

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

---

«Δημιουργία ηλεκτρονικής βάσης δεδομένων βαθμομερών ψύξης και θέρμανσης για αντιπροσωπευτικές περιοχές της Κρήτης»



Παπαμάνου Μαρία Α.Μ.:51204508

Επιβλέπων καθηγητής: Δρ. Μουστρής Κωνσταντίνος

ΑΙΓΑΛΕΩ, 2022

## Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Όνοματεπώνυμο	Υπογραφή
Μουστρής Κωνσταντίνος	
Ντούρου Κλεοπάτρα	
Νάζος Αντώνιος	

## Δήλωση Συγγραφέα Διπλωματικής Εργασίας

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Παπαμάνου Μαρία του Δημητρίου, με αριθμό μητρώου 51204508 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα



Παπαμάνου Μαρία

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή Δρ. Μουστρή Κωνσταντίνο που με ανέλαβε για την συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, για την επίβλεψή του όλο αυτό το διάστημα και την βοήθειά που μου προσέφερε για την καλύτερη κατανόηση του θέματος για την υλοποίηση της εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου ξεχωριστά, που ήταν δίπλα μου και με στήριξε στην όλη πορεία των σπουδών μου για την επίτευξη των στόχων μου.

## Περίληψη

Στη παρούσα διπλωματική εργασία θα δημιουργηθεί μια ηλεκτρονική βάση δεδομένων βαθμοημερών ψύξης (BHΨ) και θέρμανσης (BHΘ) για 20 περιοχές της Κρήτης, με διαφορετικά η κάθε μια χαρακτηριστικά. Οι ημερήσιες τιμές των BHΨ και BHΘ έχουν υπολογιστεί για 4 διαφορετικές θερμοκρασίες βάσης. Για τις βαθμοημέρες θέρμανσης επιλέχθηκαν ως βασικές θερμοκρασίες οι 15°C και οι 18°C, ενώ για ψύξη οι 28°C και οι 30°C. Για τον υπολογισμό αυτό, θα χρησιμοποιηθούν ημερήσιες τιμές θερμοκρασίας, όπως αυτές έχουν καταγραφεί από το δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Η τελική μορφή των αρχείων που θα παραχθούν θα είναι τέτοια ώστε να είναι χρήσιμα για τη μελέτη των ενεργειακών αναγκών σε κτίρια, με τη μέθοδο των βαθμοημερών ψύξης/θέρμανσης. Πέρα από την έννοια της βαθμοημέρας που είναι το κύριο κομμάτι, θα γίνει ανασκόπηση και σε διάφορες γενικές έννοιες όπως το τι ορίζεται ως θερμική άνεση, ως αστική θερμική νησίδα, πως η κλιματική αλλαγή επηρεάζει αυτό το ζήτημα, σε ποιους τομείς χρησιμεύουν οι βαθμοημέρες, από τι εξαρτώνται και πως διαχωρίζονται οι κλιματικές ζώνες. Όλα αυτά αφορούν άμεσα τον άνθρωπο και αποτελούν σημαντικό παράγοντα για την ζωή του. Επίσης θα γίνει αναφορά στους διάφορους τρόπους υπολογισμού των βαθμοημερών και σε ποια μέθοδο τελικά έγινε χρήση για την εργασία. Έπειτα θα ακολουθήσει το πειραματικό μέρος, ώστε βήμα-βήμα να γίνει απολύτως κατανοητό το θέμα και να λυθεί οποιαδήποτε απορία δημιουργηθεί, μέσω των απαραίτητων σχολιασμών. Γι'αυτό το λόγο θα παρουσιαστούν αναλυτικοί πίνακες και διαγράμματα, βάση των αποτελεσμάτων τους. Μετέπειτα θα φανούν οι χωρικές κατανομές που σχεδιάστηκαν και τα διαγράμματα διασποράς μεταξύ υψομέτρου και βαθμοημερών θέρμανσης και ψύξης αντίστοιχα, που αφορούν την συσχέτιση των μετρήσεων.

Λέξεις κλειδιά: Βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης, Κρήτη, Κτίρια, Θερμοκρασίες βάσης.

## Abstract

In this dissertation an electronic database of cooling degree days (CDD) and heating degree days (HDD) for 20 areas of Crete with different characteristics will be created. The daily values of HDD and CDD have been calculated for 4 different base temperatures. For the heating days, the temperatures base were selected are 15 °C and 18°C, while for the cooling days, selected 28 °C and 30 °C. For this calculation, daily temperature values will be used, as they have been recorded by the network of meteorological stations of the National Observatory of Athens. The final form of the files that will be produced will be such that they will be useful for the study of the energy needs in buildings with the method of cooling / heating degree days. Apart from the concept of degree day which is the main part, there will be a review of various general concepts such as what is defined as thermal comfort, as an urban heat island, how climate change affects this issue, in what areas the degree days are used, by what climatic zones depend on and how they are separated. All this directly concerns human and is an important factor in his life. Also, will be made to the various ways of calculating degree days and which method was ultimately used for the work. Then the experimental part will follow, so that step by step the subject is fully understood and any question that arises is solved, through the necessary comments. For this reason, detailed tables and graphs will be presented, based on their results. Later, the spatial distributions that have been designed and the scatter graphs between altitude and heating and cooling, degree days respectively, concerning the correlation of the measurements will be seen.

Keywords: Cooling and heating degree days, Crete, Buildings, Temperatures base.

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	5
Abstract .....	6
Κατάλογος Εικόνων .....	8
Κατάλογος Χαρτών.....	8
Κατάλογος Σχημάτων.....	8
Κατάλογος Διαγραμμάτων .....	8
Κατάλογος Πινάκων.....	9
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	10
1.1 Η έννοια της βαθμομέρας.....	10
1.2 Θερμοκρασία βάσης.....	11
1.3 Θερμική άνεση .....	12
1.4 Φαινόμενο αστικής θερμικής νησίδας.....	12
1.5 Κλιματική αλλαγή .....	13
1.6 Διαχωρισμός των κλιματικών ζωνών .....	13
1.7 Ενεργειακή κατανάλωση ενός κτηρίου .....	14
1.8 Ο ρόλος των βαθμομερών σε γεωργικές καλλιέργειες.....	15
1.9 Διαφορετικοί τρόποι υπολογισμού βαθμομερών .....	16
1.9.1 Ωριαία μέθοδος.....	16
1.9.2 Φόρμουλα ASHRAE.....	17
1.9.3 Εξίσωση UKMO .....	18
1.9.4 Μέθοδος μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας Schoenau–Kehrig.....	18
1.9.5 Μέθοδος Hitchin .....	19
1.9.6 Μέθοδος Erbs et al. ....	19
Κεφάλαιο 2: Μεθοδολογία, υπολογισμοί και αποτελέσματα.....	21
2.1 Μεθοδολογία .....	21
2.2 Υπολογισμοί.....	25
2.3 Αποτελέσματα .....	28
2.4 Διαγράμματα .....	42
Κεφάλαιο 3: Μέθοδος Kriging, Χωρική κατανομή HDD και CDD .....	46
3.1 Μέθοδος Kriging.....	46
3.2 Χωρική κατανομή των HDD.....	46
3.2.1 Χωρική κατανομή βαθμομερών θέρμανσης με βάση θερμοκρασίας 15°C.....	47
3.2.2 Χωρική κατανομή βαθμομερών θέρμανσης με βάση θερμοκρασίας 18°C.....	49

3.3 Χωρική κατανομή των CDD .....	51
3.3.1 Χωρική κατανομή βαθμομερών ψύξης με βάση θερμοκρασία 28°C .....	51
3.3.2 Χωρική κατανομή βαθμομερών ψύξης με βάση θερμοκρασία 30°C .....	53
Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα.....	55
Βιβλιογραφία.....	57

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης με βάση μια ζώνη θερμοκρασιών άνεσης.....	11
---	----

## Κατάλογος Χαρτών

Χάρτης 1. Οι κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα. ....	14
Χάρτης 2. Οι μετεωρολογικοί σταθμοί της Κρήτης.....	25

## Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1. Χωρική κατανομή των HDD με βάση τους 15°C. Οι διακεκομμένες γραμμές αντιπροσωπεύουν τις ισοϋψείς (από το επίπεδο της θάλασσας) σε m. ....	47
Σχήμα 2. Χωρική κατανομή των HDD με βάση τους 18°C. Οι διακεκομμένες γραμμές αντιπροσωπεύουν τις ισοϋψείς (από το επίπεδο της θάλασσας) σε m. ....	49
Σχήμα 3. Χωρική κατανομή των CDD με βάση τους 28°C. Οι διακεκομμένες γραμμές αντιπροσωπεύουν τις ισοϋψείς (από το επίπεδο της θάλασσας) σε m. ....	51
Σχήμα 4. Χωρική κατανομή των CDD με βάση τους 30°C. Οι διακεκομμένες γραμμές αντιπροσωπεύουν τις ισοϋψείς (από το επίπεδο της θάλασσας) σε m. ....	53

## Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1. Ετήσιες βαθμοημέρες θέρμανσης για θερμοκρασία βάσης τους 18°C.....	42
Διάγραμμα 2. Ετήσιες βαθμοημέρες θέρμανσης για θερμοκρασία βάσης τους 15°C.....	43
Διάγραμμα 3. Ετήσιες βαθμοημέρες ψύξης για θερμοκρασία βάσης τους 28°C. ....	44
Διάγραμμα 4. Ετήσιες βαθμοημέρες ψύξης για θερμοκρασία βάσης τους 30°C. ....	45
Διάγραμμα 5. Διάγραμμα διασποράς των HDD (με βάση τους 15°C) σε συνάρτηση με το υψόμετρο του τόπου, πάνω από το επίπεδο της θάλασσας σε m. ....	48
Διάγραμμα 6. Διάγραμμα διασποράς των HDD (με βάση τους 18°C) σε συνάρτηση με το υψόμετρο του τόπου, πάνω από το επίπεδο της θάλασσας σε m. ....	50
Διάγραμμα 7. Διάγραμμα διασποράς των CDD (με βάση τους 28°C) σε συνάρτηση με το υψόμετρο του τόπου, πάνω από το επίπεδο της θάλασσας σε m. ....	52
Διάγραμμα 8. Διάγραμμα διασποράς των CDD (με βάση τους 30°C) σε συνάρτηση με το υψόμετρο του τόπου, πάνω από το επίπεδο της θάλασσας σε m. ....	54



## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Διαχωρισμός των νομών βάση των κλιματικών ζωνών.....	14
Πίνακας 2. Μετεωρολογικά δεδομένα ενός σταθμού. ....	22
Πίνακας 3. Υπολογισμός δεδομένων σε φύλλο excel. ....	23
Πίνακας 4. Πληροφορίες των 20 σταθμών.....	24
Πίνακας 5. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Άγιοι Πάντες Χανίων. ....	28
Πίνακας 6. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Άγιος Νικόλαος. ....	29
Πίνακας 7. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Ανώγεια. ....	30
Πίνακας 8. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Ασή Γωνιά Χανίων.....	30
Πίνακας 9. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Βαγωνιά Ηρακλείου. ....	31
Πίνακας 10. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Έλος Χανίων. ....	32
Πίνακας 11. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Ηράκλειο. ....	32
Πίνακας 12. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Ιεράπετρα. ....	33
Πίνακας 13. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Παλαιόχωρα. ....	34
Πίνακας 14. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Πλακιάς Ρεθύμνου.....	34
Πίνακας 15. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Ρέθυμνο-Πόλη. ....	35
Πίνακας 16. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Σαμαριά (Δρυμός). ....	35
Πίνακας 17. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Σέμπρωνας Χανίων. ....	36
Πίνακας 18. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Σητεία. ....	37
Πίνακας 19. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Σφακιά. ....	37
Πίνακας 20. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Τζερμιάδων.....	38
Πίνακας 21. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Φαλάσαρνα Χανίων.....	38
Πίνακας 22. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Φινοκαλιά Λασιθίου. ....	39
Πίνακας 23. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Φουρφουράς Ρεθύμνου. ....	40
Πίνακας 24. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Χανιά Κέντρο. ....	40
Πίνακας 25. Μέσες ετήσιες τιμές HDD και CDD όλων των σταθμών. ....	41

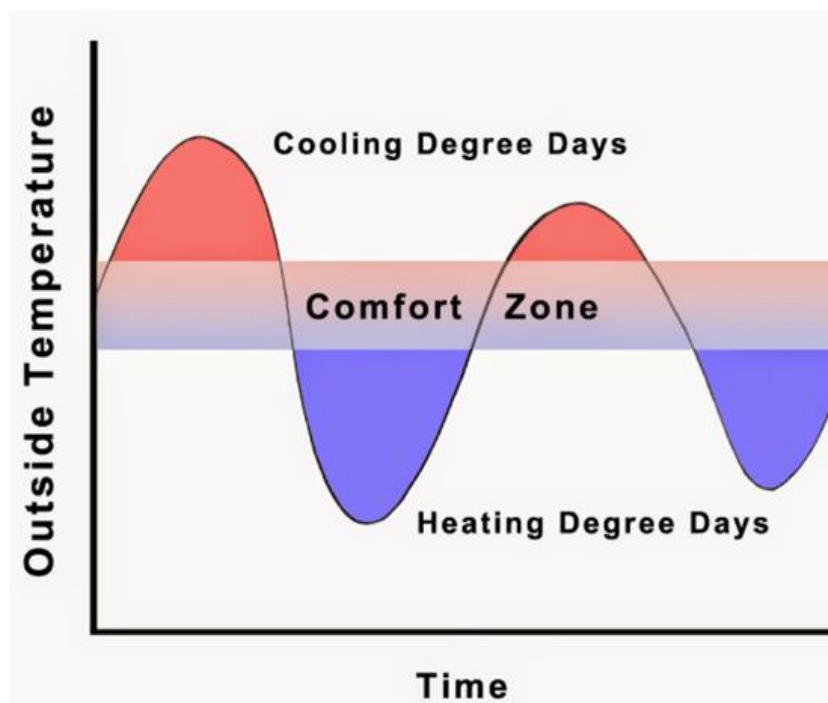
## Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα γίνει σαφές η έννοια της βαθμομέρας αλλά και η χρησιμότητά της. Επειδή θα γίνει διατριβή σε αυτό το θέμα, κεντρίζεται το ενδιαφέρον του αναγνώστη στο να αρχίζει να καταλαβαίνει περισσότερα για το ποιοι είναι οι λόγοι που το κλίμα επηρεάζεται και μαζί με αυτό επηρεάζεται και ο ίδιος αναλόγως την περιοχή που μένει. Μέσω υπολογισμών και διαγραμμάτων θα εξηγηθεί και αναλυτικότερα ο ορισμός αυτός για την πλήρη σαφήνεια του θέματος. Σαν γενική έννοια όσον αφορά τις βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ αυτών των δεικτών, αναλόγως το υψόμετρο και την γεωγραφική θέση της κάθε περιοχής. Συγκεκριμένα στην Κρήτη που γίνεται αυτή η μελέτη, δεν μπορούν να συγκριθούν οι πόλεις αλλά και τα χωριά που βρίσκονται σε ορεινές περιοχές, με αυτά που βρίσκονται κοντά στην θάλασσα, επομένως είναι λογικό να υπάρχει μεγάλη απόκλιση των αποτελεσμάτων. Οπότε οι ενεργειακές ανάγκες είναι διαφορετικές στα αντίστοιχα κτήρια, συνεπώς με αυτό το σκεπτικό δεν είναι απόλυτα ακριβής ο διαχωρισμός των νομών της Κρήτης στην ίδια κλιματική ζώνη όπως θα δούμε παρακάτω, βάση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), αφού υπάρχουν διαφορές από νομό σε νομό, αποδεικνύοντάς το στη συνέχεια. Ο λόγος που αναφέρονται οι κλιματικές ζώνες είναι επειδή οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο πάνω από 500m, κατατάσσονται στην αμέσως ψυχρότερη κλιματική ζώνη. Βέβαια εξαίρεση αποτελούν οι περιοχές της Δ ζώνης που τα χαρακτηριστικά τους παραμένουν ως έχουν ανεξαρτήτως υψομέτρου (ΥΠΕΚΑ, 2012:7), αν και θα αναλυθεί περισσότερο στη συνέχεια της εργασίας. Επομένως αποτελεί καινοτομία για τον άνθρωπο να μαθαίνει νέα πράγματα που τον αφορούν άμεσα, γι' αυτό το λόγο θα γίνει αναφορά και σε πιο γενικές έννοιες.

