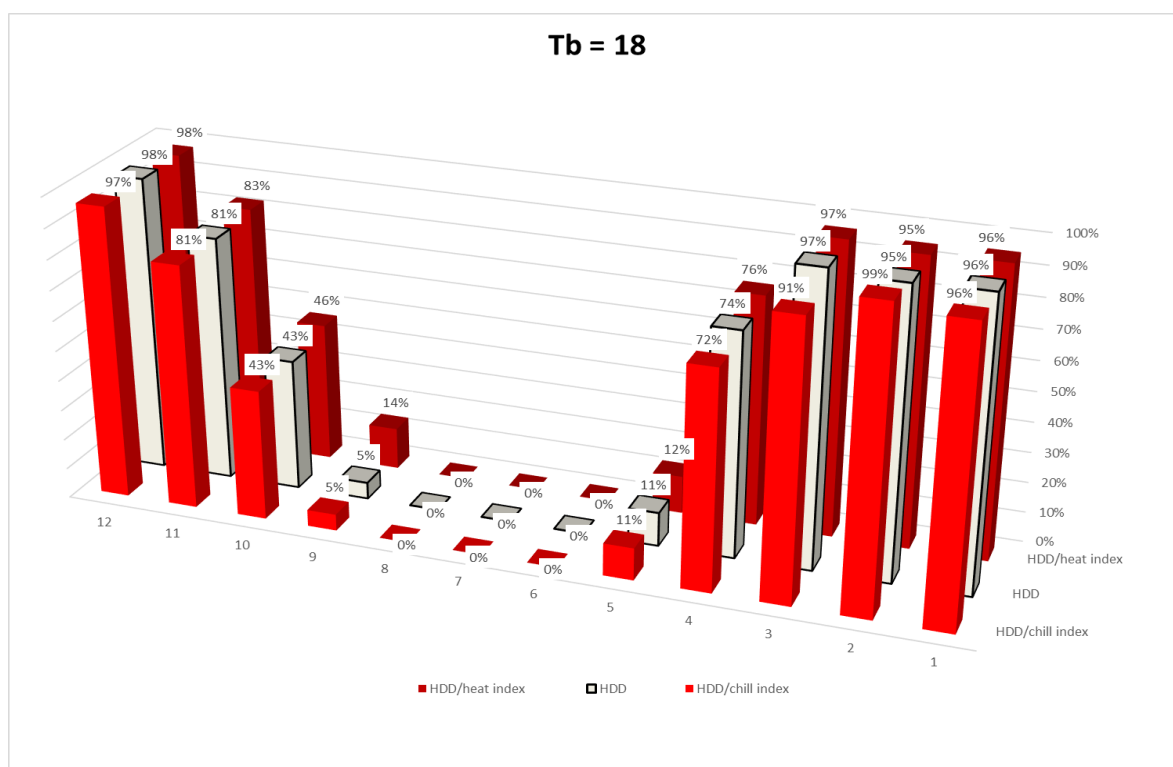


Διάγραμμα 4.16: - Γκορίτσα – CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) βαθμομερών ψύξης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 27°C.

Όσο αφορά το διάγραμμα 4.16 στις βαθμομέρες ψύξης υπάρχει η ταύτιση των μηδέν βαθμομερών στους χειμερινούς μήνες κάτι το οποίο είναι λογικό αφού η θερμοκρασία βάσης είναι πολύ υψηλή, 27°C. Επίσης δεν μένουν ανεπηρέαστοι και οι ανοιξιάτικοι με τους φθινοπωρινούς μήνες που εξίσου με την μέθοδο των μέσων ημερήσιων βαθμομερών δίνουν μηδενικές βαθμομέρες. Επίσης σε αντίθεση με τις άλλες θερμοκρασίες βάσης παρατηρείται πως οι CDD/heat index για τους μήνες Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο οι δύο μέθοδοι συγκλίνουν λίγο περισσότερο από ότι για τις CDD και CDD/chill index. Ουσιαστικά φαίνεται ότι προσμετρά περισσότερες θερμοκρασίες σε σχέση με τις άλλες μεθόδους.

Ακολουθεί παρουσίαση των διαγραμμάτων στην περιοχή της Μάνδρας. Για να καταλήξουμε σε αυτά τα διαγράμματα ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία με την περιοχή της Γκορίτσας. Οι αναλυτικοί πίνακες Π13 έως Π16 βρίσκονται στο παράτημα.

Στο διάγραμμα 4.17 παρουσιάζονται οι βαθμομέρες θέρμανσης για θερμοκρασία βάσης 18°C.

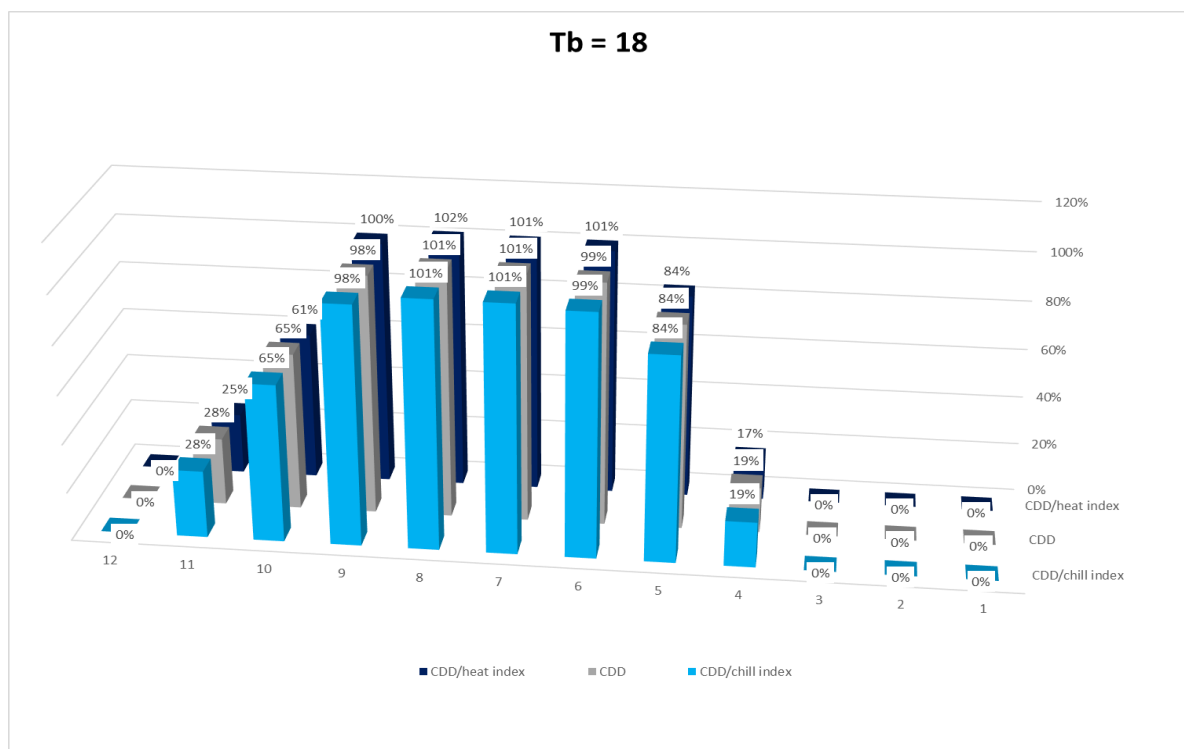


Διάγραμμα 4.17: - Μάνδρα – HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) βαθμομερών θέρμανσης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 18°C.

Όπως και στην περιοχή της Γκορίτσας έτσι και στην Μάνδρα τα ποσοστά ανά βαθμομέρες θέρμανσης διατηρούνται στο ίδιο επίπεδο για όλους τους μήνες.

Παρατηρείται ότι οι περισσότεροι μήνες αγγίζουν υψηλά ποσοστά, πράγμα που σημαίνει πως η μέθοδος των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών τείνει να συγκλίνει με την μέθοδο των μέσων βαθμωρών. Στην αντίθετη περίπτωση όταν τα ποσοστά είναι πολύ χαμηλά ή και 0%, το οποίο παρατηρείται στους καλοκαιρινούς μήνες, σημαίνει πως η μέθοδος των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών αποδίδουν πολύ λίγες ή και μηδενικές βαθμομέρες. Αυτό που αξίζει να αναφερθεί είναι η πως για τις HDD/chill index τον μήνα Φεβρουάριο οι δύο μέθοδοι συγκλίνουν λίγο περισσότερο από ότι για τις HDD/heat index και HDD.

Στο διάγραμμα 4.18 παρουσιάζονται οι βαθμομέρες ψύξης για θερμοκρασία βάσης 18°C.