### 1.1 Η έννοια της βαθμομέρας

Οι βαθμομέρες (DD) είναι ένας σημαντικός δείκτης κλιματικού σχεδιασμού που δείχνει τη διάρκεια (από την αρχή έως το τέλος) της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος (Mourshed, 2012). Χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της κατανάλωσης ενέργειας που σχετίζεται με τις καιρικές συνθήκες στα κτήρια, δηλαδή τον κλιματισμό και την θέρμανση στους εσωτερικούς χώρους (Mistry, 2019), επομένως συμπεραίνεται ότι είναι ο δείκτης όπου οι επαγγελματίες που ασχολούνται με την ενέργεια μπορούν εύκολα να προβλέψουν την ενεργειακή ζήτηση (Colinc, 2017). Στην ουσία, είναι το άθροισμα των διαφορών μεταξύ της θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα περιβάλλοντος και θερμοκρασίας αναφοράς ή αλλιώς βάσης ( $T_b$ ), που πρόκειται για την εξωτερική θερμοκρασία, στην οποία δεν χρειάζεται να λειτουργούν τα συστήματα θέρμανσης ή ψύξης ενός κτηρίου για να διατηρηθούν οι συνθήκες άνεσης, καθώς η συνολική απώλεια θερμότητας από το χώρο ισούται με την παροχή θερμότητας από τον ήλιο, τους χρήστες, τα φώτα και τον εξοπλισμό. Όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από τη βασική τότε υπάρχουν ανάγκες θέρμανσης, ενώ στην αντίθετη περίπτωση (αν είναι μεγαλύτερη), υπάρχουν ανάγκες ψύξης (Mourshed, op. cit.). Επομένως οι βαθμομέρες θέρμανσης (Heating

Degree Days-HDD) είναι το μέτρο που δείχνει πόσο κρύα ήταν η θερμοκρασία, μια συγκεκριμένη ημέρα ή κατά τη διάρκεια μιας περιόδου ημερών και οι βαθμομέρες ψύξης (Cooling Degree Days- CDD) το μέτρο για το πόσο ζεστή ήταν η θερμοκρασία αντίστοιχα. (U.S. Energy Information Administration, 2021).



Εικόνα 1. Βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης με βάση μια ζώνη θερμοκρασιών άνεσης.

## 1.2 Θερμοκρασία βάσης

Υπάρχει μία θερμοκρασία που ονομάζεται θερμοκρασία σημείου ισορροπίας (balance point temperature (BPT)), που όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι πολύ χαμηλή ή υψηλή να είναι σίγουρο ότι δε θα υπάρχει θερμαντική ή ψυκτική ανάγκη. Γίνεται χρήση της BPT για να καθοριστεί η θερμοκρασία βάσης που αποτελεί βασικό στοιχείο για την μέθοδο των βαθμομερών (Azevedo, et. al., 2015). Η θερμοκρασία βάσης είναι η θερμοκρασία περιβάλλοντος που οι απώλειες είναι ίσες με τα κέρδη και εξαρτάται από την θερμοκρασία του χώρου, την μόνωση του κτηρίου και τα εσωτερικά ηλιακά κέρδη. Η πρώτη θερμοκρασία βάσης που λήφθηκε ήταν 18,3°C (συνηθέστερη), διότι ως δεδομένο πάρθηκε ότι οι 21,1°C είναι μια καλή θερμοκρασία άνεσης όπου οι 2,8°C από αυτούς αποδίδονται στους ενοίκους, στο ηλιακό κέρδος θερμότητας και σε διάφορες διεργασίες του χώρου. Γι' αυτό το λόγο οι βασικές θερμοκρασίες είναι πιο χαμηλές από την τιμή αναφοράς (Azevedo, et. al., op. cit.). Από όσα έχουν αναφερθεί μέχρι στιγμής, συμπεραίνεται πως με βάση τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον, επηρεάζεται σε ένα κτήριο η ζήτηση σε ενέργεια, όπου καλύπτεται άμεσα με την ανάλογη αύξηση ή μείωση της θερμοκρασίας εντός αυτού, ώστε οι άνθρωποι να αισθάνονται άνετα. Πρόβλημα αποτελεί ο καθορισμός της βασικής θερμοκρασίας, επειδή ως κριτήριο επιρροής κρίνεται ο σχεδιασμός των κτηρίων που αφορούν τα επίπεδα μόνωσης όπως

αναφέρθηκε και προηγουμένως. Για ένα κτήριο το οποίο δεν έχει μόνωση, οι θερμοκρασίες βάσης θα είναι χαμηλότερες σε σχέση με κάποιο που έχει, βέβαια παίζει ρόλο και η τοποθεσία στην ανάλογη θερμοκρασία που θα παρθεί (Büyükalaca, et. al., 2001). Επομένως αν γίνουν γνωστά για την περιοχή που γίνεται η μελέτη τέτοια στοιχεία, αλλά και τα εσωτερικά/εξωτερικά κέρδη που λαμβάνονται μαζί με τις απώλειες που ακολουθούν, διαφέρουν αναλόγως τους μήνες, γιατί το καλοκαίρι για παράδειγμα τα ηλιακά κέρδη είναι περισσότερα λόγω καιρού, οπότε είναι πιο εύκολο να βρεθεί η κατάλληλη βασική θερμοκρασία, στην οποία θα εξισορροπηθεί η κατάσταση χωρίς να χρειαστούν οι καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας.

### **1.3 Θερμική άνεση**

Ως θερμική άνεση ορίζεται η αίσθηση μιας πνευματικής κατάστασης πλήρους ευεξίας για τον άνθρωπο, που άμεσα σε αυτό επιδρούν και οι συνθήκες θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Δηλαδή είναι η κατάσταση που ένας άνθρωπος νιώθει άνεση μέσα στο χώρο τον οποίο βρίσκεται δίχως να θελήσει την αλλαγή θερμοκρασίας αυτού. Η βιοκλιματική λειτουργία του κτηρίου είναι πιο αποτελεσματική όταν η θερμότητα από τον ήλιο που συλλέγεται, αποθηκεύεται στη μάζα του, δηλαδή αν υπάρχει πολλή μάζα (π.χ. έπιπλα) είναι εύκολο για παράδειγμα με την ακτινοβολία του ήλιου, η μάζα να κρατήσει την θερμότητα που θα λάβει περισσότερη ώρα εντός, σχετικά με κάποιον χώρο που έχει λιγότερη μάζα. Οπότε όσο περισσότερη μάζα διαθέτει στο εσωτερικό του, τόσο μεγαλύτερη η ποσότητα θερμότητας που αποθηκεύεται σε αυτό, διατηρώντας έτσι σταθερή, για μεγάλη διάρκεια, τη θερμοκρασία του χώρου σε επίπεδα θερμικής άνεσης, περιορίζοντας τον χειμώνα τη λειτουργία της βοηθητικής θέρμανσης και της ψύξης το καλοκαίρι (Barris, 2011). Είναι φυσιολογικό η θερμική άνεση για το κάθε άτομο να διαφέρει, δεδομένου πως ο κάθε ένας αντιλαμβάνεται αλλιώς τη θερμοκρασία στο σώμα του αναλόγως την δραστηριότητά του, την κατάσταση υγείας του, την ηλικία, το φύλλο, το ντύσιμό του, όπου όλα αυτά δεν εξαρτώνται από το κλίμα. Οι παράμετροι που εξαρτώνται είναι οι περιβαλλοντικές, που επηρεάζουν το επίπεδο της θερμικής άνεσης και διαχωρίζονται ως εξής: υγρασία, θερμοκρασία του αέρα, κίνηση του αέρα, ακτινοβολούμενη θερμότητα, στην οποία διακρίνεται η μικρού μήκους ακτινοβολία από τα παράθυρα (ηλιακή ακτινοβολία) και η μεγάλου μήκους ακτινοβολία από φώτα, συσκευές, θερμότητα του ήλιου κλπ. (θερμική ακτινοβολία). (Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, 2017:139).

### **1.4 Φαινόμενο αστικής θερμικής νησίδας**

Το φαινόμενο της θερμικής νησίδας εμφανίζεται στις πυκνοδομημένες μεγαλουπόλεις, το οποίο παρατηρείται περισσότερο το καλοκαίρι λόγω της τεράστιας ποσότητας θερμότητας που συγκρατείται από τα κτήρια, την έλλειψη του πράσινου, τα κλιματιστικά, τα αυτοκίνητα και την άσφαλτο στους δρόμους, όπου το βράδυ γίνεται η αντίστροφη διαδικασία, απορρίπτοντας αυτή την θερμότητα προς την ατμόσφαιρα (Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, ό.π.:30-31). Γενικότερα αυτό το φαινόμενο δε

παρατηρείται σε περιαστικές περιοχές αλλά στο κέντρο μιας πόλης, που επηρεάζεται εξίσου κι από το γεωγραφικό ανάγλυφό της. Λόγω των ενεργειακών απαιτήσεων (κλιματισμός) που αυξάνονται με την υπερθέρμανση του περιβάλλοντος, συνεπάγεται το φαινόμενο της ρύπανσης αφού εκπέμπονται μονοξείδιο του άνθρακα (περίπου το 28% των εκπομπών σχετίζεται με την ενέργεια σε όλο τον κόσμο, λέγοντας πως είναι ένας από τους βασικούς λόγους που αφορά άμεσα την υπερθέρμανση του πλανήτη (Ukey, et. al., 2021), οξείδια του αζώτου και αιωρούμενα σωματίδια, καθώς μεγιστοποιούνται και οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Επίσης παρατηρείται αύξηση της συγκέντρωσης συγκεκριμένων αερίων ρύπων λόγω των κακών συνθηκών διασποράς και αυξημένης συγκέντρωσης σωματιδίων (Ερύμανθος, 2012), υποβαθμίζοντας έτσι τις συνθήκες θερμικής άνεσης (προκαλώντας θερμική δυσφορία σε εσωτερικούς αλλά και εξωτερικούς χώρους), με αποτέλεσμα την εμφάνιση προβλημάτων υγείας, νοσηρότητα σε ευπαθή ομάδες και κυρίως σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας καθώς και θνησιμότητα (από θερμοπληξία και άλλα αίτια) (ΚΥΚΠΕΕ, 2021). Οι υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων προκαλούν πέρα από προβλήματα υγείας (δυσφορία, αναπνευστικά προβλήματα, σωματική εξάντληση), επιπτώσεις στην ποιότητα της ατμόσφαιρας, καθώς τέτοιοι ρύποι μπορούν να οδηγήσουν σε όξινη βροχή, όπως εξίσου σοβαρό είναι το πρόβλημα της επιδείνωσής των θερμών ημερών λόγω παραγωγής όζοντος. (Τζαβαλή, 2015:28).

## 1.5 Κλιματική αλλαγή

Όλα τα παραπάνω που αναφέρθηκαν επηρεάζονται από την κλιματική αλλαγή, όπου μέσω αυτής, καθορίζονται οι περιβαλλοντικές συνθήκες επομένως κι οι εξωτερικές θερμοκρασίες. Έτσι λοιπόν θεωρείται σημαντικός παράγοντας, αφού υπάρχει επίδραση σε ολόκληρο τον πλανήτη, γιατί λόγω των ακραίων καιρικών φαινομένων και των βροχοπτώσεων που συναντώνται όλο και πιο συχνά πλέον, όπως και τα κύματα καύσωνα και ξηρασίας αναλόγως την τοποθεσία στην οποία βρίσκεται ο κάθε άνθρωπος, έχει αντίκτυπο στην υγεία του. Τις επόμενες δεκαετίες αναμένεται να εμφανισθεί ακόμα πιο ξαφνική η αλλαγή του κλίματος και η αρνητική επίδρασή του στον κόσμο (Climate Action, n.d.). Η συζήτηση αυτή γίνεται και για τον εγκλιματισμό, δηλαδή την δυνατότητα εφαρμογής της μεθοδολογίας των βαθμοημερών σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα, καθώς παίζει ρόλο το γεγονός ότι τέτοιος παράγοντας δεν μένει σταθερός στην εξέλιξη του χρόνου. Άρα είναι λογικό, πως με την αλλαγή των τοπικών θερμοκρασιών, θα ξεκινήσει να εγκλιματίζεται ο τοπικός πληθυσμός, οπότε θα διαφοροποιηθεί η θερμοκρασία άνεσης των μέχρι τότε δεδομένων όπως και η τιμή αναφοράς (Azevedo, op. cit.).

## 1.6 Διαχωρισμός των κλιματικών ζωνών

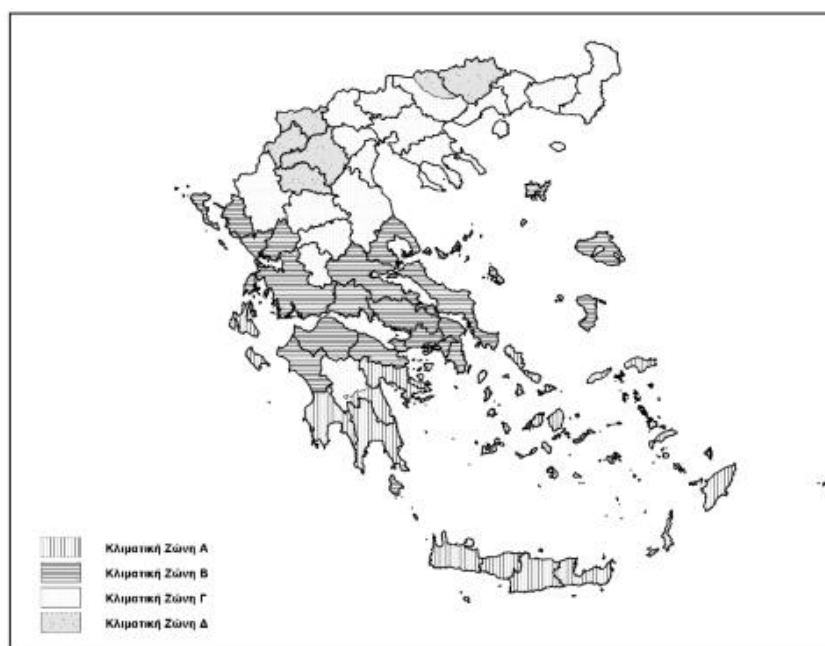
Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. η Ελληνική επικράτεια βάση των βαθμοημερών θέρμανσης διαχωρίζεται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες: Ζώνη Α, Ζώνη Β, Ζώνη Γ, Ζώνη Δ) (ΦΕΚ, 2010:4). Ο τρόπος εύρεσης των βαθμοημερών θέρμανσης για τις ελληνικές περιοχές, βασίζεται κυρίως στις τιμές της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας

κάθε περιοχής, που βρίσκονται από την επεξεργασία μετρήσεων της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (EMY) που μελετάται για χρόνια. (Αργυρίου, κ. ά. 2018:3).

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

Πίνακας 1. Διαχωρισμός των νομών βάση των κλιματικών ζωνών.

Παρακάτω απεικονίζεται ένας χάρτης, στον οποίο φαίνονται λεπτομερώς οι κλιματικές ζώνες κι οι περιοχές που ανήκουν σε αυτές, άρα ξεχωρίζουν οι θερμότερες και οι ψυχρότερες περιοχές.



Χάρτης 1. Οι κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.

## 1.7 Ενεργειακή κατανάλωση ενός κτηρίου

Οι βαθμομέρες είναι ένας πολύ σημαντικός δείκτης, που μέσω αυτού υπολογίζεται η κατανάλωση ενέργειας ενός κτηρίου. Είναι έγκυρη πηγή αποτελεσμάτων και φαίνεται κυρίως όταν η διαφορά της εξωτερικής με την εσωτερική θερμοκρασία είναι μεγάλη, τότε από το κτήριο απορρίπτεται εύκολα θερμότητα. Άρα όσο πιο πολύ κρύο επικρατεί, τόση θερμότητα θα χάνεται, επομένως

άλλη τόση ενέργεια θα χρειαστεί για να καταστεί όπως ήταν προηγουμένως (θέρμανση χώρου). Τώρα όσον αφορά την ψύξη, όσο μεγαλύτερη η θερμοκρασία από το φυσιολογικό επίπεδο, τόση παραπάνω ενέργεια θα χρειαστεί για την ψύξη του χώρου. Επίσης σε ένα κτήριο, η απώλεια θερμότητας αλλά και η προσθήκη αυτής έχει να κάνει και με το εσωτερικό του χώρου, πέρα από τις συνθήκες που επικρατούν έξω. Έγινε αναφορά και στην ενότητα της θερμικής άνεσης, για το ότι η μάζα σε ένα κτήριο είναι παράγοντας που επιδρά θετικά στην παραμονή μιας ικανοποιητικής θερμοκρασίας για τον χρήστη. Βέβαια εξαρτάται το κτήριο σε ποια κλιματική ζώνη ανήκει, διότι όσα ανήκουν στην Α και Β ζώνη χρειάζονται μεγαλύτερη θερμική μάζα για να ανταποκριθούν αποτελεσματικά ώστε να περιοριστεί ο κλιματισμός (Barris, ό.π.). Επίσης σε έναν χώρο που υπάρχουν αρκετά διαφανή στοιχεία, είναι εξίσου λογικό να απορροφάται παραπάνω ηλιακή ακτινοβολία εντός, αναλόγως τον προσανατολισμό που βρίσκονται κι αν αυτός είναι ιδανικός για την προσπίπτουσα ακτινοβολία. Ρόλο παίζουν κι οι ηλεκτρικές συσκευές, αφού παράγεται θερμότητα που συντελείται στη θέρμανση χώρου. Οπότε επηρεάζεται η κατανάλωση ενέργειας, όμως η μέθοδος των βαθμοημερών είναι ένας εύχρηστος τρόπος υπολογισμού αυτής.

## 1.8 Ο ρόλος των βαθμοημερών σε γεωργικές καλλιέργειες

Οι βαθμοήμερες είναι ένας εύχρηστος τρόπος για μετρήσεις σε χώρους που επιλέγονται, ώστε να ξέρει ο χρήστης αν χρειάζεται ενέργεια και πόση. Ο ρόλος των βαθμοημερών είναι κύριος σε δύο τομείς, εκ των οποίων ο ένας είναι τα κτήρια όπως έχει αναφερθεί έως τώρα και ο δεύτερος είναι στις γεωργικές καλλιέργειες.

Ειδικότερα για την γεωργία, είναι καλό να γνωρίζει ο παραγωγός όσα περισσότερα είναι δυνατόν για την καλλιέργειά του, το οποίο κατορθώνεται με τις βαθμοήμερες ανάπτυξης (GDD), που σύμφωνα και με τις καιρικές συνθήκες υπολογίζεται ο ρυθμός ανάπτυξης (ωρίμανσης) του φυτού. Στην ουσία μετρούν τη συσσωρευμένη θερμότητα που εκτίθεται κατά την καλλιεργητική περίοδο. Οι βαθμοί ανάπτυξης, (GDs) είναι ο μέσος ημερήσιος όρος μεταξύ ελάχιστων και μέγιστων θερμοκρασιών, που βρίσκεται πάνω από ένα όριο βασικής θερμοκρασίας, που συλλέγεται καθημερινά για μια χρονική περίοδο. Ανάλογα την καλλιέργεια αντιστοιχείται η θερμοκρασία βάσης της, στην οποία είναι μηδέν η ανάπτυξη του φυτού. Δίνοντας ως παράδειγμα τις καλλιέργειες ζωοτροφών και δημητριακών που δεν έχουν μεγάλη ανάπτυξη ή γίνεται σε μέση θερμοκρασία κάτω των 5°C. Επίσης οι GDD χρησιμεύουν για να βρεθεί αν η περιοχή που γίνονται οι καλλιέργειες, είναι ακατάλληλη ή όχι, για τα στάδια ζωής των εντόμων και ανάπτυξης των ζιζανίων, για την πρόβλεψη κάλλιστου χρόνου ώστε να ριχθεί το λίπασμα και τα φυτοφάρμακα αντίστοιχα, αλλά και το πότε είναι εφικτή η συγκομιδή των κτηνοτροφικών καλλιεργειών. Ο υπολογισμός της ημερήσιας βαθμοημέρας ανάπτυξης γίνεται με την ακόλουθη σχέση (Farmwest.com, n.d.):

$$GDD = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_{base} \quad (1.1)$$

Για τα σταφύλια, η θερμοκρασία βάσης ( $T_{base}$ ) είναι  $10^{\circ}\text{C}$ , για τα χόρτα και για τα δημητριακά είναι  $5^{\circ}\text{C}$ . Στην περίπτωση του καλαμποκιού υπάρχει άλλη μέθοδος που υπολογίζεται.

Κανονικά οι τιμές των GDD παίρνονται από την άνοιξη και μετά, που αρχίζει η ανάπτυξη. Ως μέγιστη θερμοκρασία λαμβάνονται οι  $30^{\circ}\text{C}$  που είναι η συχνότερη τιμή για τα φυτά, αφού δεν ωριμάζουν πιο γρήγορα πάνω από αυτή. Υπάρχουν βέβαια περιπτώσεις που θα παρθεί υψηλότερη από  $30^{\circ}\text{C}$  μιας και οι σπόροι και τα φρούτα χρειάζονται υψηλές θερμοκρασίες για την ανάπτυξή τους. Σε περίπτωση που η μέση ημερήσια θερμοκρασία είναι μικρότερη από την βασική τότε οι GDD θα ισούται με μηδέν.

## 1.9 Διαφορετικοί τρόποι υπολογισμού βαθμοημερών

Βάση των υπαρχόντων δεδομένων της θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα που επικρατεί, υπάρχουν και οι ανάλογες μέθοδοι υπολογισμού των βαθμοημερών θέρμανσης και ψύξης. Μέσα σε αυτές διακρίνονται η ωριαία μέθοδος που προκύπτουν πιο αξιόπιστα αποτελέσματα, όμως δε χρησιμοποιείται για όλες τις εφαρμογές, αφού δεν υπάρχει διαθεσιμότητα ωριαίων θερμοκρασιακών τιμών για πολλές τοποθεσίες (Mourshed, op. cit.). Γενικότερα προτιμάται σαν μέθοδος για την εύρεση των βαθμοημερών θέρμανσης, όταν δίνονται τα δεδομένα που αφορούν τις ωριαίες τιμές θερμοκρασίας, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως. Όταν όμως υπάρχει έλλειψη μετεωρολογικών δεδομένων, χρησιμοποιούνται δύο γνωστές μεθοδολογίες οι οποίες ονομάζονται ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) και UKMO (United Kingdom Met Office), που είναι απλές στην πράξη και το μόνο που χρειάζεται για τους υπολογισμούς είναι δύο ημερήσιες θερμοκρασίες (ελάχιστες και μέγιστες) (Carpio, et. al. (2022)). Άλλες μέθοδοι που αναπτύχθηκαν ήταν τα έργα των Thom, Schoenau και Kehrig, Erbs et al., και Hitchin.

### 1.9.1 Ωριαία μέθοδος

Για τη συγκεκριμένη μέθοδο για να βρεθούν οι βαθμοώρες αντλούνται ωριαίες θερμοκρασιακές τιμές από την τοποθεσία που θα γίνει η εκτίμηση, ώστε να προκύψει το αποτέλεσμα από το άθροισμα των διαφορών μεταξύ αυτών και της θερμοκρασίας βάσης που έχει επιλεγεί. Ύστερα γίνεται διαίρεση με τις 24 ώρες της ημέρας για να παρθεί ο μέσος όρος βαθμοωρών ή βαθμοημερών. Οι βαθμοημέρες ημερήσιας θέρμανσης  $HDD_d$  και ψύξης,  $CDD_d$  δίνονται από τις Εξισώσεις:

$$HDD_d = \frac{\sum_{j=1}^{24}(T_b - T_i)^+}{24} \quad (1.2)$$

$$CDD_d = \frac{\sum_{j=1}^{24}(T_i - T_b)^+}{24} \quad (1.3)$$



Όπου:

- $T_i$ : Θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα
- $T_b$ : Θερμοκρασία βάσης

Το σύμβολο  $(+)$  σημαίνει πως λαμβάνονται μόνο οι θετικές διαφορές μεταξύ  $T_b$  και  $T_{mean}$ .

Οι μηνιαίες βαθμομέρες (DDm) υπολογίζονται από την εξίσωση:

$$DDm = \sum_{i=1}^n DDd, i \quad (1.4)$$

Όπου:

- $n$ : Ημέρες του μήνα
- $DDd, i$ : Ημερήσιες βαθμομέρες την  $i$  μέρα του μήνα

Οι ετήσιες βαθμομέρες (DDa) είναι το άθροισμα των μηνιαίων DDm:

$$DDa = \sum_{j=1}^{12} DDm, j \quad (1.5)$$

Αντιστοίχως,  $DDm, j$ : μηνιαίες βαθμομέρες του  $j$  μήνα του έτους.

## 1.9.2 Φόρμουλα ASHRAE

Από την φόρμουλα ASHRAE ουσιαστικά ορίζεται η μέθοδος μέσω ημερήσιων θερμοκρασιών. Η μέθοδος αυτή καθιστά τον υπολογισμό των βαθμομερών απλούστερο και υπολογίζεται από την μέση ημερήσια θερμοκρασία. Υπάρχει η λογική παραδοχή ότι το σύστημα θέρμανσης δε θα λειτουργεί τις μέρες που η μέση εξωτερική θερμοκρασία του αέρα ξεπερνάει την θερμοκρασία βάσης (Day, 2006). Οι ημερήσιες HDD και CDD βρίσκονται με τους ακόλουθους τύπους:

$$HDD_d = (T_b - T_d)^+ \quad (1.6)$$

$$CDD_d = (T_d - T_b)^+ \quad (1.7)$$

Όπου:

- $T_b$ : θερμοκρασίας βάσης
- $T_d$ : ημερήσια μέση θερμοκρασία, και υπολογίζεται:

$$T_d = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \quad (1.8)$$

- ✓  $T_{max}$ : Μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία
- ✓  $T_{min}$ : Ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία

### 1.9.3 Εξίσωση UKMO

Με την μέθοδο UKMO βασικό ρόλο παίζουν η θερμοκρασία βάσης ( $T_b$ ) και η μέγιστη ( $T_{max}$ ) με την ελάχιστη ( $T_{min}$ ) ημερήσια θερμοκρασία, διότι χρησιμοποιείται μία ημερήσια τιμή η οποία παίρνεται από μια ελάχιστη και μια μέγιστη θερμομέτρηση. Οι εξισώσεις που χρησίμευσαν για την εύρεση των  $HDD_d$  και  $CDD_d$  είναι οι παρακάτω:

$$HDD_d = \begin{cases} T_b - 0,5(T_{max} + T_{min}), & T_{max} \leq T_b \\ 0,5(T_b - T_{min}) - 0,25(T_{max} - T_b), & T_{min} < T_b \text{ και } (T_{max} - T_b) < (T_b - T_{min}) \\ 0,25(T_b - T_{min}), & T_{max} > T_b \text{ και } (T_{max} - T_b) > (T_b - T_{min}) \\ 0, & T_{min} \geq T_b \end{cases} \quad (1.9)$$

$$CDD_d = \begin{cases} 0,5(T_{max} + T_{min}) - T_b, & T_{min} \geq T_b \\ 0,5(T_{max} - T_b) - 0,25(T_b - T_{min}), & T_{max} > T_b \text{ και } (T_{max} - T_b) > (T_b - T_{min}) \\ 0,25(T_{max} - T_b), & T_{min} < T_b \text{ και } (T_{max} - T_b) < (T_b - T_{min}) \\ 0, & T_{max} \leq T_b \end{cases} \quad (1.10)$$

Υπάρχουν τέσσερις σχέσεις όπως φαίνεται παραπάνω που περιλαμβάνουν την ημερήσια διακύμανση θερμοκρασίας και τη βασική θερμοκρασία, γι' αυτό τίθενται και τέσσερα σενάρια. Όσον αφορά τους συντελεστές 0,5 και 0,25 εφαρμόζονται με δοκιμή και σφάλμα και στους υπολογισμούς που χρησιμοποιούνται, φαίνεται πως διαφέρουν από τοποθεσία σε τοποθεσία, επομένως η ακρίβεια των υπολογισμών αυτών εξαρτάται από την κάθε περιοχή.

### 1.9.4 Μέθοδος μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας Schoenau–Kehrig

Είναι από τις πιο γνωστές μεθόδους και ο τύπος υπολογισμού των μηνιαίων  $HDD_m$  δίνεται από την σχέση:

$$HDD_m = N \times S_d \times [Z_b \times F(Z_b) + f(Z_b)] \quad (1.11)$$

Όπου:

- $N$ : Οι ημέρες του μήνα
- $Z_b$ : Η διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας βάσης ( $T_b$ ) και της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας ( $T_m$ ), κανονικοποιημένη από την τυπική απόκλιση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας ( $S_d$ ) όπου βρίσκεται από την σχέση:

$$Z_b = \frac{T_b - T_m}{S_d} \quad (1.12)$$

- $f$ : Συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας Gauss με τυπική απόκλιση 1 και μέσο όρο 0 και ισχύει:

$$f(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{Z^2}{2}\right) \quad (1.13)$$

- $F$ : Ισοδύναμη αθροιστική συνάρτηση κανονικής πιθανότητας και ισχύει:

$$F(Z) = \int_{-\infty}^Z f(z)dz \quad (1.14)$$

Για την εύρεση των CDDm έχουμε:

$$CDDm = N \times Sd \times [Zb \times F(Zb) + f(Zb)] \quad (1.15)$$

Φαίνεται πως ο τρόπος υπολογισμού είναι ο ίδιος που χρησιμοποιήθηκε για την εύρεση των HDDm, με την μόνη διαφορά ότι:

$$Zb = \frac{Tm - Tb}{Sd} \quad (1.16)$$

### 1.9.5 Μέθοδος Hitchin

Σύμφωνα με τον Hitchin, προτείνεται μια μέθοδος εκτίμησης μηνιαίων βαθμομερών με περιορισμένα μετεωρολογικά δεδομένα, που δίνεται από την ακόλουθη σχέση (Hitchin, 1983):

$$DD = \frac{N(Tb - To)}{1 - e^{-k(Tb-To)}} \quad (1.17)$$

Όπου:

- N: Οι ημέρες του μήνα
- Tb: Βασική θερμοκρασία
- To: Μέση μηνιαία θερμοκρασία εξωτερικού αέρα
- DD: Ο αριθμός των βαθμομερών
- k: Σταθερά που σχετίζεται με την τοποθεσία και λαμβάνεται:
  - ✓  $k = \frac{2,5}{\sigma}$ , σ: τυπική απόκλιση μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας

### 1.9.6 Μέθοδος Erbs et al.

Οι βαθμομέρες θέρμανσης για έναν μήνα ( $D_H$ ) καθορίζονται από την σχέση (Erbs, et. al. 1983):

$$D_H(Tb) = \frac{N}{24} \int_{T_{min}}^{Tb} (Tb - T)P(T)d(T) \quad (1.18)$$

Όπου:

- N: Ο συνολικός αριθμός ωρών του μήνα
- $T_{min}$ : Η ελάχιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια του μήνα
- Tb: βασική θερμοκρασία
- P(T): Συνάρτηση κατανομής πυκνότητας για θερμοκρασία περιβάλλοντος

Το 24 είναι ο συντελεστής μετατροπής μεταξύ DH και που έχει μονάδες βαθμομέρων και το ολοκλήρωμα που έχει μονάδες βαθμοωρών.

Η σχέση αναπτύχθηκε από τον Thom ως εξής:

$$D_H = \frac{N}{24} (Tb - \bar{T}_a + l \sqrt{\frac{N}{24}} \sigma_m) \quad (1.19)$$

Όπου:

$$\checkmark \quad l = 0,34e^{-4,7h} - 0,15e^{-7,8h} \text{ για } h \geq 0 \quad (1.20)$$

$$\checkmark \quad l = 0,34e^{4,7h} - 0,15e^{7,8h} - h \text{ για } h \geq 0 \quad (1.21)$$

Και h ορίζεται:

$$h = \frac{Tb - \bar{T}_a}{\sqrt{\left(\frac{N}{24}\right) \sigma_m}} \quad (1.22)$$

➤  $\sigma_m$ : Τυπική απόκλιση των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών ( $\bar{T}_a$ )

Προσδιορίζοντας την  $\sigma_m$ :

$$\sigma_m = 1,45 - 0,0290\bar{T}_a + 0,0664\sigma_{yr} \quad (1.23)$$

$\bar{T}_a$  και  $\sigma_{yr}$  σε βαθμούς κελσίου (°C).

## **Κεφάλαιο 2: Μεθοδολογία, υπολογισμοί και αποτελέσματα**

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα αναδειχθεί η σειρά, η οποία ακολουθήθηκε για την εύρεση των αποτελεσμάτων. Αρχικά θα αναλυθεί η μεθοδολογία, για να γίνει πιο κατανοητός ο τρόπος της συλλογής δεδομένων και έπειτα με την βοήθεια αυτών, να γίνουν οι απαραίτητοι υπολογισμοί ώστε να παραχθούν τελικά οι μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές των βαθμοημερών.