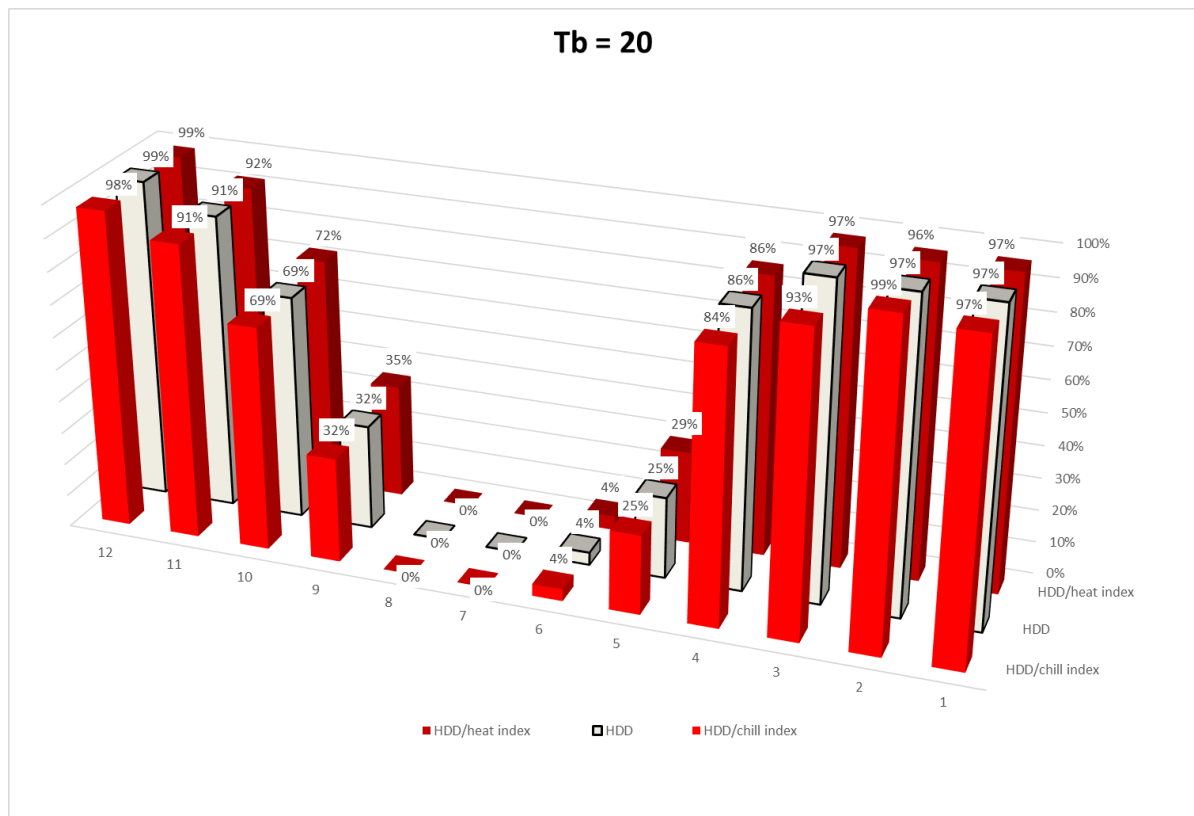


Διάγραμμα 4.18: - Μάνδρα – CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) βαθμομερών ψύξης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 18°C.

Στο διάγραμμα 4.18 τα ποσοστά κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα για τις βαθμομέρες ψύξης 84%, 84% και 84% για τον μήνα Μάιο. Παρατηρείται ότι σε πολλούς μήνες το ποσοστό αγγίζει το 0% πράγμα που σημαίνει πως η μέθοδος των Μέσων Ημερήσιων Θερμοκρασιών για αυτούς τους μήνες (Ιανουάριο με Απρίλιο και Δεκέμβριο)

υπολογίζει ελάχιστες ή μηδενικές βαθμομέρες ψύξης. Η πιο σημαντική παρατήρηση βέβαια είναι ότι στους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο η μέθοδος των μέσω ημερήσιων θερμοκρασιών δίνει ελάχιστα περισσότερες βαθμομέρες από ότι τα ωριαία δεδομένα, όμως λόγω της τόσο μικρής διαφοράς καταλήγουμε πως πρακτικά είναι ίδιες. Για θερμοκρασία βάσης 18°C οι CDD/chill index και CDD ταυτίζονται σε όλους τους μήνες και για τους μήνες Απρίλιο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο οι δύο μέθοδοι συγκλίνουν ελάχιστα παραπάνω από τις CDD/heat index.

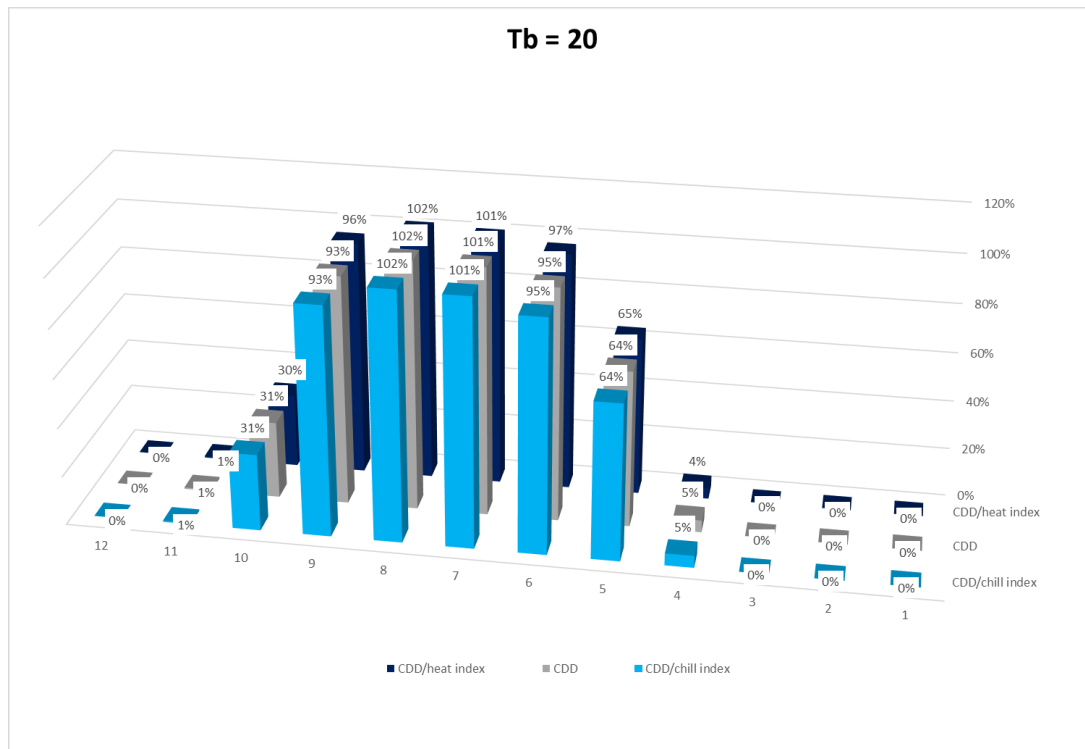
Στην συνέχεια ακολουθεί το διάγραμμα 4.19 που παρουσιάζονται οι βαθμομέρες θέρμανσης με αλλαγή θερμοκρασίας βάσης από 18°C σε 20°C.



Διάγραμμα 4.19: - Μάνδρα – HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) βαθμομερών θέρμανσης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 20°C.

Όπως και προηγουμένως στους χειμερινούς, ανοιξιάτικους και φθινοπωρινούς μήνες οι μέθοδοι συγκλίνουν σε μεγάλο βαθμό. Επίσης στον μήνα Φεβρουάριο οι μέθοδοι στις HDD/chill index φαίνεται να συγκλίνουν λίγο περισσότερο από ότι για τις HDD/heat index και HDD σε αντίθεση με όλους τους άλλους μήνες όπου οι HDD/heat index έχουν τα μεγαλύτερα ποσοστά. Αυξάνοντας την θερμοκρασία βάσης αυξήθηκε και το ποσοστό για όλους τους μήνες. Ενδεικτικά για μήνα Μάιο από 12% σε 29% και Απρίλιο από 0% σε 4%.

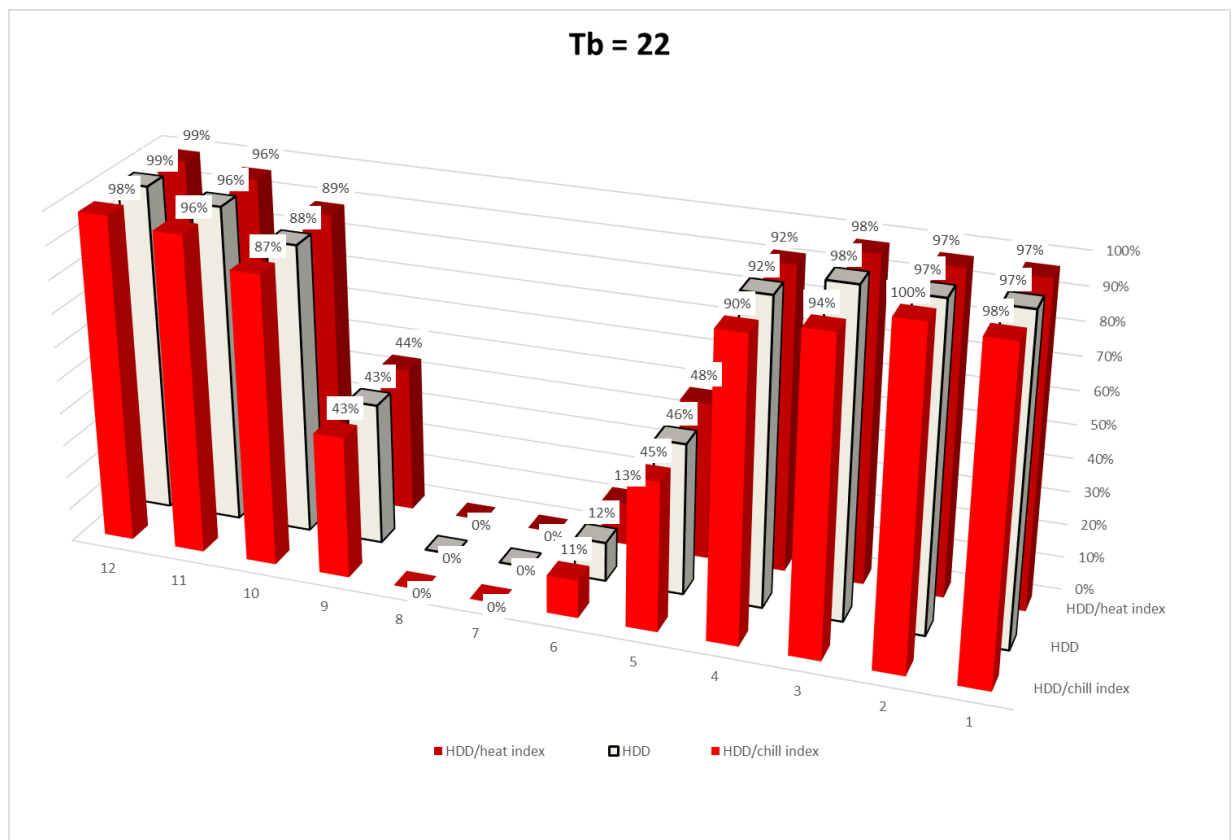
Στην συνέχεια ακολουθεί το διάγραμμα 4.20 που παρουσιάζονται οι βαθμομέρες ψύξης με αλλαγή θερμοκρασίας βάσης από 18°C σε 20°C.