### **2.1 Μεθοδολογία**

Αρχικά από την ιστοσελίδα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ), συλλέχθηκαν δεδομένα από σταθμούς που υπήρχαν πληροφορίες από 4ετία και άνω. Για την κάθε ημέρα του μήνα ξεχωριστά οι πληροφορίες οι οποίες δίνονται είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία, η υψηλότερη θερμοκρασία, η ώρα που συγκεντρώθηκαν οι μετρήσεις, η χαμηλότερη θερμοκρασία, οι HDD, οι CDD, η βροχόπτωση, η μέση καθώς και η μέγιστη ταχύτητα του ανέμου και η διεύθυνσή του. Από αυτά χρησιμοποιήθηκε η μέση μηνιαία θερμοκρασία για να υπολογιστούν εκ νέου οι βαθμοήμερες θέρμανσης με θερμοκρασία βάσης τους 15°C και 18°C, και ψύξης με 28°C και 30°C αντίστοιχα. Τα δεδομένα πάρθηκαν από περιοχές που βρίσκονταν σε διαφορετικά υψόμετρα και είχαν απόσταση μεταξύ τους ώστε να γίνει η κατάλληλη σύγκριση των αποτελεσμάτων, γι' αυτό το λόγο επιλέχθηκαν 20 περιοχές της Κρήτης. Έπειτα από τον υπολογισμό, πάρθηκαν τα αποτελέσματα βρίσκοντας εν τέλει τις μέσες ετήσιες τιμές των βαθμοημερών θέρμανσης και ψύξης, όπου μέσω αυτών φτιάχτηκαν τα κατάλληλα διαγράμματα για την επίδειξη των σταθμών και τις ανάγκες που έχει ο κάθε ένας τους με βάση τις παραπάνω θερμοκρασίες. Στο τέλος δημιουργήθηκαν 4 διαφορετικές χωρικές κατανομές για κάθε HDD και CDD αντίστοιχα, καθώς και διαγράμματα διασποράς, δείχνοντας την συσχέτιση μεταξύ του υψομέτρου και των ετήσιων τιμών τους, ώστε να φανεί το ποσοστό ακρίβειας από τις μετρήσεις και τους υπολογισμούς που έγιναν.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται όλες οι πληροφορίες που αναφέρθηκαν προ ολίγου για την κάθε ημέρα του μήνα.

TEMPERATURE (°C), RAIN (mm), WIND SPEED (km/hr)

DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	AVG WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
1	19.7	21.4	13:40	17.9	8:00	0.0	1.4	2.2	3.2	20.9	12:50	NNW
2	19.1	21.3	12:10	17.7	5:20	0.1	0.8	0.0	1.3	9.7	13:00	NW
3	18.9	22.6	12:50	13.3	23:50	0.9	1.4	0.0	1.8	16.1	14:50	NNW
4	18.0	25.8	14:40	11.6	4:50	2.6	2.3	0.0	3.1	24.1	14:50	NNW
5	19.7	28.0	13:10	12.8	4:10	1.7	3.0	0.0	3.2	22.5	13:50	SE
6	20.6	27.1	14:10	14.4	7:20	0.9	3.2	0.0	5.0	27.4	14:30	NNW
7	21.1	29.2	14:20	15.0	7:20	0.6	3.4	0.0	4.2	29.0	12:20	SE
8	22.0	27.3	12:30	16.2	5:20	0.2	3.9	0.0	5.6	32.2	10:50	NNW
9	20.0	26.6	12:50	13.7	6:40	1.1	2.8	0.0	2.1	19.3	13:10	E
10	20.2	26.5	13:00	14.0	7:30	1.0	2.9	0.0	2.9	17.7	13:20	ESE
11	25.9	31.1	10:00	19.7	1:10	0.0	7.7	0.0	14.8	80.5	15:00	SE
12	21.7	28.4	14:00	15.8	00:00	0.4	3.8	0.0	4.5	25.7	16:10	E
13	20.8	25.7	13:00	13.4	8:00	0.6	3.1	0.0	5.0	30.6	3:00	NNW
14	17.7	23.1	15:00	12.3	4:10	1.9	1.4	0.0	1.0	14.5	14:50	NE
15	17.6	24.2	13:30	11.1	3:40	2.5	1.7	0.0	1.8	19.3	15:10	ESE
16	17.8	24.2	15:00	11.1	6:50	2.3	1.8	0.0	1.9	17.7	11:20	ESE
17	18.3	24.4	15:30	13.3	8:00	1.8	1.8	0.0	1.8	16.1	11:30	ENE
18	18.3	25.5	12:40	12.0	7:10	2.2	2.2	0.0	1.8	17.7	13:30	E
19	20.0	25.5	14:00	14.9	4:10	0.6	2.3	0.0	2.1	25.7	14:10	SE
20	23.1	31.0	14:00	17.0	00:00	0.1	4.9	0.0	4.0	24.1	13:10	SE
21	18.8	24.4	13:40	15.2	4:10	1.0	1.5	5.8	1.4	12.9	10:50	ESE
22	20.9	28.3	16:00	15.7	1:20	0.6	3.2	0.2	2.7	17.7	12:30	NNE
23	18.2	21.1	15:40	14.7	23:10	0.7	0.6	13.2	2.6	27.4	23:40	SE
24	15.6	16.7	11:50	12.8	5:30	2.7	0.0	66.8	2.9	17.7	0:30	W
25	16.3	17.3	1:40	14.9	20:00	2.0	0.0	1.0	4.2	22.5	4:50	W
26	15.8	20.3	12:30	9.6	00:00	2.7	0.2	0.0	3.5	20.9	13:40	W
27	14.4	20.8	10:40	8.2	4:50	4.4	0.5	0.0	2.9	27.4	12:40	NNW
28	15.2	18.1	9:00	9.7	23:20	3.1	0.0	0.0	4.2	25.7	10:40	NNW
29	15.8	18.1	10:50	12.7	0:10	2.5	0.0	0.0	3.9	20.9	3:30	W
30	15.2	16.8	13:50	14.0	23:00	3.1	0.0	0.8	1.0	8.0	10:20	NW
31	15.1	15.9	10:30	14.3	0:10	3.2	0.0	9.6	1.3	9.7	16:40	NNW

Πίνακας 2. Μετεωρολογικά δεδομένα ενός σταθμού.

Είναι ένα υπόδειγμα για το πώς δίνονται τα μετεωρολογικά δεδομένα στην ιστοσελίδα του Αστεροσκοπείου για τον κάθε σταθμό. Βέβαια για την απλούστευση των πράξεων αλλά και τον σωστό τρόπο υπολογισμού των βαθμοημερών χρησιμοποιήθηκε ένα φύλλο εργασίας του excel.

Στον πίνακα φαίνεται το υπολογιστικό φύλλο του excel όπου έγιναν οι υπολογισμοί των δεδομένων.

Date	Year	Month	Day	Mean T	HDD(18)	HDD(15)	CDD(28)	CDD(30)
1/10/2015	2015	10	1	19,7	0	0	0	0
2/10/2015	2015	10	2	19,1	0	0	0	0
3/10/2015	2015	10	3	18,9	0	0	0	0
4/10/2015	2015	10	4	18	0	0	0	0
5/10/2015	2015	10	5	19,7	0	0	0	0
6/10/2015	2015	10	6	20,6	0	0	0	0
7/10/2015	2015	10	7	21,1	0	0	0	0
8/10/2015	2015	10	8	22	0	0	0	0
9/10/2015	2015	10	9	20	0	0	0	0
10/10/2015	2015	10	10	20,2	0	0	0	0
11/10/2015	2015	10	11	25,9	0	0	0	0
12/10/2015	2015	10	12	21,7	0	0	0	0
13/10/2015	2015	10	13	20,8	0	0	0	0
14/10/2015	2015	10	14	17,7	0,3	0	0	0
15/10/2015	2015	10	15	17,6	0,4	0	0	0
16/10/2015	2015	10	16	17,8	0,2	0	0	0
17/10/2015	2015	10	17	18,3	0	0	0	0
18/10/2015	2015	10	18	18,3	0	0	0	0
19/10/2015	2015	10	19	20	0	0	0	0
20/10/2015	2015	10	20	23,1	0	0	0	0
21/10/2015	2015	10	21	18,8	0	0	0	0
22/10/2015	2015	10	22	20,9	0	0	0	0
23/10/2015	2015	10	23	18,2	0	0	0	0
24/10/2015	2015	10	24	15,6	2,4	0	0	0
25/10/2015	2015	10	25	16,3	1,7	0	0	0
26/10/2015	2015	10	26	15,8	2,2	0	0	0
27/10/2015	2015	10	27	14,4	3,6	0,6	0	0
28/10/2015	2015	10	28	15,2	2,8	0	0	0
29/10/2015	2015	10	29	15,8	2,2	0	0	0
30/10/2015	2015	10	30	15,2	2,8	0	0	0
31/10/2015	2015	10	31	15,1	2,9	0	0	0

Πίνακας 3. Υπολογισμός δεδομένων σε φύλλο excel.

Παραπάνω είναι ένα παράδειγμα του τρόπου εύρεσης των βαθμοημερών για τον μήνα Οκτώβρη ενός σταθμού το έτος του 2015. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε για όλους τους μήνες του κάθε έτους που δίνονταν πληροφορίες στον εκάστοτε σταθμό. Στη συνέχεια έγινε αντικατάσταση των αρνητικών τιμών που προέκυψαν στις HDD(15°C), HDD(18°C), CDD(28°C), CDD(30°C) με το 0 για την αποφυγή τυχόν σφαλμάτων, αφού δεν γίνεται να υπάρχουν αρνητικές βαθμοημέρες. Επομένως το μόνο που θεωρείται σημαντικό σε αυτή την περίπτωση είναι οι τιμές που είναι μεγαλύτερες από το μηδέν, καθώς από αυτές φαίνεται τότε υπάρχει η ανάγκη θέρμανσης και ψύξης.

Οι 20 σταθμοί που μελετήθηκαν, φαίνονται παρακάτω:

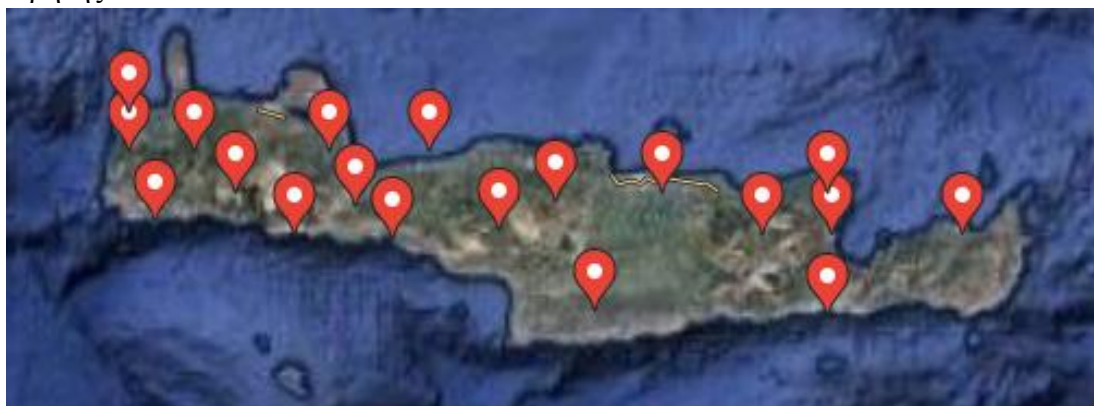
A/A	Σταθμοί	Υψόμετρο (m)	Γεωγραφικό Πλάτος	Γεωγραφικό Μήκος
1	Άγιοι Πάντες Χανίων	148	35°24'00" N	24°12'00" E
2	Άγιος Νικόλαος	30	35°11'58" N	25°42'53" E
3	Ανώγεια	801	35°17'00" N	24°53'00" E
4	Ασή Γωνιά Χανίων	380	35°30'	24°30'
5	Βαγωνιά Ηρακλείου	196	35°00'41" N	24°59'56" E
6	Έλος Χανίων	535	35°24'00" N	23°36'00" E
7	Ηράκλειο	115	35°18'	25°12'
8	Ιεράπετρα	5	35°00'	25°42'
9	Παλαιόχωρα	3	35°12'	23°42'
10	Πλακιάς Ρεθύμνου	5	35,19° N	24,39° E
11	Ρέθυμνο-Πόλη	50	35°24'	24°30'
12	Σαμαριά (Δρυμός)	1250	35°18'00" N	23°55'00" E
13	Σέμπρωνας Χανίων	640	35°24'	23°48'
14	Σητεία	30	35°12'15" N	26°05'47" E
15	Σφακιά	770	35°12'	24°06'
16	Τζερμιάδων	820	35°12'00" N	35°30'00" E
17	Φαλάσαρνα Χανίων	10	35°30'00" N	23°36'00" E
18	Φινοκαλιά Λασιθίου	250	35°18'	25°42'
19	Φουρφουράς Ρεθύμνου	471	35°12'40" N	24°42'50" E
20	Χανιά Κέντρο	7	35°30'00" N	23°36'00" E

Πίνακας 4. Πληροφορίες των 20 σταθμών.

Στον πίνακα 4 παρατηρούνται οι 20 σταθμοί με το ανάλογο υψόμετρο, γεωγραφικό πλάτος και μήκος τους. Όπως φαίνονται όλοι οι σταθμοί συγκεντρωμένοι διακρίνεται μια μεγάλη διαφορά όσον αφορά το υψόμετρο. Έχουν επιλεγθεί σταθμοί που το χαμηλότερο υψόμετρό από το επίπεδο της θάλασσας φτάνει στα 3m και το μεγαλύτερο στα 1250m. Γενικά η επιλογή έχει γίνει με τέτοιο τρόπο, ώστε με τα διαφορετικά υψόμετρα, να παραχθούν πολλά διαφορετικά αποτελέσματα, για να εντοπισθεί στην κάθε περίπτωση η ζήτηση σε ενέργεια αναλόγως την περίοδο που εξετάζεται (χειμώνα - καλοκαίρι). Οπότε θα είναι ακόμη πιο εύκολο να γίνει μια σύγκριση των αποτελεσμάτων και να φανεί εντονότερα πότε ξεχωρίζει η διαφορά ζήτησης.



Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένας χάρτης όπου εμφανίζονται οι 20 σταθμοί της Κρήτης.



Χάρτης 2. Οι μετεωρολογικοί σταθμοί της Κρήτης.

Στον παραπάνω χάρτη είναι εμφανείς οι τοποθεσίες των μετεωρολογικών σταθμών της Κρήτης βάση των συντεταγμένων τους. Για την ακρίβεια φαίνονται οι 19 διότι τα Φαλάσαρνα με τα Χανιά βρίσκονται στην ίδια τοποθεσία, βάση του γεωγραφικού πλάτους και μήκους τους, με διαφορά 3 μέτρων όσον αφορά το υψόμετρο. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, διαπιστώνεται η μεγάλη απόσταση που απέχουν οι σταθμοί μεταξύ τους, καθώς έχουν επιλεγθεί σχεδόν από τις περισσότερες γύρω περιοχές.

## 2.2 Υπολογισμοί

Στο κεφάλαιο 1 έγινε αναφορά στους διάφορους τρόπους υπολογισμού των βαθμομερών. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν η μέθοδος της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας (ASHRAE) ([βλέπε ενότητα 1.9.2](#)). Ως θερμοκρασίες βάσης για τις βαθμομέρες θέρμανσης πάρθηκαν οι 15°C και οι 18°C, ενώ για τις βαθμομέρες ψύξης οι 28°C και οι 30°C.

Οι σχέσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των βαθμομερών είναι οι εξής:

Βαθμομέρες θέρμανσης:

$$HDD(18^{\circ}\text{C}) = (T_{base} - T_{mean})^{+} \text{ όπου } T_{base} = 18^{\circ}\text{C} \quad (2.1)$$

$$HDD(15^{\circ}\text{C}) = (T_{base} - T_{mean})^{+} \text{ όπου } T_{base} = 15^{\circ}\text{C} \quad (2.2)$$

Βαθμομέρες ψύξης:

$$CDD(28^{\circ}\text{C}) = (T_{mean} - T_{base})^{+} \text{ όπου } T_{base} = 28^{\circ}\text{C} \quad (2.3)$$

$$CDD(30^{\circ}\text{C}) = (T_{mean} - T_{base})^{+} \text{ όπου } T_{base} = 30^{\circ}\text{C} \quad (2.4)$$

Ο τύπος των βαθμοημερών θέρμανσης και ψύξης εμπεριέχει την μέση θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα (περιβάλλοντος) ( $T_{mean}$ ) και την θερμοκρασία βάσης ( $T_{base}$ ). Η διαφορά είναι ότι στις HDD, αφαιρείται η μέση θερμοκρασία εξωτερικού αέρα από την βασική θερμοκρασία, ενώ στις CDD αφαιρείται η βασική από την εξωτερική. Ως βασική προϋπόθεση, είναι η διαφορά αυτή να προκύπτει θετική και στις δύο περιπτώσεις, αλλιώς η τιμή θα είναι μηδέν αφού δεν είναι αποδεκτό το αρνητικό αποτέλεσμα.

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα που προέκυψαν από την εύρεση των ημερήσιων HDD και CDD για όλους τους σταθμούς, υπολογίστηκαν οι μέσες μηνιαίες βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης. Για τις βαθμοημέρες βρέθηκε αρχικά ο μέσος όρος, αθροίζοντας για τον κάθε μήνα ξεχωριστά (σύμφωνα με τα έτη που παρέχονταν πληροφορίες) τις τιμές των ημερήσιων βαθμοημερών όπου και διαιρέθηκαν με το πλήθος αυτών και έπειτα πολλαπλασιάστηκε με τις ημέρες του κάθε μήνα.