Διάγραμμα 4.20: - Μάνδρα – CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) βαθμομερών ψύξης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 20°C.

Στο διάγραμμα 4.20 όπως και προηγουμένως φαίνονται τα πολύ μεγάλα ποσοστά τους καλοκαιρινούς μήνες όμως υπάρχει πτώση τους σε σχέση με τα ποσοστά της θερμοκρασίας βάσης 18°C. Η πτώση αυτή είναι πολύ μεγάλη στους μήνες Απριλίου από 17% σε 4% και στον Νοέμβριο από 25% σε 1% για CDD/heat index. Για θερμοκρασία βάσης 20°C ο CDD/heat index δίνει μεγαλύτερο ποσοστό σύγκλισης εκτός των μηνών Απρίλιο και Οκτώβριο.

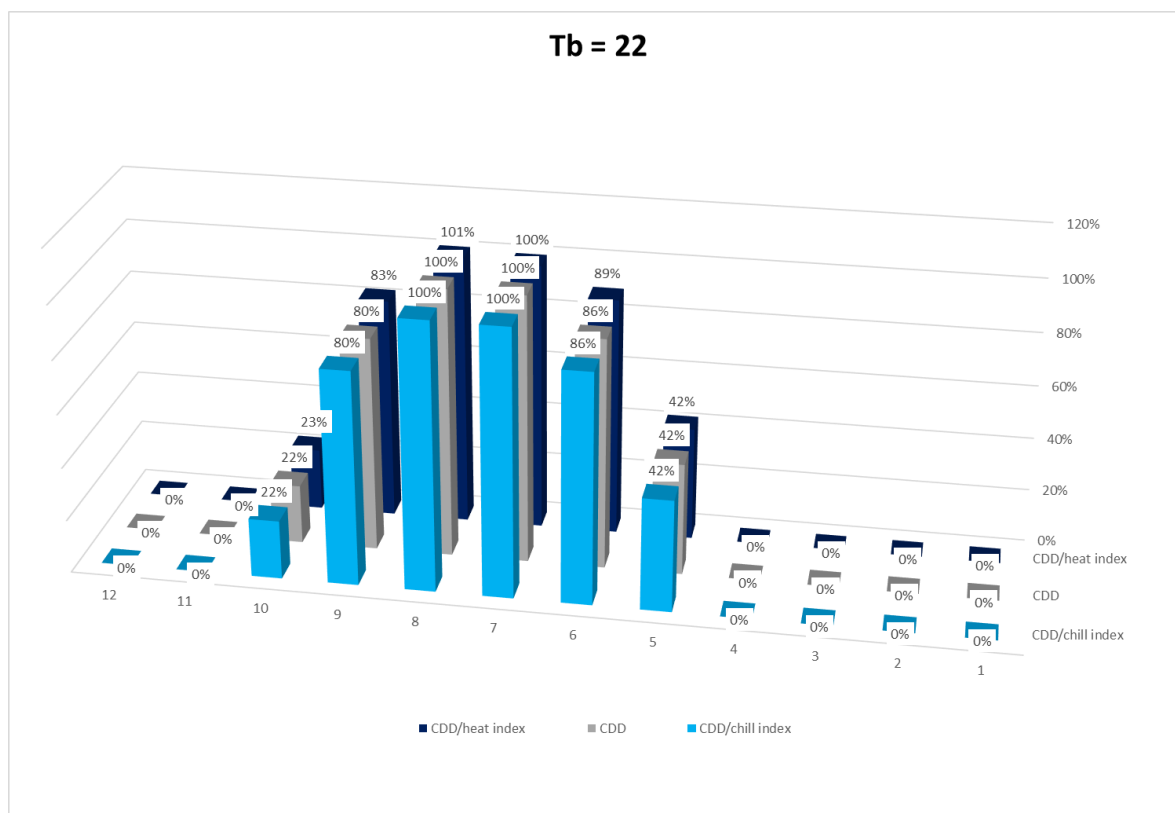
Στην συνέχεια ακολουθεί το διάγραμμα 4.21 που παρουσιάζονται οι βαθμομέρες θέρμανσης με θερμοκρασίας βάσης από 22°C



Διάγραμμα 4.21: - Μάνδρα – HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) βαθμομερών θέρμανσης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 22°C.

Στο διάγραμμα 4.21 παρατηρείται η ίδια αύξηση στους χειμερινούς, ανοιξιάτικους και φθινοπωρινούς μήνες διατηρώντας τα μηδενικά ποσοστά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Η μεταξύ σχέση των διορθωμένων και μη βαθμομερών παραμένει η ίδια με πριν ξεχωρίζοντας τον Ιανουάριο και Φεβρουάριο των HDD/chill index που φαίνεται τα ποσοστά των δύο μεθόδων να έχουν πιο κοντινή προσέγγιση.

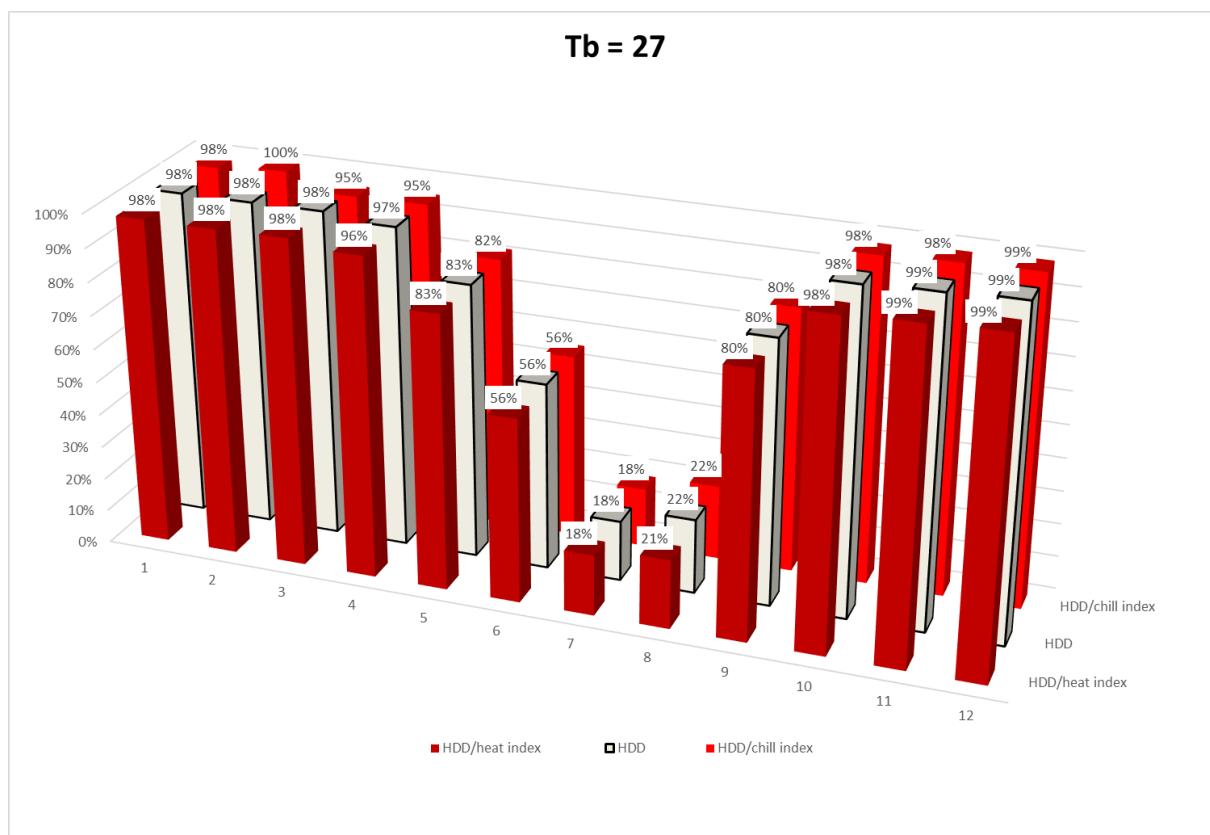
Στην συνέχεια ακολουθεί το διάγραμμα 4.22 που παρουσιάζονται οι βαθμομέρες ψύξης με θερμοκρασίας βάσης από 22°C.



Διάγραμμα 4.22: - Μάνδρα – CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) βαθμομερών ψύξης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 22°C.

Στο διάγραμμα 4.22 συνεχίζεται να παρατηρείται η ελάχιστη μείωση των ποσοστών σε όλους τους τύπους βαθμομερών οδηγώντας σε ταπείνωση του ποσοστού σύγκλισης των μεθόδων στο 0% για τους μήνες Απρίλιο και Νοέμβριο. Για θερμοκρασία βάσης 22°C ο CDD/heat index δίνει μεγαλύτερο ποσοστό σύγκλισης σε όλους τους μήνες.

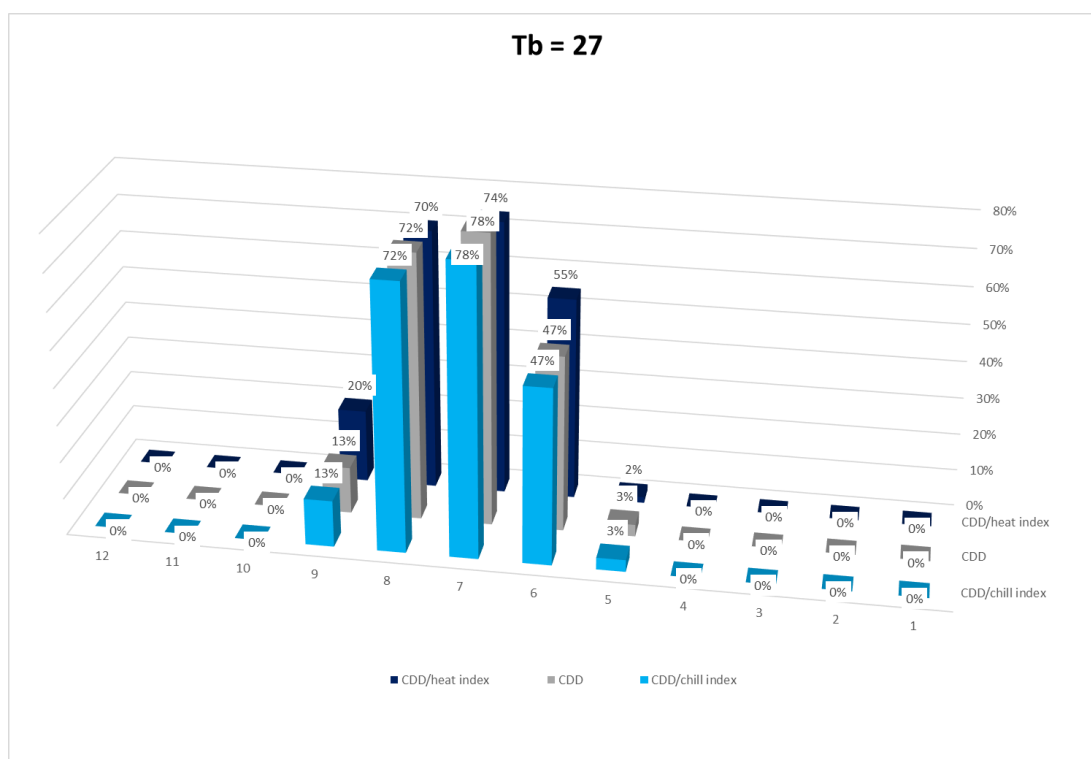
Ακολουθεί το διάγραμμα 4.23 που παρουσιάζονται οι βαθμομέρες θέρμανσης με θερμοκρασία βάσης 27°C.



Διάγραμμα 4.23: - Μάνδρα – HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) βαθμομερών θέρμανσης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 27°C.

Για τις βαθμομέρες θέρμανσης στο διάγραμμα 4.23 υπάρχει απότομη σύγκλιση ως προς όλους τους μήνες και κυρίως τους χειμερινούς όπου οι περισσότεροι ταυτίζονται με το 100%, δηλαδή οι δύο μέθοδοι δίνουν σχεδόν τον ίδιο αριθμό βαθμομερών (σχεδόν καθώς γίνεται στρογγυλοποίηση του ποσοστού και μπορεί να διαφέρουν για μόνο 20 βαθμομέρες). Αυτό συμβαίνει για το ίδιο λόγο με την περιοχή της Γκορίτσας, αφού η θερμοκρασία βάσης των 27°C είναι αρκετά υψηλή και αυξάνει την πιθανότητα να υπάρχουν θερμοκρασίες μικρότερες από αυτή. Επίσης αυτό που συμπεραίνουμε είναι πως στην μέθοδο των ημερήσιων δεδομένων η μέση θερμοκρασία προέκυψε από τιμές ίδιου βεληνεκούς προσεγγίζοντας καλύτερα την μέθοδο των ωριαίων. Επίσης στους μήνες Φεβρουάριο και Αύγουστο οι μέθοδοι στις HDD/chill index φαίνεται να συγκλίνουν λίγο περισσότερο από ότι για τις HDD/heat index και HDD σε αντίθεση με όλους τους άλλους μήνες όπου οι HDD/heat index έχουν τα μεγαλύτερα ποσοστά.

Τέλος παρουσιάζεται το διάγραμμα 4.24 που παρουσιάζονται οι βαθμομέρες θέρμανσης με θερμοκρασίας βάσης από 27°C



Διάγραμμα 4.24: - Μάνδρα – CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) βαθμοημερών ψύξης (διορθωμένων ή μη) των δύο μεθόδων ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 27°C.

Όσον αφορά το διάγραμμα 4.24 οι μήνες με ποσοστό 0% αυξήθηκαν αφού μέσα σε αυτούς προσδέθηκε και ο Οκτώβριος. Όπως και πριν έτσι και εδώ την εξέλιξη αυτή την περιμέναμε γιατί η θερμοκρασία βάσης των 27°C είναι αρκετά υψηλή ώστε τιμές πάνω από αυτήν στους αναφερόμενους μήνες να μην υπάρχουν. Για θερμοκρασία βάσης 27°C ο CDD/heat index δίνει μικρότερο ποσοστό σύγκλισης εκτός των μηνών Ιουνίου και Σεπτέμβριου.

Παρατηρείται λοιπόν πως η μέθοδος των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών έχει υπολογιστικό σφάλμα σε πολλούς μήνες, κάτι το οποίο περιμέναμε να συμβεί καθώς οι θερμοκρασίες μέσα στην ημέρα κυμαίνονται σε μεγάλο φάσμα τιμών το οποίο καταλήγει σε μια μη αντιπροσωπευτική μέση θερμοκρασιακή τιμή. Όσον αφορά τα ποσοστά που ξεπερνάνε το 100% (δηλαδή η μέθοδος των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών δίνει περισσότερες βαθμομέρες από τις ωριαίες χρονοσειρές) φαίνεται ότι η μέθοδος υπερεκτιμά.

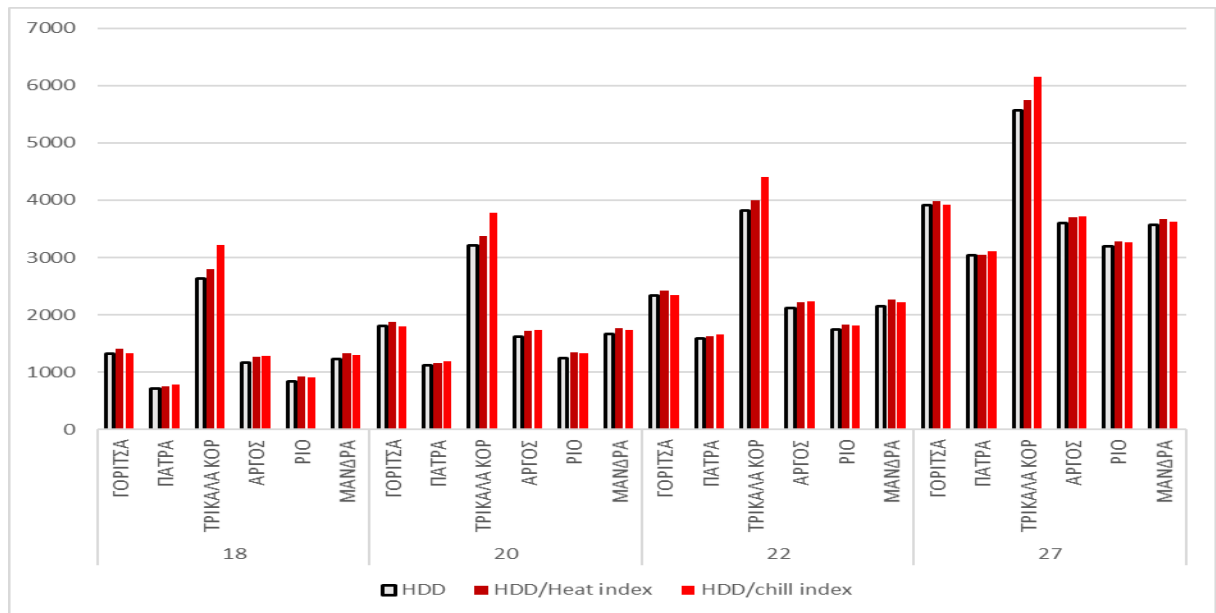
4.6 Βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης όλων των περιοχών μελέτης

Στον πίνακα 4.10 παρουσιάζονται για όλες τις περιοχές μελέτης οι βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης με ή χωρίς τις διορθώσεις των δεικτών δυσφορίας - θερμότητας και ανέμου – ψύχους για θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C. Ο πίνακας αυτός έχει προκύψει έπειτα από την αξιοποίηση μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών και με την αντίστοιχη μέθοδο για περίοδο από 21/12/2020 έως 31/12/2021. Ο λόγος για τον οποίο δεν επιλέξαμε την μέθοδο των μέσων βαθμωρών ήταν γιατί δεν είχαμε τα αντίστοιχα δεδομένα για όλες τις πόλεις.