Οι υπολογισμοί που έγιναν είναι οι εξής:

$$Monthly\ HDD(18^{\circ}C) = Average \left( \sum_i^n HDD(18^{\circ}C) \right) \times days\ of\ month \quad (2.5)$$

$$Monthly\ HDD(15^{\circ}C) = Average \left( \sum_i^n HDD(15^{\circ}C) \right) \times days\ of\ month \quad (2.6)$$

$$Monthly\ CDD(28^{\circ}C) = Average \left( \sum_i^n CDD(28^{\circ}C) \right) \times days\ of\ month \quad (2.7)$$

$$Monthly\ CDD(30^{\circ}C) = Average \left( \sum_i^n CDD(30^{\circ}C) \right) \times days\ of\ month \quad (2.8)$$

Όπου:

$n$ : τα έτη και  $i$ : οι ημέρες του κάθε έτους

Να τονισθεί ότι για τον μήνα Φεβρουάριο η τιμή που πολλαπλασιάστηκε είναι οι 28 ημέρες και όχι οι 29 που αφορούν το δίσεκτο έτος. Δεν επηρεάζει σημαντικά τα αποτελέσματα που εξάχθηκαν, επομένως δεν δημιουργεί πρόβλημα ο πολλαπλασιασμός με την τιμή αυτή.

Υστερα με την πραγματοποίηση των προηγούμενων πράξεων βρέθηκαν τελικά οι ετήσιες HDD και CDD του κάθε σταθμού. Οι ετήσιες βαθμομέρες είναι το κύριο ζήτημα στην εργασία αυτή, διότι θα φανούν οι ανάγκες κατανάλωσης ενέργειας στις περιοχές που βρίσκονται οι σταθμοί που πάρθηκαν οι μετρήσεις.

Οι πράξεις έγιναν με τους παρακάτω τύπους:

$$Annual\ HDD(18^{\circ}C) = \left( \sum_{i=1}^{k=12} Monthly\ HDD(18^{\circ}C) \right) \quad (2.9)$$

$$Annual\ HDD(15^{\circ}C) = \left( \sum_{i=1}^{k=12} Monthly\ HDD(15^{\circ}C) \right) \quad (2.10)$$

$$Annual\ CDD(28^{\circ}C) = \left( \sum_{i=1}^{k=12} Monthly\ CDD(28^{\circ}C) \right) \quad (2.11)$$

$$Annual\ CDD(30^{\circ}C) = \left( \sum_{i=1}^{k=12} Monthly\ CDD(30^{\circ}C) \right) \quad (2.12)$$

Στους τύπους παρουσιάζεται το άθροισμα των μέσων μηνιαίων βαθμομερών για την κάθε θερμοκρασιακή βάση ξεχωριστά.

Όπου:

κ: το έτος και i: οι μήνες του έτους.

Φαίνεται πως η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε ώστε να βρεθούν οι ετήσιες τιμές ήταν η πιο απλή, συγκριτικά με τις άλλες μεθοδολογίες που συζητήθηκαν ([βλέπε ενότητα 1.9](#)).

## 2.3 Αποτελέσματα

Σε αυτή την ενότητα, θα συζητηθούν οι πίνακες που δημιουργήθηκαν από τα αποτελέσματα των μηνιαίων και ετήσιων βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης, που βρέθηκαν από τους παραπάνω υπολογισμούς. Αφορά όλους τους μετεωρολογικούς σταθμούς που έχουν ήδη αναφερθεί, προκύπτοντας διαφορετικές τιμές αναλόγως την θερμοκρασία βάσης τους. Αυτοί οι πίνακες θα βοηθήσουν ώστε να φτιαχτούν μετέπειτα και τα ανάλογα διαγράμματα για την αναλυτική επεξήγησή τους.

Άγιοι Πάντες Χανίων				
Month	HDD(18°C)	HDD(15°C)	CDD(28°C)	CDD(30°C)
Ιανουάριος	272,8	182,9	0	0
Φεβρουάριος	207,2	126	0	0
Μάρτιος	176,7	89,9	0	0
Απρίλιος	90	30	0	0
Μάιος	15,5	0,93	0	0
Ιούνιος	0,21	0	1,44	0
Ιούλιος	12,09	9,92	3,72	1,116
Αύγουστος	0	0	4,96	0,93
Σεπτέμβριος	0,9	0	0	0
Οκτώβριος	31	2,48	0	0
Νοέμβριος	108	33	0	0
Δεκέμβριος	229,4	136,4	0	0
Έτος	1143,8	611,53	10,12	2,046

Πίνακας 5. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Άγιοι Πάντες Χανίων.

Στον πίνακα 5 φαίνονται οι μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον μετεωρολογικό σταθμό των Αγίων Πάντων Χανίων. Όπως διακρίνεται και στην ενότητα 2.1 ([βλέπε πίνακα 4](#)) βρίσκεται σε υψόμετρο των 148m από το επίπεδο της θάλασσας, γι' αυτό το λόγο παρατηρείται ότι οι μέσες μηνιαίες τιμές των βαθμομερών θέρμανσης από την αρχή του έτους είναι υψηλές και οι τιμές των βαθμομερών ψύξης είναι χαμηλές (σχεδόν όλες μηδενικές). Οφείλεται στο ότι όσο πιο υψηλό το υψόμετρο τόσες περισσότερες είναι οι ανάγκες για θέρμανση τον χειμώνα και λιγότερες για ψύξη/κλιματισμό το καλοκαίρι. Φαίνεται πως καθώς περνάνε οι μήνες, μειώνονται οι βαθμομέρες θέρμανσης, ειδικότερα για θερμοκρασία βάσης τους 15°C που είναι ακόμα μικρότερες οι απαιτήσεις. Σε αντίθεση με τις βαθμομέρες ψύξης, δεν σημειώνεται μεγάλη διαφορά μεταξύ των δύο θερμοκρασιών βάσης που έχουν επιλεγεί. Η τιμή παραμένει 0 σχεδόν σε όλους τους μήνες με εξαίρεση το καλοκαίρι, που είναι λογικό να υπάρχουν κάποιες απαιτήσεις, αλλά όχι σε μεγάλο βαθμό στη συγκεκριμένη περίπτωση. Ετησίως διακρίνεται, πως για θερμοκρασία βάσης 18°C οι απαιτήσεις είναι πολύ παραπάνω

συγκριτικά με του 15°C, ενώ για θερμοκρασία βάσης τους 30°C παρατηρούνται οι χαμηλότερες ενεργειακές ανάγκες σε σχέση με τους 28°C.

Άγιος Νικόλαος				
Month	HDD(18°C)	HDD(15°C)	CDD(28°C)	CDD(30°C)
Ιανουάριος	161,2	74,4	0	0
Φεβρουάριος	120,4	44,8	0	0
Μάρτιος	99,2	27,9	0	0
Απρίλιος	33,9	3,3	0	0
Μάιος	1,24	0	0,031	0
Ιούνιος	0	0	5,4	1,14
Ιούλιος	0	0	21,7	5,58
Αύγουστος	10,54	8,68	24,18	5,89
Σεπτέμβριος	3	1,8	2,1	0,06
Οκτώβριος	2,17	0,0248	0,124	0
Νοέμβριος	33,6	10,8	0	0
Δεκέμβριος	105,4	33,79	0	0
Έτος	570,65	205,4948	53,535	12,67

Πίνακας 6. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Άγιος Νικόλαος.

Για τον Άγιο Νικόλαο παρατηρούνται χαμηλές τιμές HDD και CDD αφού βρίσκεται σε υψόμετρο 3m. Πάλι διακρίνεται πως για βασική θερμοκρασία τους 18°C οι τιμές που προκύπτουν είναι πιο υψηλές, όμως όχι τόσο όσο υπολογίστηκαν για τους Αγίους Πάντες. Αυτό οφείλεται στο ότι βρίσκεται σε χαμηλότερο υψόμετρο ο σταθμός που πάρθηκαν οι μετρήσεις. Γενικά προέκυψαν διαφορές στα αποτελέσματα, γιατί φαίνεται πως δεν υπάρχουν τόσες πολλές απαιτήσεις για κατανάλωση σε θέρμανση, ιδίως από τον Μάιο μέχρι και τον Οκτώβριο. Το ίδιο ισχύει και για την ψύξη που οι τιμές είναι μικρές, δηλαδή δεν υπάρχει τόσο μεγάλη ανάγκη για κλιματισμό. Βέβαια για θερμοκρασία βάσης τους 28°C διαπιστώνεται πως ετησίως έχει διαφορά με τους 30°C, γιατί οι ανάγκες είναι περισσότερες, αλλά όχι σε σημαντικό επίπεδο. Επειδή βρίσκεται στα 30m επηρεάζει την κατάσταση, γιατί τους θερινούς μήνες δεν υπάρχει τόση δροσιά σε σχέση με το αν το ύψος ήταν μεγαλύτερο.

Ανώγεια				
Month	HDD(18°C)	HDD(15°C)	CDD(28°C)	CDD(30°C)
Ιανουάριος	345,96	254,2	0	0
Φεβρουάριος	291,2	209,72	0	0
Μάρτιος	263,5	173,6	0	0
Απρίλιος	168	98,1	0	0
Μάιος	75,95	31	0,558	0,01457
Ιούνιος	13,5	4,5	0,9	0,18
Ιούλιος	5,58	4,34	1,395	0,186
Αύγουστος	4,03	3,1	1,24	0,217
Σεπτέμβριος	18	3	0,18	0
Οκτώβριος	89,9	32,55	0	0
Νοέμβριος	171	90	0	0
Δεκέμβριος	291,4	200,88	0	0
Έτος	1738,02	1104,99	4,273	0,59757

Πίνακας 7. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Ανώγεια.

Ο σταθμός στην Ανώγεια βρίσκεται στα 820m και ήταν αναμενόμενες οι ετήσιες τιμές των HDD που προέκυψαν από τους υπολογισμούς να έφταναν τόσο υψηλά. Με την ίδια λογική ισχύει ότι ο χώρος που βρίσκεται ο χρήστης θα πρέπει να θερμαίνεται καλά τον χειμώνα, ιδιαίτερα τους μήνες Νοέμβριο έως Απρίλιο. Ενώ για το καλοκαίρι δεν αντιμετωπίζονται τέτοιου είδους ζητήματα όσον αφορά τον κλιματισμό. Το κτήριο τους θερινούς μήνες θα χρειαστεί σχεδόν μηδενική κατανάλωση αφού στην περίπτωση των CDD(28°C) προκύπτει τιμή των 4,273 και για CDD(30°C) προκύπτει μικρότερη της μονάδας, μόλις 0,60 περίπου.

Ασή Γωνιά Χανίων				
Month	HDD(18°C)	HDD(15°C)	CDD(28°C)	CDD(30°C)
Ιανουάριος	244,9	155	0	0
Φεβρουάριος	196	112	0	0
Μάρτιος	161,2	80,6	0	0
Απρίλιος	87	33,6	0	0
Μάιος	14,88	0,93	2,48	0,434
Ιούνιος	0,9	0	2,1	0,12
Ιούλιος	0	0	6,82	2,48
Αύγουστος	0	0	9,92	4,96
Σεπτέμβριος	1,5	0	1,5	0,09
Οκτώβριος	22,63	1,86	0,403	0
Νοέμβριος	84	23,4	0	0
Δεκέμβριος	186	93	0	0
Έτος	999,01	500,39	23,223	8,084

Πίνακας 8. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Ασή Γωνιά Χανίων.

Ο σταθμός στην Ασή Γωνιά Χανίων βρίσκεται στα 380m, ένα ενδιάμεσο σχετικά ύψος συγκριτικά με ότι έχει φανεί μέχρι στιγμής. Παρατηρούνται κανονικές οι ετήσιες τιμές HDD και CDD που προέκυψαν. Μέχρι τον Σεπτέμβρη-Οκτώβρη φαίνεται πως υπάρχει έστω και λίγο η επιθυμία δροσισμού εσωτερικά του κτηρίου. Αυτό σημαίνει ότι εκείνη την περίοδο η εξωτερική θερμοκρασία είναι κατάλληλη, για ελάχιστη κατανάλωση όσον αφορά ψύξη αλλά και θέρμανση, αφού οι τιμές είναι εξίσου μειωμένες για τότε.

Βαγωνιά Ηρακλείου				
Month	HDD(18°C)	HDD(15°C)	CDD(28°C)	CDD(30°C)
Ιανουάριος	244,9	151,9	0	0
Φεβρουάριος	187,6	106,4	0	0
Μάρτιος	164,3	74,4	0	0
Απρίλιος	75	21	0	0
Μάιος	9,3	0,217	1,55	0,372
Ιούνιος	0,21	0	6	1,8
Ιούλιος	0	0	15,19	3,1
Αύγουστος	0	0	12,4	3,72
Σεπτέμβριος	0	0	0,9	0,03
Οκτώβριος	9,3	0,031	0,0155	0
Νοέμβριος	69	13,5	0	0
Δεκέμβριος	192,2	99,2	0	0
Έτος	951,81	466,648	36,0555	9,022

Πίνακας 9. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Βαγωνιά Ηρακλείου.

Για Βαγωνιά Ηρακλείου με υψόμετρο 196m παρουσιάζονται παρόμοια αποτελέσματα ετησίως με μικρές διαφορές. Φαίνεται πως έχουν περίπου ίδιες ανάγκες, ώστε ο χρήστης να νιώθει θερμικά άνετα εντός του κτηρίου που βρίσκεται κοντά στην περιοχή αυτή, οποιαδήποτε εποχή. Απλά θα χρειαστεί το καλοκαίρι λίγο παραπάνω ψύξη και τον χειμώνα ελαφρώς λιγότερη θέρμανση σε σχέση με την Ασή Γωνιά Χανίων, αφού πρόκειται για χαμηλότερο υψόμετρο.

Έλος Χανίων				
Month	HDD(18°C)	HDD(15°C)	CDD(28°C)	CDD(30°C)
Ιανουάριος	291,4	201,5	0	0
Φεβρουάριος	229,6	145,6	0	0
Μάρτιος	210,8	120,9	0	0
Απρίλιος	114	48,6	0	0
Μάιος	31	3,72	0,93	0
Ιούνιος	2,1	0	2,1	0,36
Ιούλιος	0	0	3,72	1,24
Αύγουστος	55,8	46,5	3,1	0,93
Σεπτέμβριος	2,1	0,12	0,27	0
Οκτώβριος	40,3	5,58	0,0279	0
Νοέμβριος	120	45	0	0
Δεκέμβριος	238,7	148,8	0	0
Έτος	1335,8	766,32	10,1479	2,53

Πίνακας 10. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Έλος Χανίων.

Όσον αφορά το Έλος Χανίων, οι ετήσιες μονάδες CDD(28°C) και CDD(30°C), βγαίνουν σχεδόν ίδιες με τους Αγίους Πάντες Χανίων παρόλο που υπάρχει διαφορά υψομέτρου (βρίσκεται στα 535m). Αλλάζει όμως το θέμα για τον χειμώνα καθώς οι απαιτήσεις είναι προφανώς πιο πάνω.

Ηράκλειο				
Month	HDD(18°C)	HDD(15°C)	CDD(28°C)	CDD(30°C)
Ιανουάριος	179,8	93	0	0
Φεβρουάριος	159,6	84	0	0
Μάρτιος	120,9	43,4	0	0
Απρίλιος	57	12	0,24	0,06
Μάιος	9,3	3,1	0,62	0,0062
Ιούνιος	0	0	4,2	1,8
Ιούλιος	0	0	6,2	1,55
Αύγουστος	2,17	1,86	5,58	1,24
Σεπτέμβριος	0	0	0,9	0,018
Οκτώβριος	18,6	10,54	0,186	0
Νοέμβριος	45	6	0	0
Δεκέμβριος	142,6	62	0	0
Έτος	734,97	315,9	17,926	4,6742

Πίνακας 11. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Ηράκλειο.



Ο σταθμός στο Ηράκλειο στα 115m, παρουσιάζει πιο μειωμένες τιμές βαθμομερών θέρμανσης καθώς και φυσιολογικές τιμές βαθμομερών ψύξης για το υψόμετρο που βρίσκεται. Ουσιαστικά από τον μήνα Ιούνιο μέχρι Αύγουστο, παρουσιάζονται πιο αυξημένες ανάγκες όσον αφορά τον κλιματισμό, γιατί Απρίλιο με Οκτώβρη (εξαιρέση Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο) είναι πολύ χαμηλότερες. Μιλώντας για αυξημένες ανάγκες, εννοείται η διαφορά για αυτούς τους μήνες, όμως δεν σημαίνει ότι χρειάζεται ιδιαίτερη κατανάλωση γιατί η τιμές είναι πολύ μικρές αφού η μεγαλύτερη φτάνει 1,8 CDD.

Ιεράπετρα				
Month	HDD(18°C)	HDD(15°C)	CDD(28°C)	CDD(30°C)
Ιανουάριος	148,8	62	0	0
Φεβρουάριος	120,4	44,8	0	0
Μάρτιος	99,2	24,8	0	0
Απρίλιος	39	2,7	0	0
Μάιος	2,17	0	0,465	0,062
Ιούνιος	0	0	6	2,1
Ιούλιος	0	0	24,8	6,2
Αύγουστος	2,48	2,17	27,9	6,2
Σεπτέμβριος	0	0	2,4	0,36
Οκτώβριος	2,48	0,93	0	0
Νοέμβριος	18	1,5	0	0
Δεκέμβριος	99,2	32,55	0	0
Έτος	531,73	171,45	61,565	14,922

Πίνακας 12. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Ιεράπετρα.

Στα 5m υψόμετρο βρίσκεται ο μετεωρολογικός σταθμός στην Ιεράπετρα και είναι ο λόγος που οι ετήσιες τιμές των HDD είναι χαμηλότερες ενώ οι CDD υψηλότερες. Κυρίως από τον Δεκέμβρη έως τον Μάρτιο, φαίνεται να υπάρχει περισσότερη ζήτηση σε ενέργεια, όπως και τον Ιούνιο και περισσότερο Ιούλιο και Αύγουστο.

Παλαιόχωρα				
Month	HDD(18°C)	HDD(15°C)	CDD(28°C)	CDD(30°C)
Ιανουάριος	164,3	80,6	0	0
Φεβρουάριος	126	50,4	0	0
Μάρτιος	93	21,7	0	0
Απρίλιος	30	2,1	0	0
Μάιος	1,24	0	0,279	0
Ιούνιος	36	30	18	6
Ιούλιος	0	0	43,4	14,57
Αύγουστος	10,85	9,3	43,4	12,4
Σεπτέμβριος	0	0	5,4	0,96
Οκτώβριος	0,93	0,0124	0	0
Νοέμβριος	19,5	2,25	0	0
Δεκέμβριος	103,54	35,03	0	0
Έτος	585,36	231,3924	110,479	33,93

Πίνακας 13. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Παλαιόχωρα.

Στην Παλαιόχωρα, η ζήτηση σε ενέργεια όσον αφορά το καλοκαίρι, είναι κατά πολύ αυξημένη συγκριτικά με τις υπόλοιπες περιοχές που έχουν φανεί μέχρι στιγμής. Βρίσκεται σε υψόμετρο των 3m (το χαμηλότερο έως τώρα) και η κατανάλωση για θέρμανση φαίνεται να χρειάζεται περισσότερο από τον Δεκέμβρη έως τον Μάρτιο.

Πλακιάς Ρεθύμνου				
Month	HDD(18°C)	HDD(15°C)	CDD(28°C)	CDD(30°C)
Ιανουάριος	176,7	92,38	0	0
Φεβρουάριος	159,6	81,2	0	0
Μάρτιος	102,3	24,8	0	0
Απρίλιος	41,1	3,9	0	0
Μάιος	2,17	0	0,155	0
Ιούνιος	0	0	9	2,7
Ιούλιος	0	0	21,7	5,89
Αύγουστος	10,85	9,3	31	8,37
Σεπτέμβριος	0	0	2,7	0,6
Οκτώβριος	0,372	0	0,031	0
Νοέμβριος	15,84	0,9	0	0
Δεκέμβριος	148,8	74,4	0	0
Έτος	657,732	286,88	64,586	17,56

Πίνακας 14. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Πλακιάς Ρεθύμνου.

Στον Πλακιά Ρεθύμνου, σχετίζονται οι ετήσιες βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης με την Ιεράπετρα. Προέκυψαν λίγο μεγαλύτερες τιμές αλλά δεν σημειώνεται σημαντική διαφορά μεταξύ τους.

Ρέθυμνο-Πόλη				
Month	HDD(18°C)	HDD(15°C)	CDD(28°C)	CDD(30°C)
Ιανουάριος	170,5	83,7	0	0
Φεβρουάριος	128,8	53,2	0	0
Μάρτιος	105,4	31,775	0	0
Απρίλιος	54	8,16	0,15	0
Μάιος	1,86	0	0,93	0,093
Ιούνιος	0	0	2,46	0,42
Ιούλιος	0	0	9,3	2,79
Αύγουστος	0	0	9,3	2,48
Σεπτέμβριος	0	0	1,2	0
Οκτώβριος	2,48	0	0	0
Νοέμβριος	27	1,2	0	0
Δεκέμβριος	108,5	32,55	0	0
Έτος	598,54	210,585	23,34	5,783

Πίνακας 15. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Ρέθυμνο-Πόλη.

Για το Ρέθυμνο, διακρίνεται ότι σε κανέναν μήνα του καλοκαιριού δεν εμφανίζονται βαθμομέρες θέρμανσης, όπως συνέβαινε με τις προηγούμενες περιοχές. Οι μονάδες των βαθμομερών ψύξης είναι χαμηλές, ιδίως για βασική θερμοκρασία τους 30°C.

Σαμαριά (Δρυμός)				
Month	HDD(18°C)	HDD(15°C)	CDD(28°C)	CDD(30°C)
Ιανουάριος	449,5	356,5	0	0
Φεβρουάριος	378	294	0	0
Μάρτιος	359,6	266,6	0	0
Απρίλιος	252	168	0	0
Μάιος	120,9	58,9	0	0
Ιούνιος	42	9	0,009	0
Ιούλιος	8,37	1,24	0,124	0
Αύγουστος	6,2	0,124	0,217	0
Σεπτέμβριος	51	14,4	0	0
Οκτώβριος	164,3	83,7	0	0
Νοέμβριος	261	174	0	0
Δεκέμβριος	390,6	297,6	0	0
Έτος	2483,47	1724,064	0,35	0

Πίνακας 16. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Σαμαριά (Δρυμός).

Η Σαμαριά βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο (1250m) όσον αφορά τις υπόλοιπες τοποθεσίες. Γι'αυτό εντοπίζονται οι υψηλότερες βαθμοημέρες θέρμανσης, ειδικά για θερμοκρασία βάσης τους 18°C. Επομένως και για τις βαθμοημέρες ψύξης, είναι αναμενόμενο οι τιμές που υπολογίστηκαν να είναι πάρα πολύ χαμηλές. Στην περίπτωση αυτή φαίνεται ότι δεν χρειάζεται σχεδόν καθόλου ψύξη το καλοκαίρι, ιδίως για βασική θερμοκρασία τους 30°C που για όλους τους μήνες προέκυψαν μηδενικές CDD.

Σέμπρωνας Χανίων				
Month	HDD(18°C)	HDD(15°C)	CDD(28°C)	CDD(30°C)
Ιανουάριος	325,5	232,5	0	0
Φεβρουάριος	243,6	163,52	0	0
Μάρτιος	229,4	139,5	0	0
Απρίλιος	126	63	0	0
Μάιος	43,4	9,3	0,93	0
Ιούνιος	59,4	45	1,5	0,24
Ιούλιος	6,2	3,1	2,48	0,62
Αύγουστος	0	0	2,48	0,62
Σεπτέμβριος	6	0,3	0,15	0
Οκτώβριος	65,1	14,57	0,155	0
Νοέμβριος	150	69	0	0
Δεκέμβριος	279	186	0	0
Έτος	1533,6	925,79	7,695	1,48

Πίνακας 17. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Σέμπρωνας Χανίων.

Για τον Σέμπρωνα παρατηρείται ότι η περισσότερη ζήτηση για θέρμανση αφορά τους μήνες Νοέμβριο με Απρίλιο, καθώς και για ψύξη τους μήνες Ιούνιο με Αύγουστο. Βέβαια για τους 28°C από τον Μάιο έως τον Οκτώβριο εμφανίζονται μονάδες CDD, παρόλα αυτά δεν είναι τόσο αυξημένη η ζήτηση για κατανάλωση ενέργειας το καλοκαίρι όσο τον χειμώνα.

Σητεία				
Month	HDD(18°C)	HDD(15°C)	CDD(28°C)	CDD(30°C)
Ιανουάριος	158,1	74,4	0	0
Φεβρουάριος	123,2	47,6	0	0
Μάρτιος	102,3	27,9	0	0
Απρίλιος	42	3,6	0	0
Μάιος	1,86	0	0,217	0
Ιούνιος	0	0	2,1	0,27
Ιούλιος	0	0	9,3	1,55
Αύγουστος	0	0	6,2	1,55
Σεπτέμβριος	0	0	0,6	0
Οκτώβριος	1,55	0	0,062	0
Νοέμβριος	24	1,8	0	0
Δεκέμβριος	111,6	37,2	0	0
Έτος	564,61	192,5	18,479	3,37

Πίνακας 18. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Σητεία.

Παρατηρείται για την Σητεία πως οι HDD είναι χαμηλές ετησίως και ιδιαίτερα για τους 15°C. Στους 18°C οι τιμές είναι πιο αυξημένες και φαίνεται ότι χρειάζεται θέρμανση για παραπάνω μήνες. Οι CDD για 30°C είναι αρκετά μειωμένες σε αντίθεση με τους 28°C.

Σφακιά				
Month	HDD(18°C)	HDD(15°C)	CDD(28°C)	CDD(30°C)
Ιανουάριος	356,5	263,5	0	0
Φεβρουάριος	288,4	204,4	0	0
Μάρτιος	257,3	167,4	0	0
Απρίλιος	156	84	0	0
Μάιος	55,8	15,5	0,62	0
Ιούνιος	66	51	1,8	0,24
Ιούλιος	9,3	6,2	3,1	1,24
Αύγουστος	6,2	4,96	4,34	1,86
Σεπτέμβριος	39	26,7	0,3	0
Οκτώβριος	65,1	12,4	0	0
Νοέμβριος	162	75	0	0
Δεκέμβριος	291,4	198,4	0	0
Έτος	1753	1109,46	10,16	3,34

Πίνακας 19. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Σφακιά.

Για τα Σφακιά υπάρχουν πολλές απαιτήσεις τον χειμώνα συγκριτικά με το καλοκαίρι. Βρίσκεται στα 770m και είναι ο λόγος που τον χειμώνα έχει περισσότερο κρύο, ενώ το καλοκαίρι επικρατεί δροσιά.

Τζερμιάδων				
Month	HDD(18°C)	HDD(15°C)	CDD(28°C)	CDD(30°C)
Ιανουάριος	387,5	294,5	0	0
Φεβρουάριος	324,8	240,8	0	0
Μάρτιος	341	251,1	0	0
Απρίλιος	282	198	0	0
Μάιος	229,4	155	0	0
Ιούνιος	156	108	0,021	0
Ιούλιος	161,2	124	0	0
Αύγουστος	151,9	114,7	0,186	0,0062
Σεπτέμβριος	159	105	0	0
Οκτώβριος	229,4	148,8	0	0
Νοέμβριος	267	177	0	0
Δεκέμβριος	356,5	263,5	0	0
Έτος	3045,7	2180,4	0,207	0,0062

Πίνακας 20. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Τζερμιάδων.

Σε αρκετά μεγάλο υψόμετρο βρίσκεται ο σταθμός στο Τζερμιάδων (820m), γι' αυτό παρατηρείται ότι ακόμα και το καλοκαίρι είναι κάπως αυξημένες οι HDD. Καταναλώσεις για κλιματισμό φαίνονται μόνο στους μήνες Ιούνιο και Αύγουστο όμως είναι σχεδόν μηδενικές.

Φαλάσαρνα Χανίων				
Month	HDD(18°C)	HDD(15°C)	CDD(28°C)	CDD(30°C)
Ιανουάριος	142,6	62	0	0
Φεβρουάριος	112	44,8	0	0
Μάρτιος	93	24,8	0	0
Απρίλιος	42	9	0,3	0,21
Μάιος	4,65	2,48	1,24	0,248
Ιούνιος	6	4,8	3,6	0,9
Ιούλιος	0	0	12,4	1,86
Αύγουστος	0	0	15,5	3,1
Σεπτέμβριος	0	0	0,6	0
Οκτώβριος	1,86	0,062	0,62	0,0093
Νοέμβριος	18	2,4	0,03	0
Δεκέμβριος	93	27,9	0	0
Έτος	513,11	178,242	34,29	6,3273

Πίνακας 21. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Φαλάσαρνα Χανίων.

Στα Φαλάσαρνα από τον Ιούλιο έως τον Σεπτέμβριο δεν υπάρχουν βαθμομέρες θέρμανσης. Εντοπίζονται νωρίτερα από τον Ιούνιο οι βαθμομέρες ψύξης και μάλιστα από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο. Τον Νοέμβριο για θερμοκρασία βάσης τους 28°C είναι σχεδόν μηδενική γι'αυτό και δεν αναφέρθηκε προηγουμένως. Γενικότερα για αυτή την θερμοκρασία βάσης παρατηρείται πως οι CDD είναι οι πιο αυξημένες από όλους τους σταθμούς που έχουν παρθεί μετρήσεις.

Φινοκαλιά Λασιθίου				
Month	HDD(18°C)	HDD(15°C)	CDD(28°C)	CDD(30°C)
Ιανουάριος	207,7	120,9	0	0
Φεβρουάριος	156,8	81,2	0	0
Μάρτιος	139,5	58,9	0	0
Απρίλιος	71,1	21	0,18	0
Μάιος	9,3	0,062	1,86	0,372
Ιούνιος	0,09	0	2,4	0,45
Ιούλιος	0	0	5,27	1,55
Αύγουστος	0	0	4,34	1,86
Σεπτέμβριος	0	0	2,1	0,12
Οκτώβριος	7,13	0,0124	0,527	0,0248
Νοέμβριος	51	7,5	0	0
Δεκέμβριος	151,9	65,1	0	0
Έτος	794,52	354,6744	16,677	4,3768

Πίνακας 22. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Φινοκαλιά Λασιθίου.

Στη Φινοκαλιά Λασιθίου, η θέρμανση είναι απαραίτητη από τον Δεκέμβριο έως τον Απρίλιο, ενώ τους άλλους μήνες παρόλο που φαίνεται να υπάρχουν μονάδες HDD, δεν είναι τόσο υψηλές για να κριθεί απαραίτητη όσο στους υπόλοιπους. Η ψύξη χρειάζεται περισσότερο για τους μήνες Μάιο με Σεπτέμβριο για τους 28°C, ενώ οι 30°C αποτελούν διαφορά καθώς από Μάιο μέχρι Οκτώβριο με εξαίρεση τον Ιούλιο και τον Αύγουστο που οι CDD είναι λίγο ανεβασμένες, δεν χρειάζεται ιδιαίτερη κατανάλωση.

Φουρφουράς Ρεθύμνου				
Month	HDD(18°C)	HDD(15°C)	CDD(28°C)	CDD(30°C)
Ιανουάριος	322,4	232,5	0	0
Φεβρουάριος	218,4	137,2	0	0
Μάρτιος	192,2	105,4	0	0
Απρίλιος	102	42	0	0
Μάιος	27,9	4,65	1,55	0,341
Ιούνιος	0,39	0	4,5	1,5
Ιούλιος	4,5	3,6	6,6	2,1
Αύγουστος	3,1	2,48	6,2	2,48
Σεπτέμβριος	0,9	0	1,5	0,09
Οκτώβριος	33,17	6,2	0,279	0
Νοέμβριος	99	31,8	0	0
Δεκέμβριος	223,2	133,3	0	0
Έτος	1227,16	699,13	20,629	6,511

Πίνακας 23. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Φουρφουράς Ρεθύμνου.

Για τον Φουρφουρά Ρεθύμνου, φαίνεται πως για τους 18°C οι HDD είναι αυξημένες συγκριτικά με τους 15°C και το ίδιο ισχύει για τις CDD που για τους 28°C είναι αρκετά πιο πάνω οι τιμές από τους 30°C. Ιδίως για τους 28°C φαίνεται πως την περίοδο που ξεκινούν οι ζέστες είναι αναγκαίος ο κλιματισμός.

Χανιά Κέντρο				
Month	HDD(18°C)	HDD(15°C)	CDD(28°C)	CDD(30°C)
Ιανουάριος	192,2	102,3	0	0
Φεβρουάριος	154	75,6	0	0
Μάρτιος	125,86	46,5	0	0
Απρίλιος	57	9	0	0
Μάιος	9,3	2,79	0,093	0
Ιούνιος	0	0	1,5	0,06
Ιούλιος	7,8	6,6	4,2	1,05
Αύγουστος	0	0	4,65	0,93
Σεπτέμβριος	0	0	0,9	0,12
Οκτώβριος	21,7	12,4	0	0
Νοέμβριος	54	8,4	0	0
Δεκέμβριος	145,7	60,76	0	0
Έτος	767,56	324,35	11,343	2,16

Πίνακας 24. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές για τον σταθμό: Χανιά Κέντρο.



Τα Χανιά είναι μια τοποθεσία που οι βαθμομέρες που προέκυψαν έχουν ενδιάμεσες τιμές από τις περιοχές που μελετήθηκαν. Τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβρη δεν υπάρχουν HDD και όσον αφορά τις CDD κυρίως τον Ιούλιο και τον Αύγουστο παρατηρείται πιο έντονη ζήτηση.