Πίνακας 4.10: Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων όλων των περιοχών μελέτης

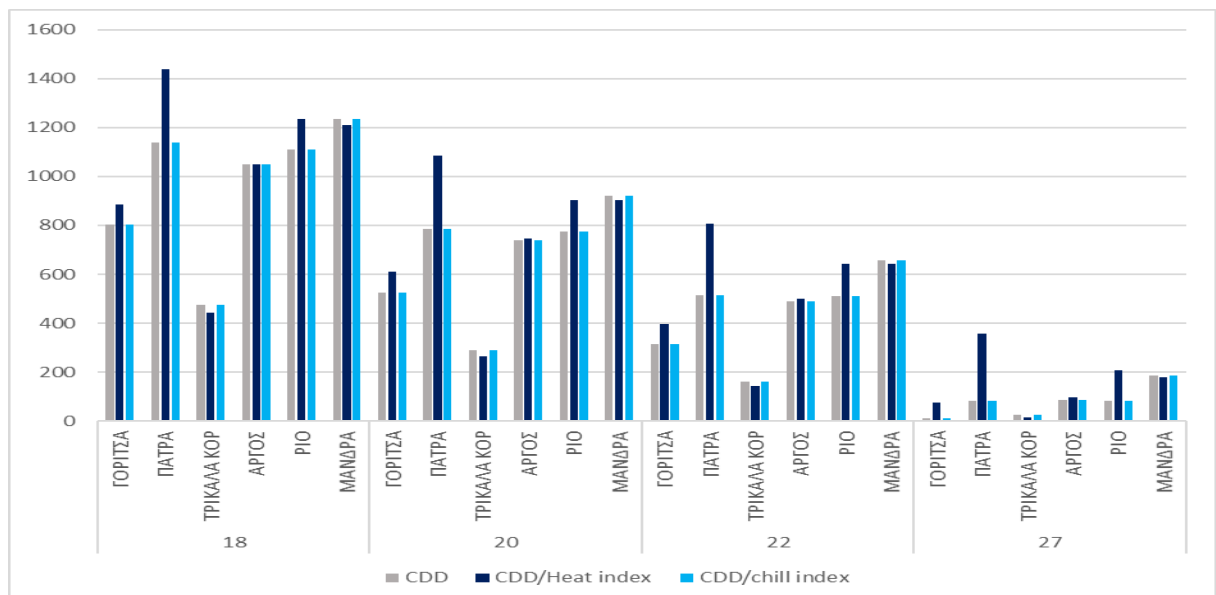
Θερμοκρασία Βάσης	Πόλεις	HDD	HDD/Heat index	HDD/chill index	CDD	CDD/Heat index	CDD/chill index
18	ΓΟΡΙΤΣΑ	1325	1401	1332	804	886	804
	ΠΑΤΡΑ	716	755	786	1137	1437	1137
	ΤΡΙΚΑΛΑ ΚΟΡ	2637	2797	3212	475	443	475
	ΑΡΓΟΣ	1172	1266	1291	1049	1050	1049
	ΡΙΟ	833	921	905	1109	1234	1109
	ΜΑΝΔΡΑ	1229	1325	1293	1236	1212	1236
20	ΓΟΡΙΤΣΑ	1798	1877	1806	526	610	526
	ΠΑΤΡΑ	1115	1152	1184	786	1084	786
	ΤΡΙΚΑΛΑ ΚΟΡ	3203	3372	3778	289	266	289
	ΑΡΓΟΣ	1615	1716	1733	739	747	739
	ΡΙΟ	1252	1342	1323	776	903	776
	ΜΑΝΔΡΑ	1666	1767	1729	921	902	921
22	ΓΟΡΙΤΣΑ	2339	2417	2347	315	398	315
	ΠΑΤΡΑ	1592	1623	1661	513	805	513
	ΤΡΙΚΑΛΑ ΚΟΡ	3826	4001	4402	161	143	161
	ΑΡΓΟΣ	2117	2222	2235	490	502	490
	ΡΙΟ	1741	1832	1812	513	641	513
	ΜΑΝΔΡΑ	2153	2259	2216	656	642	656
27	ΓΟΡΙΤΣΑ	3916	3976	3923	11	77	11
	ΠΑΤΡΑ	3035	3049	3105	82	356	82
	ΤΡΙΚΑΛΑ ΚΟΡ	5571	5753	6147	26	14	26
	ΑΡΓΟΣ	3595	3699	3713	88	98	88
	ΡΙΟ	3191	3277	3263	83	206	83
	ΜΑΝΔΡΑ	3565	3677	3628	188	179	188

Στα διαγράμματα 4.25 και 4.26 παρουσιάζονται γραφικά τα δεδομένα του πίνακα 4.10 με σκοπό την αξιολόγηση του. Αυτό που διακρίνεται στα διαγράμματα είναι πως οι περιοχές που βρίσκονται πιο κοντά στην θάλασσα, Πάτρα και Ρίο, έχουν περισσότερες βαθμομέρες ψύξης και λιγότερες βαθμομέρες θέρμανσης σε σχέση με τις περιοχές που βρίσκονται μακριά από αυτή, όπως Τρίκαλα Κορινθίας.



Διάγραμμα 4.25: Συγκεντρωτικό διάγραμμα δεδομένων βαθμομερών θέρμανσης όλων των περιοχών μελέτης για θερμοκρασίες βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C.

Πέραν αυτών που αναφέρθηκαν προηγουμένως, στο διάγραμμα 4.25 βλέπουμε επίσης πως HDD/chill index για Πάτρα, Τρίκαλα Κορινθίας και Άργος δίνει περισσότερες βαθμομέρες από όλες τις μεθόδους και για όλες τις θερμοκρασίες βάσης. Αυτό συνέβη διότι η θερμοκρασία μειώθηκε (άρα μεγάλωσε η διαφορά με την θερμοκρασία βάσης) κάτι το οποίο επήλθε από πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (υπό του 0 έως 10°C) και ταχύτητα ανέμου να αγγίζει ακόμα και τα 47km/hr. Τέλος όσο αυξάνεται η θερμοκρασία βάσης οι βαθμομέρες θέρμανσης αυξάνονται.



Διάγραμμα 4.26: Συγκεντρωτικό διάγραμμα δεδομένων βαθμομερών ψύξης όλων των περιοχών μελέτης για θερμοκρασίες βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C.

Όσον αφορά το διάγραμμα 4.26 παρατηρείται πως η διόρθωση με heat index στα Τρίκαλα Κορινθίας και στην Μάνδρα για όλες τις θερμοκρασίες βάσης υπολογίζει λιγότερες βαθμομέρες ψύξης σε σχέση με τις άλλες μεθόδους. Αυτό συμβαίνει διότι η θερμοκρασία μειώθηκε άρα μειώθηκε και η διαφορά της με την θερμοκρασία βάσης. Ο λόγος που υπάρχει πτώση της θερμοκρασίας είναι διότι τα ποσοστά υγρασίας ήταν πολύ υψηλά και η θερμοκρασία αρνητική ή η υγρασία πολύ χαμηλή και η θερμοκρασία υψηλή.

Κεφάλαιο 5: Σύνοψη – Συμπεράσματα
Μελλοντική Έρευνα

Στην παρούσα διπλωματική εργασία ορίστηκαν οι έννοιες των βαθμοημερών θέρμανσης και ψύξης και παρουσιάστηκε η χρησιμότητά τους, αφενός, ως εργαλείο κτιριακών μελετών αποδοτικότερων ενεργειακά κατοικιών και αφετέρου, στις γεωργικές καλλιέργειες για τον προσδιορισμό της διάρκειας περιόδου της σποράς. Επίσης αναλύθηκε ο όρος θερμοκρασίας βάσης, που παίζει τον σημαντικότερο ρόλο για την άνεση των ανθρώπων που είναι στο εσωτερικό ενός κτιρίου και ταυτόχρονα αποτελεί την θερμοκρασία που συνδέεται με μηδενική κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση ή ψύξη. Επιπλέον έγινε αναφορά στους όρους δείκτης δυσφορίας – θερμότητας και δείκτης ανέμου – ψύχους, όπου προσδιορίστηκε τι περιλαμβάνουν, πως υπολογίζονται αλλά και τι είναι αυτό που υπολογίζουν (την θερμοκρασία που αισθάνεται πραγματικά ο άνθρωπος). Στην συνέχεια παρουσιάστηκαν αρκετές μέθοδοι υπολογισμού των βαθμοημερών μεταξύ των οποίων και εκείνες των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών και μέσων βαθμοωρών όπου και χρησιμοποιήσαμε στην παρούσα διπλωματική για την μετέπειτα σύγκριση για τα πιο γρήγορα και αξιόπιστα αποτελέσματα.

Οι σταθμοί που μελετήθηκαν ανήκουν σε διαφορετικές κλιματικές ζώνες. Η Γκορίτσα, ορεινό χωριό της Ηπείρου ανήκει στην κλιματική ζώνη Γ ενώ η Μάνδρα, περιοχή της Αττικής, στην κλιματική ζώνη Β σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. Η θέση του μετεωρολογικού σταθμού είναι ιδιαίτερα σημαντική αφού οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου) εξαρτώνται σημαντικά από το υψόμετρο, την απόσταση από την θάλασσα και γενικότερα από το κλίμα της περιοχής.

Αφού επιλέχθηκαν οι μετεωρολογικοί σταθμοί, έγινε η συλλογή των δεδομένων. Έπειτα από την επεξεργασία των δεδομένων από τους μετεωρολογικούς σταθμούς που μελετήσαμε, Ηπείρου, Μάνδρας, Πάτρα, Ρίο, Τρίκαλα Κορινθίας, Άργος, έγιναν οι απαραίτητοι υπολογισμοί. Πραγματοποιώντας τις απαραίτητες μετατροπές στις μονάδες μέτρησης για να μπορέσουμε να εφαρμόσουμε τους τύπους γίνονται μια σειρά από πράξεις σε υπολογιστικό φύλλο όπου ορίζονται: (α) οι βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης με τον μέχρι τώρα τρόπο υπολογισμού τους, (β) οι βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης διορθωμένες με τον δείκτη δυσφορίας – θερμότητας, και (γ) οι βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης διορθωμένες με τον δείκτη ανέμου – ψύχους. Η διαδικασία που αναφέρθηκε υπολογίστηκε με ωριαία δεδομένα με την μέθοδο των μέσων βαθμοωρών, για την Γκορίτσα και με ημερήσια δεδομένα χρησιμοποιώντας την μέθοδο των μέσω ημερήσιων θερμοκρασιών, για τις περιοχές Γκορίτσα, Μάνδρα, Πάτρα, Ρίο, Τρίκαλα Κορινθίας και Άργος. Ακόμα έγιναν δοκιμές και με διαφορετικές θερμοκρασίες βάσης. Στην συνέχεια φτιάχτηκαν δύο πίνακες όπου στον έναν καταχωρήθηκαν τα δεδομένα ανά μήνα και στον άλλον ανά χρόνο ξεχωριστά για κάθε θερμοκρασία βάσης 18°C, 20°C, 22°C, 27°C. Σε αυτό το σημείο όλοι οι πίνακες παίρνουν την μορφή διαγραμμάτων για την καλύτερη αξιολόγηση τους. Για την σύγκριση των δύο μεθόδων εστιάζουμε στα δεδομένα της περιοχής της

Γκορίτσας φτιάχνοντας πίνακες ποσοστιαίας διαφοράς των μηνιαίων στοιχείων ανά θερμοκρασία βάσης και στην συνέχεια τους μετατρέπουμε σε διαγράμματα για μια πιο ενδελεχή εξέταση. Συνεχίζοντας παρουσιάζουμε εξίσου σε πίνακα και έπειτα διαγραμματικά τις βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης όλων των περιοχών μελέτης όπου βγάζουμε συμπεράσματα για την επίδραση της γεωγραφικής θέσης στον προσδιορισμό των βαθμοωρών.

Συμπεράσματα

Έπειτα από την παρατήρηση των αποτελεσμάτων καταλήγουμε πως υπάρχουν σημαντικές διαφορές στον υπολογισμό των βαθμομερών με τις τρεις μεθόδους (συμβατική και με τις δύο διορθώσεις). Γι'αυτό οι δείκτες δυσφορίας – θερμότητας και ανέμου – ψύχους πρέπει να συμπεριληφθούν στον υπολογισμό τους για πιο εμπειρισταωμένα αποτελέσματα. Επίσης σημειώθηκε σημαντική διαφορά ανάμεσα στον υπολογισμό των βαθμομερών με τις ωριαίες και με τις ημερήσιες χρονοσειρές θέτοντας τις ωριαίες πιο αξιόπιστες λόγω της σωστότερης αξιοποίησης όλων των θερμοκρασιών μέσα στην ημέρα. Τέλος, η παρούσα μεθοδολογία θα πρέπει να υιοθετηθεί από τις αρμόδιες υπηρεσίες με σκοπό την βελτιστοποίηση των πινάκων βαθμομερών σε όλη την επικράτεια της Ελλάδας αλλά και του εξωτερικού.

Μελλοντική έρευνα

Είναι σκόπιμο να γίνει σε μια γλώσσα προγραμματισμού, έστω σε R, ένα πρόγραμμα στο οποίο θα εισάγονται τρία αρχεία ωριαίων χρονοσειρών θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα ανέμου και θα υπολογίζονται αυτόματα οι παρακάτω χρονοσειρές: (α) δείκτη δυσφορίας – θερμότητας, (β) δείκτη ανέμου – ψύχους. Στην συνέχεια θα υπολογίζονται οι παρακάτω ωριαίες χρονοσειρές εισάγοντας τις επιθυμητές θερμοκρασίες βάσης: (α) βαθμοώρες θέρμανσης, (β) βαθμοώρες ψύξης χωρίς διόρθωση, (γ) βαθμοώρες θέρμανσης, (δ) βαθμοώρες ψύξης ενσωματώνοντας τον δείκτη δυσφορίας – θερμότητας αλλά και με τον δείκτη ανέμου – ψύχους. Έπειτα θα τις μετατρέπει σε βαθμομέρες διαιρώντας με το 24. Τέλος θα παράγονται βαθμομέρες όπου με τις ανάλογες εντολές θα ομαδοποιούνται σε οποιαδήποτε κλίμακα επιθυμεί ο χρήστης (μέρα, μήνα, έτος).

Η διαδικασία που αναφέρθηκε θα πρέπει να εφαρμοστεί σε όλη την επικράτεια της Ελλάδας, ώστε να γίνει μια πιο εκτεταμένη έρευνα και να έχουμε μια πλήρη εικόνα των διαφορών που βγαίνουν με βάση τις μεθόδους που παρουσιάστηκαν. Στην συνέχεια θα πρέπει να αλλάξουν οι πίνακες των βαθμομερών που μέχρι τώρα χρησιμοποιούνταν. Τέλος, μεγάλο ενδιαφέρον θα είχε να εφαρμοστεί και σε πόλεις που βρίσκονται σε άλλες κλιματικές ζώνες του πλανήτη.

Παράρτημα

- Για υποκεφάλαια 4.3

Π1: - Γκορίτσα- Διορθωμένες και μη βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης ανά έτος με θερμοκρασία βάσης 15°C, 16°C, 17°C, 18°C, 20°C, 20°C, 21°C, 22°C, 25°C, 27°C

Θερμοκρασία Βάσης		HDD/Heat index	HDD	HDD/chill index	CDD/Heat index	CDD	CDD/chill index
15	2019	205	193	195	58	61	61
	2020	1114	1050	1053	1674	1576	1576
	2021	1025	962	969	1706	1586	1586
	2022	1110	1044	1050	1895	1731	1731
	2023	745	708	713	1833	1642	1642
Σύνολο		4199	3957	3979	7166	6597	6597
16	2019	242	228	230	41	44	44
	2020	1287	1219	1222	1480	1379	1379
	2021	1197	1132	1139	1514	1391	1391
	2022	1276	1207	1213	1696	1529	1529
	2023	867	830	835	1638	1446	1446
		4869	4617	4639	6368	5789	5789
17	2019	282	268	270	28	30	30
	2020	1475	1404	1407	1302	1198	1198
	2021	1388	1320	1327	1339	1214	1214
	2022	1457	1387	1393	1512	1344	1344
	2023	1007	970	974	1458	1267	1267
Σύνολο		5608	5349	5371	5639	5053	5053
18	2019	325	311	313	18	20	20
	2020	1680	1608	1611	1141	1036	1036
	2021	1595	1526	1532	1181	1055	1055
	2022	1653	1583	1589	1343	1175	1175
	2023	1164	1127	1131	1297	1106	1106
Σύνολο		6417	6154	6176	4980	4391	4391
20	2019	419	404	405	6	7	7
	2020	2142	2069	2072	872	765	765
	2021	2058	1988	1994	914	787	787
	2022	2095	2025	2031	1054	887	887
	2023	1527	1494	1499	1023	836	836
Σύνολο		8241	7980	8002	3870	3282	3282
21	2019	469	453	455	3	4	4
	2020	2396	2323	2326	760	653	653
	2021	2313	2242	2249	804	676	676
	2022	2339	2271	2277	933	768	768
	2023	1732	1702	1706	910	724	724
Σύνολο		9248	8990	9012	3410	2825	2825
22	2019	520	504	506	1	2	2
	2020	2664	2591	2594	661	555	555
	2021	2579	2509	2516	705	578	578
	2022	2595	2529	2535	825	661	661
	2023	1950	1922	1926	809	626	626
Σύνολο		10308	10054	10076	3002	2422	2422
25	2019	678	662	663	0	0	0
	2020	3531	3459	3462	430	325	325
	2021	3437	3369	3376	468	343	343
	2022	3425	3362	3368	560	399	399
	2023	2659	2634	2639	562	383	383
Σύνολο		13730	13486	13508	2021	1450	1450
27	2019	784	768	769	0	0	0
	2020	4150	4079	4082	318	214	214
	2021	4050	3982	3989	351	226	226
	2022	4016	3954	3960	420	261	261
	2023	3166	3144	3149	433	256	256
Σύνολο		16166	15928	15950	1522	958	958

- Για υποκεφάλαια 4.4

Με διπλή εντολή IF ζητάμε να συγκρίνει τις διορθωμένες τιμές (είτε με heat index είτε με chill index) με τον αρχικό υπολογισμό και να ορίσει ποιά δίνει μεγαλύτερη, μικρότερη ή και ίση τιμή. Οι πίνακες αυτοί αφορούν βαθμώρες, διαιρώντας όμως με το 24 μετατρέπονται σε βαθμοημέρες.