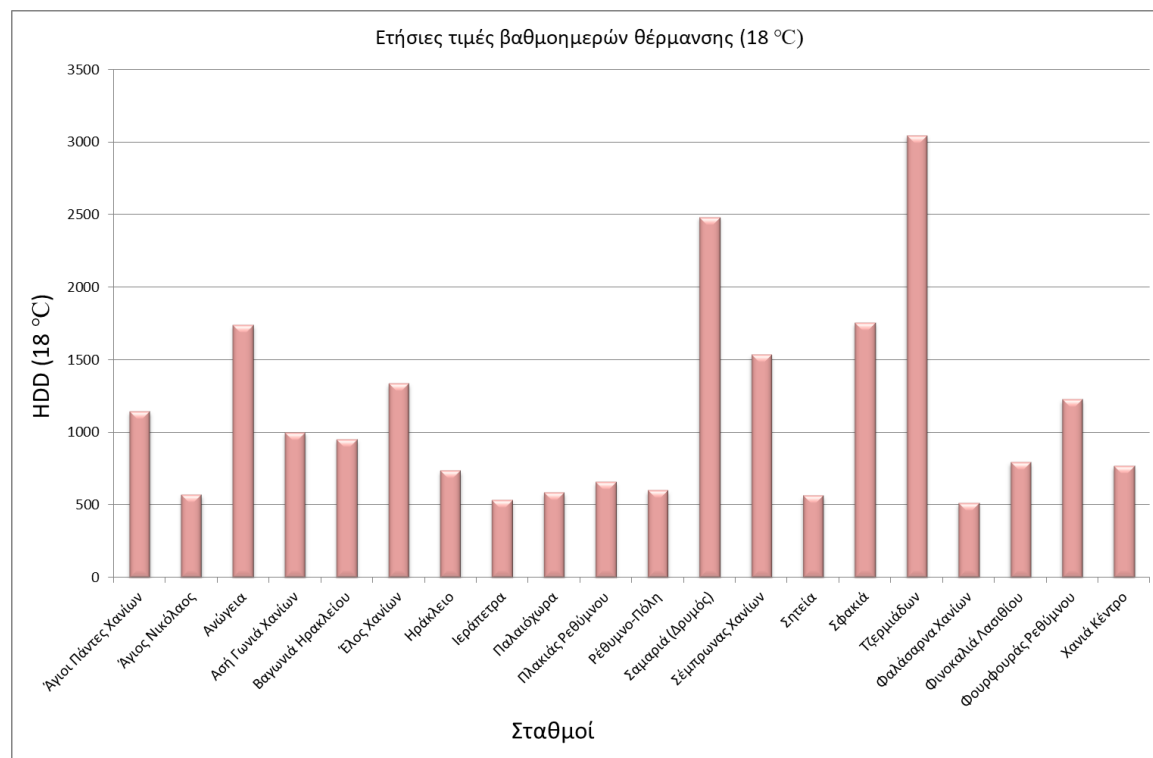
Ακολουθεί ένας συγκεντρωτικός πίνακας με τις ετήσιες βαθμομέρες για κάθε θερμοκρασία βάσης ξεχωριστά και την ακριβή τοποθεσία των σταθμών:

Stations	Altitude a.s.l. (m)	Latitude	Longitude	HDD(18°C)	HDD(15°C)	CDD(28°C)	CDD(30°C)
Agioi Pantes	148	35,40	24,20	1144	612	10	2
Agios Nikolaos	30	35,20	25,71	571	205	54	13
Anogia	801	35,28	24,88	1738	1105	4	1
Asi Gonia	380	35,27	24,28	999	500	23	8
Vagonia	196	35,01	25,00	952	467	36	9
Elos	535	35,40	23,60	1336	766	10	3
Heraklio	115	35,30	25,20	735	316	18	5
Ierapetra	5	35,00	25,70	532	171	62	15
Paleochora	3	35,23	23,68	585	231	110	34
Plakias	5	35,19	24,39	658	287	65	18
Rethimno	50	35,40	24,50	599	211	23	6
Samaria Forest	1250	35,30	23,92	2483	1724	0	0
Sempronas	640	35,40	23,80	1534	926	8	1
Sitia	30	35,20	26,10	565	193	18	3
Sfakia	770	35,20	24,10	1753	1109	10	3
Tzermiado	820	35,20	25,50	3046	2180	0	0
Falassarna	10	35,50	23,60	513	178	34	6
Finokalia	250	35,30	25,70	795	355	17	4
Fourfouras	471	35,21	24,71	1227	699	21	7
Chania	7	35,50	23,60	768	324	11	2

Πίνακας 25. Μέσες ετήσιες τιμές HDD και CDD όλων των σταθμών.

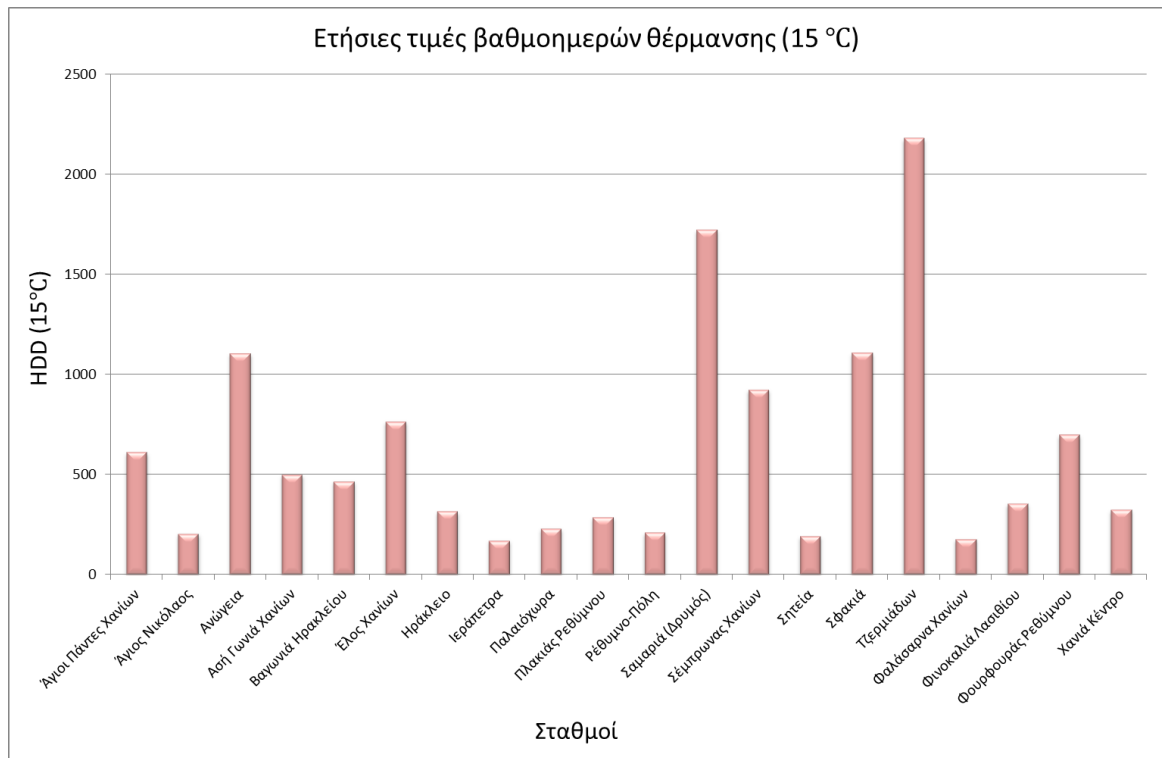
## 2.4 Διαγράμματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των παραπάνω υπολογισμών, προέκυψαν 4 διαγράμματα που αφορούν τις ετήσιες βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης για τις αντίστοιχες θερμοκρασίες βάσης, για τις συγκεκριμένες περιοχές.



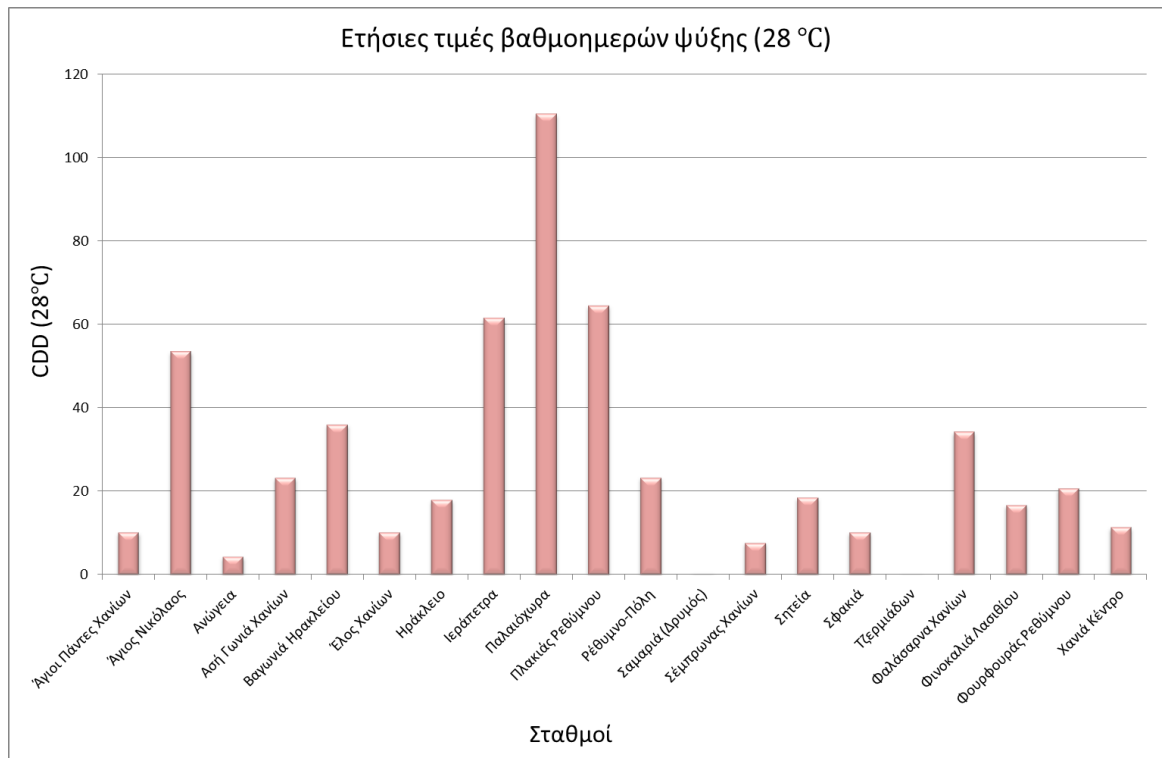
Διάγραμμα 1. Ετήσιες βαθμομέρες θέρμανσης για θερμοκρασία βάσης τους 18°C.

Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνονται οι ετήσιες τιμές των βαθμομερών θέρμανσης, για θερμοκρασία βάσης τους 18°C και οι σταθμοί που επιλέχθηκαν στη μελέτη αυτή. Είναι απόλυτα διακριτό τι τιμή έχει ο κάθε ένας σταθμός, επομένως και σε ποιον υπάρχουν παραπάνω ανάγκες θέρμανσης. Οι σταθμοί στην Ανώγεια, Σαμαριά, Τζερμιάδων, Σφακιά και Σέμπρωνας βρίσκονται σε μεγαλύτερο υψόμετρο συγκριτικά με τους υπόλοιπους, ξεπερνώντας τα 600m από το επίπεδο της θάλασσας, οπότε οι βαθμομέρες θέρμανσης φτάνουν στη μέγιστη τιμή των 3.046 μονάδων.



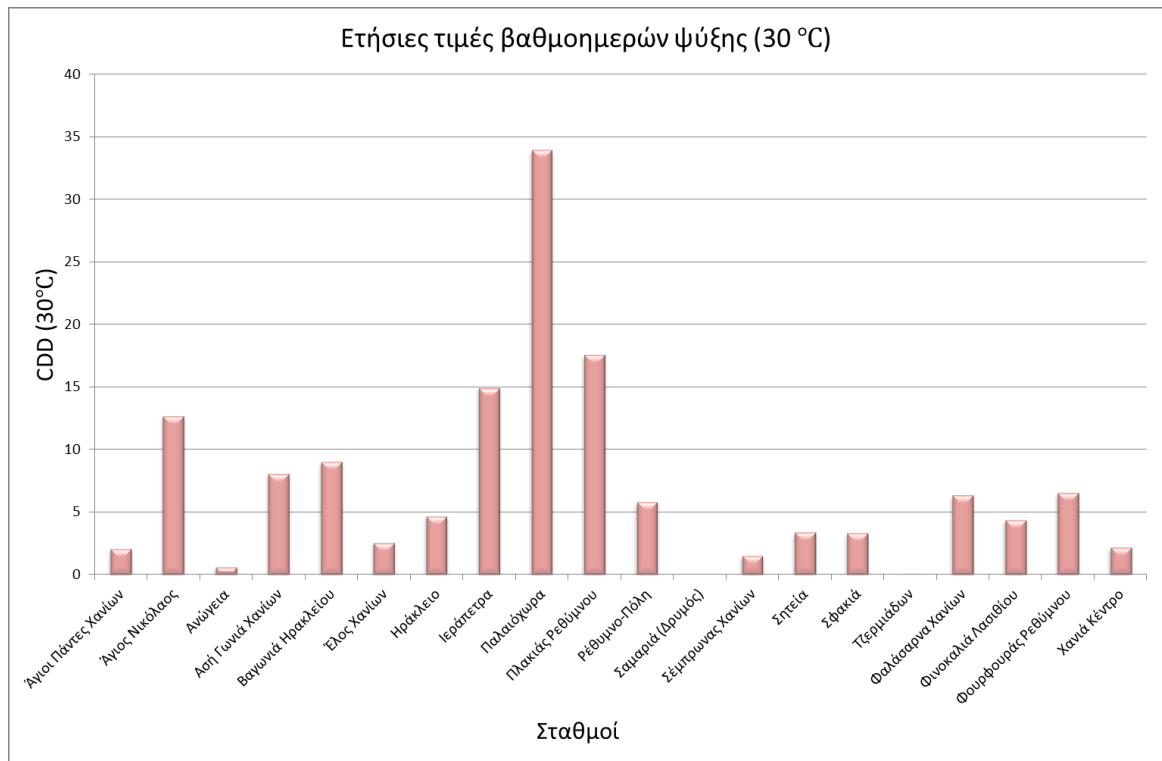
**Διάγραμμα 2.** Ετήσιες βαθμομέρες θέρμανσης για θερμοκρασία βάσης τους 15°C.

Για θερμοκρασία βάσης τους 15°C, πάλι φαίνεται πως οι σταθμοί που αναφέρθηκαν παραπάνω διαφέρουν από τους άλλους λόγω υψομέτρου. Είναι λογικό λοιπόν να επικρατεί πολύ χαμηλότερη θερμοκρασία σε τέτοια μέρη, οπότε τον χειμώνα να υπάρχουν αυξημένες τιμές βαθμομερών θέρμανσης. Σε σχέση με τους 18°C οι HDD πλέον φτάνουν μέχρι τις 2.180 μονάδες.



**Διάγραμμα 3.** Ετήσιες βαθμομέρες ψύξης για θερμοκρασία βάσης τους 28°C.

Στο παραπάνω διάγραμμα απεικονίζονται οι σταθμοί με τις ανάλογες βαθμομέρες ψύξης τους για θερμοκρασία βάσης τους 28°C. Ορισμένοι φαίνονται να έχουν σχεδόν μηδενική τιμή ενώ σε άλλους όπως στον Άγιο Νικόλαο, Ιεράπετρα, Παλαιόχωρα και Πλακιά Ρεθύμνου είναι πιο έντονες οι διαφορές λόγω του ότι βρίσκονται σε χαμηλό υψόμετρο, οπότε σε τέτοιες συνθήκες επικρατούν υψηλότερες θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα να υπάρχει ακόμη περισσότερη ανάγκη για ψύξη. Η μεγαλύτερη τιμή που εντοπίζεται είναι 110,5 CDD.



Διάγραμμα 4. Ετήσιες βαθμομέρες ψύξης για θερμοκρασία βάσης τους 30°C.

Για θερμοκρασία βάσης τους 30°C, φαίνεται παρόμοιο το διάγραμμα αλλά οι ετήσιες βαθμομέρες ψύξης φτάνουν έως τη τιμή 34. Δηλαδή είναι ακόμα πιο μικρές οι ανάγκες ψύξης σε σχέση με την προηγούμενη περίπτωση, καθώς τους θερινούς μήνες η εξωτερική θερμοκρασία είναι σχεδόν ίση με τη θερμοκρασία αναφοράς που τέθηκε. Επομένως όλοι οι σταθμοί φαίνονται να έχουν πιο μειωμένες τιμές, αλλά πάλι με έντονη διαφορά στην εξωτερική θερμοκρασία οι σταθμοί που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο διάγραμμα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω διαγράμματα, είναι φανερό πως κάθε περιοχή διαφέρει αναλόγως τις συνθήκες που βρίσκεται, με αποτέλεσμα κάθε μία να έχει και διαφορετικές ανάγκες για θέρμανση και ψύξη αντίστοιχα.