Π2: - Γκορίτσα – Βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 18°C

		18					
		HDD/Heat index	HDD	HDD/chill index	CDD/Heat index	CDD	CDD/chill index
2976	1	30859 >	29317 <	29439	168 <	202 =	202
2712	2	25342 >	24053 <	24267	362 <	452 =	452
2976	3	23357 >	22148 <	22249	774 <	905 =	905
2880	4	15019 >	14362 <	14365	2994 <	3203 =	3203
2976	5	6614 >	6482 =	6482	10260 >	10251 =	10251
2880	6	2088 <	2109 =	2109	20142 >	17278 =	17278
2976	7	599 <	644 =	644	29960 >	24368 =	24368
2976	8	391 <	439 =	439	27383 >	22633 =	22633
2880	9	3113 <	3124 =	3124	15741 >	14413 =	14413
2976	10	9290 >	9128 <	9128	8212 >	8027 =	8027
3072	11	14937 >	14447 <	14452	3092 <	3164 =	3164
2976	12	22401 >	21460 <	21542	477 <	529 =	529
35256		154011 >	147712 <	148238	119564 >	105424 =	105424

Π3: - Γκορίτσα – Βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 20°C

		20					
		HDD/Heat index	HDD	HDD/chill index	CDD/Heat index	CDD	CDD/chill index
2976	1	36667 >	35099 <	35221	24 <	33 =	33
2712	2	30465 >	29107 <	29321	61 <	82 =	82
2976	3	28746 >	27455 <	27556	211 <	260 =	260
2880	4	19365 >	18635 <	18637	1580 <	1715 =	1715
2976	5	9734 >	9598 =	9598	7427 >	7416 =	7416
2880	6	3812 <	3906 =	3906	16105 >	13315 =	13315
2976	7	1724 <	1860 =	1860	25134 >	19632 =	19632
2976	8	1486 <	1649 =	1649	22525 >	17890 =	17890
2880	9	5331 <	5416 =	5416	12198 >	10945 =	10945
2976	10	12829 >	12680 <	12680	5799 >	5627 =	5627
3072	11	19681 >	19150 <	19155	1692 <	1723 =	1723
2976	12	28004 >	27032 <	27114	128 <	149 =	149
35256		197844 >	191587 <	192114	92885 >	78788 =	78788

Π4: - Γκορίτσα – Βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 22°C

		22					
		HDD/Heat index	HDD	HDD/chill index	CDD/Heat index	CDD	CDD/chill index
2976	1	42595 >	41019 <	41141	0 <	1 =	1
2712	2	35830 >	34455 <	34669	3 <	6 =	6
2976	3	34514 >	33183 <	33284	27 <	36 =	36
2880	4	24225 >	23427 <	23429	680 <	748 =	748
2976	5	13268 >	13125 =	13125	5009 >	4990 =	4990
2880	6	6168 <	6331 =	6331	12701 >	9980 =	9980
2976	7	3592 <	3829 =	3829	21049 >	15649 =	15649
2976	8	3455 <	3736 =	3736	18542 >	14026 =	14026
2880	9	8210 <	8358 =	8358	9318 >	8127 =	8127
2976	10	16845 >	16701 =	16701	3863 >	3696 =	3696
3072	11	24972 >	24417 <	24421	839 <	845 =	845
2976	12	33844 >	32854 <	32937	16 <	19 =	19
35256		247519 >	241434 <	241960	72048 >	58122 =	58122

Π5: - Γκορίτσα – Βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 27°C

		27						
		HDD/Heat index	HDD	HDD/chill index	CDD/Heat index	CDD	CDD/chill index	
2976	1	57475 >	55898 <	56020	0 =	0 =	0	
2712	2	49388 >	48009 <	48223	0 =	0 =	0	
2976	3	49367 >	48027 <	48128	0 =	0 =	0	
2880	4	37986 >	37138 <	37140	42 <	59 =	59	
2976	5	24344 >	24169 =	24169	1205 >	1154 =	1154	
2880	6	14137 <	14403 =	14403	6271 >	3652 =	3652	
2976	7	10407 <	10783 =	10783	12985 >	7723 =	7723	
2976	8	10841 <	11286 =	11286	11049 >	6695 =	6695	
2880	9	17348 <	17579 =	17579	4056 >	2948 =	2948	
2976	10	28713 >	28571 =	28571	851 >	686 =	686	
3072	11	39562 >	38995 <	38999	69 >	63 =	63	
2976	12	48708 >	47715 <	47797	0 =	0 =	0	
35256		388278 >	382573 <	383099	36527 >	22981 =	22981	

Π6: - Μάνδρα – Βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 18°C

limit	18	HDD/Heat index	HDD	HDD/chill index	CDD/Heat index	CDD	CDD/chill index
2232	1	891 >	838 <	896	4 =	4 =	4
1525	2	627 >	589 <	620	2 <	3 =	3
1488	3	779 >	711 <	772	2 <	3 =	3
1440	4	304 >	279 <	291	51 <	57 =	57
1488	5	110 >	98 <	102	236 <	252 =	252
1440	6	60 >	54 <	57	456 <	459 =	459
1488	7	19 >	17 <	18	659 <	684 =	684
1488	8	0 >	0 =	0	647 <	658 =	658
1440	9	20 >	18 =	18	348 <	355 =	355
1488	10	92 >	83 <	83	97 <	104 =	104
1440	11	214 >	200 <	202	36 <	38 =	38
1752	12	510 >	481 <	507	4 =	4 =	4
18709		3627 >	3368 <	3567	2542 <	2622 =	2622

Π7: - Μάνδρα – Βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 20°C

limit	20	Heat index	Toc	chill index	Heat index	Toc	chill index
2232	1	1074 >	1021 <	1079	1 <	1 =	1
1525	2	752 >	713 <	744	0 <	0 =	0
1488	3	901 >	833 <	894	0 <	0 =	0
1440	4	399 >	371 <	383	26 <	30 =	30
1488	5	164 >	149 <	153	165 <	179 =	179
1440	6	77 >	71 <	74	354 <	356 =	356
1488	7	22 >	20 <	21	538 <	563 =	563
1488	8	1 >	1 =	1	523 <	535 =	535
1440	9	42 >	39 =	39	250 <	256 =	256
1488	10	172 >	160 <	160	53 <	56 =	56
1440	11	314 >	298 <	300	16 <	17 =	17
1752	12	653 >	623 <	650	1 <	1 =	1
18709		4571 >	4299 <	4498	1926 <	1994 =	1994

Π8: - Μάνδρα – Βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 22°C

limit	22	Heat index	Toc	chill index	Heat index	Toc	chill index
2232	1	1259 >	1206 <	1264	0 <	0 =	0
1525	2	879 >	840 <	871	0 =	0 =	0
1488	3	1025 >	957 <	1017	0 =	0 =	0
1440	4	505 >	476 <	487	12 <	14 =	14
1488	5	230 >	214 <	218	108 <	120 =	120
1440	6	105 >	98 <	101	261 <	263 =	263
1488	7	26 >	24 <	25	418 <	443 =	443
1488	8	7 =	7 =	7	405 <	417 =	417
1440	9	81 >	76 =	76	169 <	174 =	174
1488	10	268 >	255 <	255	25 <	27 =	27
1440	11	424 >	408 <	410	6 <	7 =	7
1752	12	799 >	769 <	795	0 <	0 =	0
18709		5609 >	5330 <	5528	1405 <	1465 =	1465

Π9: - Μάνδρα – Βαθμομημέρες θέρμανσης και ψύξης ανά μήνα με θερμοκρασία βάσης 27°C

limit	27						
		Heat index	Toc	chill index	Heat index	Toc	chill index
2232	1	1724 >	1670 <	1729	0 =	0 =	0
1525	2	1197 >	1158 <	1189	0 =	0 =	0
1488	3	1335 >	1267 <	1327	0 =	0 =	0
1440	4	793 >	763 <	775	0 <	1 =	1
1488	5	453 >	433 <	437	21 <	29 =	29
1440	6	238 >	230 <	233	94 <	95 =	95
1488	7	85 >	81 <	82	167 <	190 =	190
1488	8	75 =	75 =	75	164 <	175 =	175
1440	9	256 >	250 =	250	44 <	47 =	47
1488	10	555 >	539 <	540	1 <	2 =	2
1440	11	718 >	702 <	704	0 <	0 =	0
1752	12	1163 >	1134 <	1160	0 =	0 =	0
18709		8593 >	8302 <	8500	492 <	539 =	539

- Για υποκεφάλαια 4.5

Όπου δεν υπάρχει στοιχείο σημαίνει πως και οι δύο μέθοδοι έχουν δώσει μηδενικές βαθμομημέρες.

Π10:- Γκορίτσα – HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) και CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) για θερμοκρασία βάσης 20°C

limit	20					
HDD/Heat index	HDD	HDD/chill index	CDD/Heat index	CDD	CDD/chill index	
	99%	99%	99%	0%	0%	0%
	101%	101%	101%	0%	0%	0%
	101%	100%	101%	0%	0%	0%
	94%	93%	93%	2%	2%	2%
	46%	45%	45%	27%	27%	27%
	14%	13%	13%	65%	70%	70%
	0%	0%	0%	85%	90%	90%
	0%	0%	0%	84%	92%	92%
	17%	16%	16%	59%	61%	61%
	62%	61%	61%	23%	23%	23%
	91%	91%	91%	14%	13%	13%
	98%	98%	98%	0%	1%	1%

Π11:- Γκορίτσα – HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) και CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) για θερμοκρασία βάσης 22°C

limit	22					
HDD/Heat index	HDD	HDD/chill index	CDD/Heat index	CDD	CDD/chill index	
99%	99%	99%	0%	0%	0%	
101%	101%	101%	0%	0%	0%	
101%	101%	101%	0%	0%	0%	
99%	99%	98%	0%	0%	0%	
69%	68%	68%	14%	14%	14%	
28%	28%	28%	47%	49%	49%	
0%	0%	0%	74%	75%	75%	
0%	0%	0%	71%	75%	75%	
29%	29%	29%	31%	31%	31%	
78%	78%	78%	15%	15%	15%	
96%	96%	96%	9%	9%	9%	
99%	99%	99%	0%	0%	0%	

Π12:- Γκορίτσα – HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) και CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) για θερμοκρασία βάσης 27°C

limit	27					
HDD/Heat index	HDD	HDD/chill index	CDD/Heat index	CDD	CDD/chill index	
99%	99%	99%	#ΔΙΑΙΡ./0!	#ΔΙΑΙΡ./0!	#ΔΙΑΙΡ./0!	
100%	100%	101%	#ΔΙΑΙΡ./0!	#ΔΙΑΙΡ./0!	#ΔΙΑΙΡ./0!	
101%	101%	101%	#ΔΙΑΙΡ./0!	#ΔΙΑΙΡ./0!	#ΔΙΑΙΡ./0!	
101%	101%	101%	0%	0%	0%	
96%	96%	96%	1%	0%	0%	
77%	79%	79%	12%	2%	2%	
31%	35%	35%	30%	9%	9%	
34%	40%	40%	17%	3%	3%	
80%	82%	82%	1%	0%	0%	
96%	96%	96%	3%	2%	2%	
99%	99%	99%	0%	0%	0%	
99%	99%	99%	#ΔΙΑΙΡ./0!	#ΔΙΑΙΡ./0!	#ΔΙΑΙΡ./0!	

Π13:- Μάνδρα – HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) και CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) για θερμοκρασία βάσης 18°C.

limit		18				
HDD/Heat index	HDD	HDD/chill index	CDD/Heat index	CDD	CDD/chill index	
96%	96%	96%	0%	0%	0%	0%
95%	95%	99%	0%	0%	0%	0%
97%	97%	91%	0%	0%	0%	0%
76%	74%	72%	17%	19%	19%	19%
12%	11%	11%	84%	84%	84%	84%
0%	0%	0%	101%	99%	99%	99%
0%	0%	0%	101%	101%	101%	101%
0%	0%	0%	102%	101%	101%	101%
14%	5%	5%	100%	98%	98%	98%
46%	43%	43%	61%	65%	65%	65%
83%	81%	81%	25%	28%	28%	28%
98%	98%	97%	0%	0%	0%	0%

Π14:- Μάνδρα – HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) και CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) για θερμοκρασία βάσης 20°C.

limit		20				
HDD/Heat index	HDD	HDD/chill index	CDD/Heat index	CDD	CDD/chill index	
97%	97%	97%	0%	0%	0%	0%
96%	97%	99%	0%	0%	0%	0%
97%	97%	93%	0%	0%	0%	0%
86%	86%	84%	4%	5%	5%	5%
29%	25%	25%	65%	64%	64%	64%
4%	4%	4%	97%	95%	95%	95%
0%	0%	0%	101%	101%	101%	101%
0%	0%	0%	102%	102%	102%	102%
35%	32%	32%	96%	93%	93%	93%
72%	69%	69%	30%	31%	31%	31%
92%	91%	91%	1%	1%	1%	1%
99%	99%	98%	0%	0%	0%	0%

Π15:- Μάνδρα – HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) και CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) για θερμοκρασία βάσης 22°C.

limit		22				
HDD/Heat index	HDD	HDD/chill index	CDD/Heat index	CDD	CDD/chill index	
97%	97%	98%	0%	0%	0%	
97%	97%	100%	#ΔΙΑΙΡ./0!	#ΔΙΑΙΡ./0!	#ΔΙΑΙΡ./0!	
98%	98%	94%	#ΔΙΑΙΡ./0!	#ΔΙΑΙΡ./0!	#ΔΙΑΙΡ./0!	
92%	92%	90%	0%	0%	0%	
48%	46%	45%	42%	42%	42%	
13%	12%	11%	89%	86%	86%	
0%	0%	0%	100%	100%	100%	
0%	0%	0%	101%	100%	100%	
44%	43%	43%	83%	80%	80%	
89%	88%	87%	23%	22%	22%	
96%	96%	96%	0%	0%	0%	
99%	99%	98%	0%	0%	0%	

Π16:- Μάνδρα – HDD(D) ως ποσοστό των HDD(H) και CDD(D) ως ποσοστό των CDD(H) για θερμοκρασία βάσης 27°C.

limit		27				
HDD/Heat index	HDD	HDD/chill index	CDD/Heat index	CDD	CDD/chill index	
98%	98%	98%	#ΔΙΑΙΡ./0!	#ΔΙΑΙΡ./0!	#ΔΙΑΙΡ./0!	
98%	98%	100%	#ΔΙΑΙΡ./0!	#ΔΙΑΙΡ./0!	#ΔΙΑΙΡ./0!	
98%	98%	95%	#ΔΙΑΙΡ./0!	#ΔΙΑΙΡ./0!	#ΔΙΑΙΡ./0!	
96%	97%	95%	0%	0%	0%	
83%	83%	82%	2%	3%	3%	
56%	56%	56%	55%	47%	47%	
18%	18%	18%	74%	78%	78%	
21%	22%	22%	70%	72%	72%	
80%	80%	80%	20%	13%	13%	
98%	98%	98%	0%	0%	0%	
99%	99%	98%	0%	0%	0%	
99%	99%	99%	#ΔΙΑΙΡ./0!	#ΔΙΑΙΡ./0!	#ΔΙΑΙΡ./0!	

Βιβλιογραφία

❖ Ελληνόγλωσση

Ενέργειας, Υ. Π., & Άρθρο 6 – Κλιματικές ζώνες. <http://www.opengov.gr/minenv/?p=189>.

Μαμάσης Νικόλαος, Κουτσογιάννης Δημήτρης Τομέας Υδατικών Πόρων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, σημειώσεις Υδρομετεωρολογίας (2012)

Κατσουλάκος Νικόλαος Μ. *Βέλτιστη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ορεινές περιοχές. Η περίπτωση του Μετσόβου*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. (Μάρτιος 2013)

ΤΕΕ. *ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ*. Ανάκτηση από <https://web.tee.gr/kenak/>.

ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε20701-1/2017. (2017, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ). ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ. ΑΘΗΝΑ.

Υ.Π.Ε.Κ.Α, & Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. (2010, ΙΟΥΛΙΟΣ). ΘΕΡΜΟΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ. *ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ*. ΑΘΗΝΑ.

ΥΠΕΝ Αλεξανδρή Ελευθερία, Λ. Κ. (2022). *Βιοκλιματικός σχεδιασμός στον ελλαδικό χώρο*. ΑΘΗΝΑ: ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ.

Gaglia, Athina & Argiriou, Athanassios & Dialynas, E.N. & Kostopoulou, Effie. (2018). ΒΑΘΜΟΗΜΕΡΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ – ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΝΑ ΧΡΗΣΗ ΚΤΗΡΙΩΝ (Heating Degree Days in Greece - Classification by Building Operation Profile).

Papakostas, K. & Tsilingiridis, George & N., KYRIAKIS. (2010). Cooling Degree-days for 50 Greek Cities. *Tech. Chron. Sci. J. TCG*, 1. 1. 161-174.

❖ Ξενόγλωσση

CIBSE, C. I. (2006). *Degree-days : theory and application*. Ανάκτηση από The Chartered Institution of Building Services Engineers https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/1/ME550/1/material_docente/bajar?id_material=165384

Erbs D., Klein S. & Beckman, W. (1983) Estimation of Degree-Days and Ambient Temperature Bin Data from Monthly-Average Temperatures. *ASHRAE Journal*, 25

eurostat. *Heating and cooling degree days - statistics*. Ανάκτηση από
[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-
explained/index.php?title=Heating_and_cooling_degree_days_-_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Heating_and_cooling_degree_days_-_statistics)
(2023, AUGUST)

Hitchin, Roger. (1983). Estimating monthly degree-days. *Building Services Engineering Research & Technology - BUILD SERV ENG RES TECHNOL*. 4. 159-162. 10.1177/014362448300400404.

Jankovic, Aleksandar & Podrascanin, Zorica & Djurdjevic, Vladimir. (2019). Future climate change impacts on residential heating and cooling degree days in Serbia. *Idojaras (Budapest, 1905)*. 123. 351-370. 10.28974/idojaras.2019.3.6.

NATIONAL WEATHER SERVICE, N. *What is the heat index?* Ανάκτηση από
<https://www.weather.gov/ama/heatindex>

NATIONAL WEATHER SERVICE, N. *WIND CHILL CHART*. Ανάκτηση από
<https://www.weather.gov/safety/cold-wind-chill-chart>

NWS, N. W. *HEATING AND COOLING DEGREE DAYS*. Ανάκτηση από
https://www.weather.gov/key/climate_heat_cool

Thevenard, D.. (2011). Methods for estimating heating and cooling degree-days to any base temperature. *ASHRAE Transactions*. 117. 884-891.

❖ Ιστοσελίδες

<http://www.opengov.gr>

<https://www.weather.gov>

<https://ec.europa.eu>

<https://system.openhi.net/>