## **Κεφάλαιο 3: Μέθοδος Kriging, Χωρική κατανομή HDD και CDD**

### **3.1 Μέθοδος Kriging**

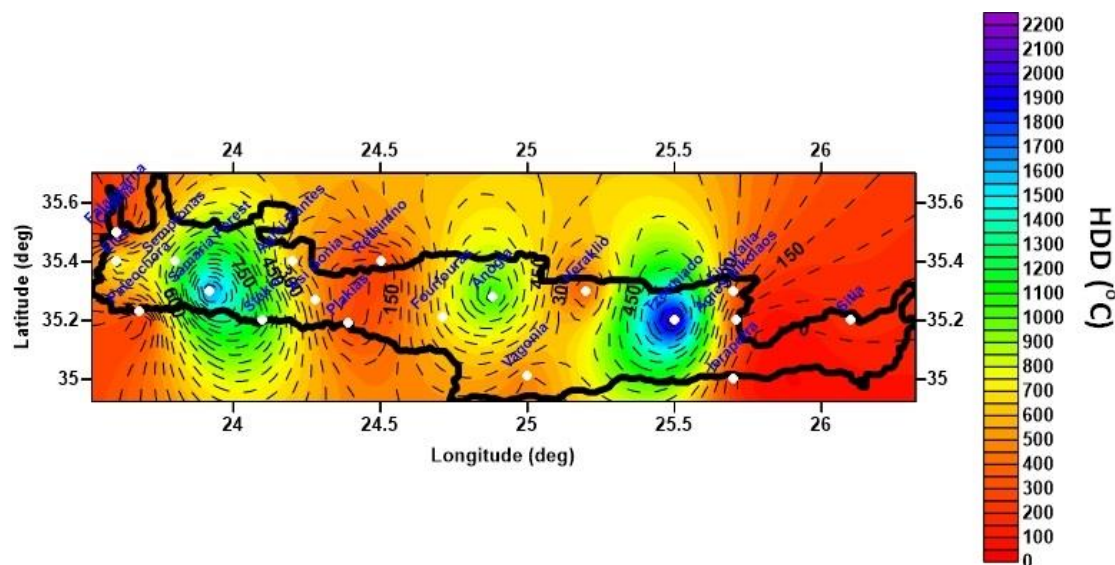
Ως Kriging ορίζεται η μέθοδος χωρικής παρεμβολής που προήλθε από τον τομέα της γεωλογίας ορυχείων, όπου και δόθηκε αυτό το όνομα από τον μηχανικό ορυχείων Danie Krige. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη άγνωστων τιμών από ένα σύνολο γνωστών δεδομένων, εκ των οποίων αυτή η τιμή μπορεί να είναι μια μέση μηνιαία συγκέντρωση όζοντος σε μία πόλη κλπ.(Mailman School of Public Health., n.d.).

Ουσιαστικά με την μέθοδο Kriging προσαρμόζεται μια μαθηματική συνάρτηση με βάση τα δειγματοληπτικά σημεία που έχουμε, για να καθοριστεί η τιμή εξόδου για κάθε θέση. Περιλαμβάνει διερευνητική στατιστική ανάλυση των δεδομένων, μοντελοποίηση βαριογράμματος, δημιουργία της επιφάνειας πρόβλεψης και προαιρετικά τη διερεύνηση επιφάνειας διακύμανσης. Γενικότερα συναντιέται συνήθως στην επιστήμη της γεωλογίας και του εδάφους. (Esri, n.d.). Η χρήση του βαριογράμματος γίνεται για την έκφραση της χωρικής διακύμανσης και την ελαχιστοποίηση τυχόν σφάλματος των προβλεπόμενων τιμών, που εκτιμάται από τη χωρική κατανομή (Lang, n.d.).

### **3.2 Χωρική κατανομή των HDD**

Στη συνέχεια παρατίθενται διαγράμματα χωρικών κατανομών των βαθμομερών ψύξης και θέρμανσης για διαφορετικές φάσεις θερμοκρασίας όπως μελετήθηκαν στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία. Ειδικότερα παρουσιάζονται διαγράμματα χωρικής κατανομής για τις βαθμομέρες θέρμανσης με βάση τους 15°C και τους 18°C και δύο διαγράμματα χωρικής κατανομής για τις βαθμομέρες ψύξης με βάση τους 28°C και τους 30°C. Σε κάθε διάγραμμα παρουσιάζονται οι θέσεις με τις γεωγραφικές συντεταγμένες των 20 εξεταζόμενων περιοχών, καθώς επίσης με διακεκομμένες γραμμές οι ισοϋψείς που δείχνουν το ύψος του τόπου πάνω από το επίπεδο της θάλασσας και τέλος με χρωματική κλίμακα οι βαθμομέρες ψύξης και θέρμανσης αντίστοιχα.

### 3.2.1 Χωρική κατανομή βαθμομερών θέρμανσης με βάση θερμοκρασίας 15°C

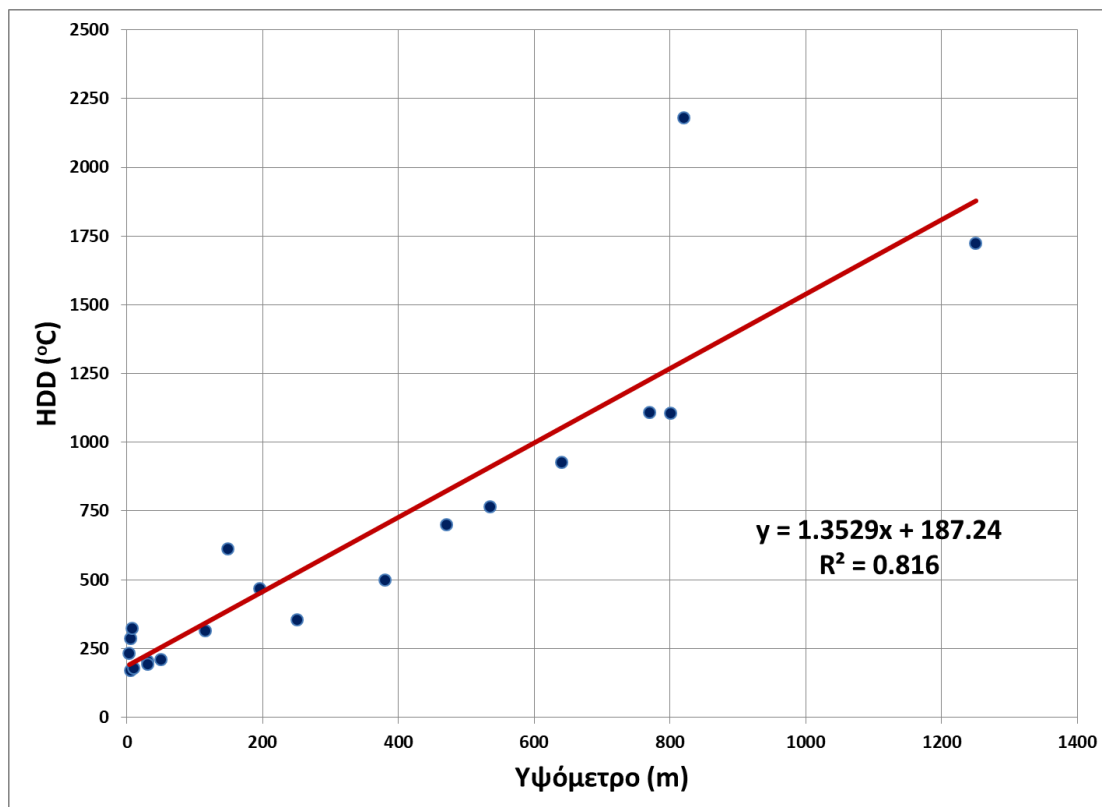


Σχήμα 1. Χωρική κατανομή των HDD με βάση τους 15°C. Οι διακεκομμένες γραμμές αντιπροσωπεύουν τις ισοϋψείς (από το επίπεδο της θάλασσας) σε m.

Παρατηρώντας λοιπόν αναλυτικότερα, αποδεικνύεται ότι όσο πιο χαμηλό το υψόμετρο που βρίσκονται οι σταθμοί, τόσο πιο μικρή είναι η ανάγκη για θέρμανση. Οπότε οι τιμές των βαθμομερών κυμαίνονται σε χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με το μεγαλύτερο υψόμετρο, διότι είναι λογικό να χρειάζεται περισσότερη θέρμανση όταν η κατοικία βρίσκεται βόρεια ή σε ορεινή περιοχή, αφού έχει διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας, δεδομένου το κρύο. Στην συγκεκριμένη περίπτωση οι τιμές των βαθμομερών είναι περίπου μεταξύ 171-2.180 μονάδες HDD. Προφανέστατα για το ύψος των σταθμών των μετεωρολογικών δεδομένων που είναι μεταξύ 0-200m από την στάθμη της θάλασσας, προκύπτουν ετήσιες τιμές που είναι ανάμεσα στους 171-612 HDD. Σε αυτό το εύρος ανήκουν 11 περιοχές όπου είναι οι εξής: Παλαιόχωρα, Πλακιάς Ρεθύμνου, Ιεράπετρα, Χανιά, Φαλάσαρνα Χανίων, Σητεία, Ρέθυμνο, Άγιος Νικόλαος, Άγιοι Πάντες Χανίων, Βαγωνιά Ηρακλείου, Ηράκλειο. Ύστερα η Φινοκαλιά Λασιθίου και η Ασή Γωνιά Χανίων βρίσκονται σε υψόμετρο  $\leq 400m$  με 355 και 500 HDD αντίστοιχα. Τέλος, η Ανώγεια, Έλος Χανίων, Σαμαριά, Σέμπρωνας Χανίων, Σφακιά, Τζερμιάδων, Φουρφουράς Ρεθύμνου που βρίσκονται πάνω από 400m, οι HDD φτάνουν από 699-2.180. Να σημειωθεί πως παρόλο για παράδειγμα που η Σαμαριά βρίσκεται στο μεγαλύτερο υψόμετρο αυτής της μελέτης (1250m), οι HDD φτάνουν τη τιμή 1.724, ενώ για Τζερμιάδων με 820m τις 2.180 HDD (μιας και πρόκειται για ένα υψηλό οροπέδιο του Λασιθίου) για θερμοκρασία βάσης τους 15°C.

Άρα μπορεί σε λίγο μικρότερο υψόμετρο από τα 1.250m να εμφανίζεται μεγαλύτερη τιμή βαθμομερών θέρμανσης, αλλά παρόλα αυτά και οι δύο αυτές περιοχές έχουν υψηλή ανάγκη θέρμανσης λόγω υψομέτρου. Το ίδιο συμβαίνει και με άλλες περιοχές και φαίνεται χαρακτηριστικά στον [πίνακα 25](#). Κρίνεται απαραίτητο να αναφερθεί ότι σημαντικό ρόλο παίζει και το φαινόμενο της αστικής θερμικής

νησίδα, αλλά στην συγκεκριμένη περίπτωση ίσως να ενδέχεται να μην ευθύνεται αυτό για τη σημαντική διαφορά των βαθμοημερών θέρμανσης, αλλά η γεωγραφική θέση όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως.



Διάγραμμα 5. Διάγραμμα διασποράς των HDD (με βάση τους 15°C) σε συνάρτηση με το υψόμετρο του τόπου, πάνω από το επίπεδο της θάλασσας σε m.

Στο παραπάνω διάγραμμα διασποράς παρουσιάζεται η συσχέτιση μεταξύ των δεδομένων βαθμοημερών θέρμανσης και του υψόμετρου. Σύμφωνα με το διάγραμμα αυτό παρατηρούμε ότι υπάρχει μία ισχυρή γραμμική συσχέτιση, ειδικότερα ο συντελεστής προσδιορισμού  $R^2$  έχει την τιμή 0,816 που δείχνει πρακτικά ότι η ισχυρή γραμμική συσχέτιση μπορεί να ερμηνεύσει το 81,6% της διακύμανσης των δεδομένων. Επίσης φαίνεται ότι αυτή η γραμμική συσχέτιση είναι ισχυρή και ότι αυξάνονται γραμμικά με το υψόμετρο οι βαθμοημέρες θέρμανσης με εξαίρεση την περιοχή Τζερμιάδων που είναι στα 820m και φαίνεται ότι παρουσιάζει πιο ψυχρό κλίμα, δηλαδή μεγαλύτερες ανάγκες που μπορεί να οφείλονται στην τοπική τοπογραφία.





Άρα στην Κρήτη υπάρχουν και οι 4 κλιματικές ζώνες στις εξής περιοχές:

Ζώνη Α: Ανήκουν οι 12 περιοχές εκ των οποίων είναι ο Άγιος Νικόλαος, Ασή Γωνιά Χανίων, Βαγωνιά Ηρακλείου, Ηράκλειο, Ιεράπετρα, Παλαιόχωρα, Πλακιάς Ρεθύμνου, Ρέθυμνο-Πόλη, Σητεία, Φαλάσαρνα Χανίων, Φινοκαλιά Λασιθίου, Χανιά Κέντρο (συμπεριλαμβανομένων και των περιοχών με βαθμοήμερες θέρμανσης μικρότερες των 601).

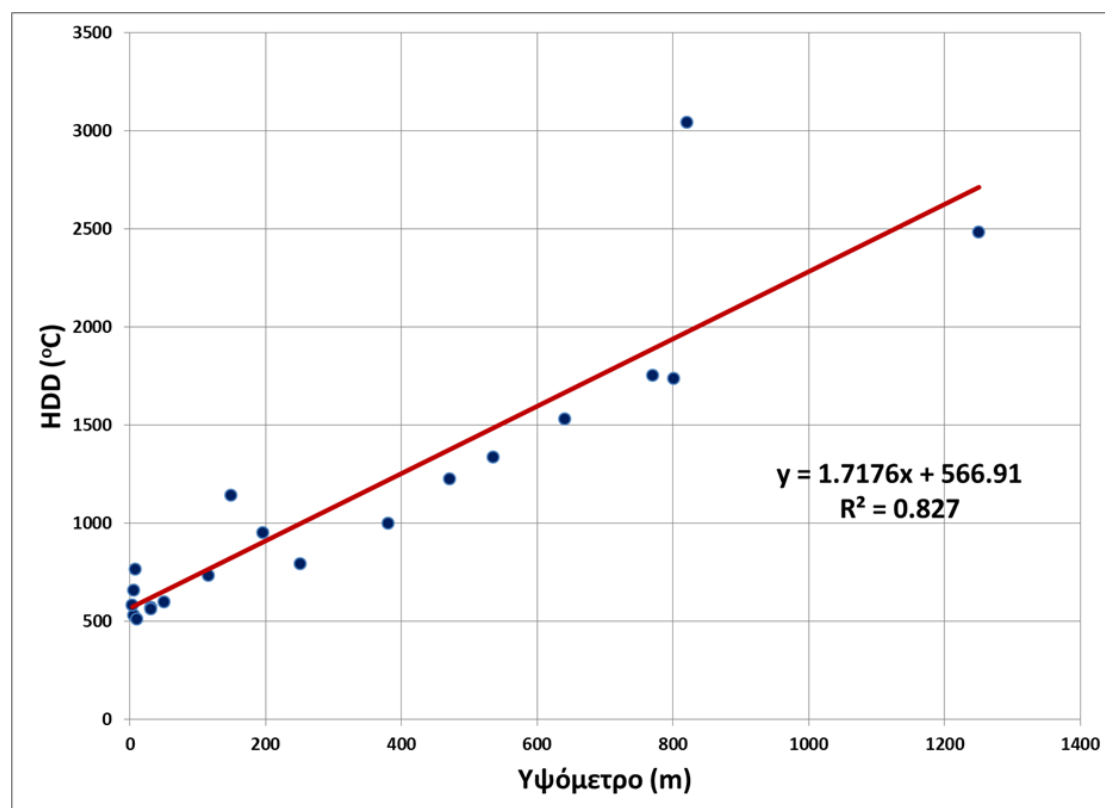
Ζώνη Β: Ανήκουν οι 4 περιοχές οι οποίες είναι οι Άγιοι Πάντες Χανίων, Έλος Χανίων, Σέμπρωνας Χανίων, Φουρφουράς Ρεθύμνου.

Ζώνη Γ: Ανήκει η Ανώγεια και τα Σφακιά.

Ζώνη Δ: Ανήκει η Σαμαριά και Τζερμιάδων.

Οι ετήσιες βαθμοήμερες θέρμανσης είναι αναλυτικά γραμμένες στον [πίνακα 25](#).

Βάση ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017 (Υ.Π.ΕΝ, 2017) για περιοχές που ξεπερνούν το υψόμετρο των 500m, τότε κατατάσσονται στην επόμενη κλιματική ζώνη (την ψυχρότερη). Οι περιοχές της ζώνης Δ όμως ανεξαρτήτως υψομέτρου παραμένουν με τα ίδια χαρακτηριστικά τους.

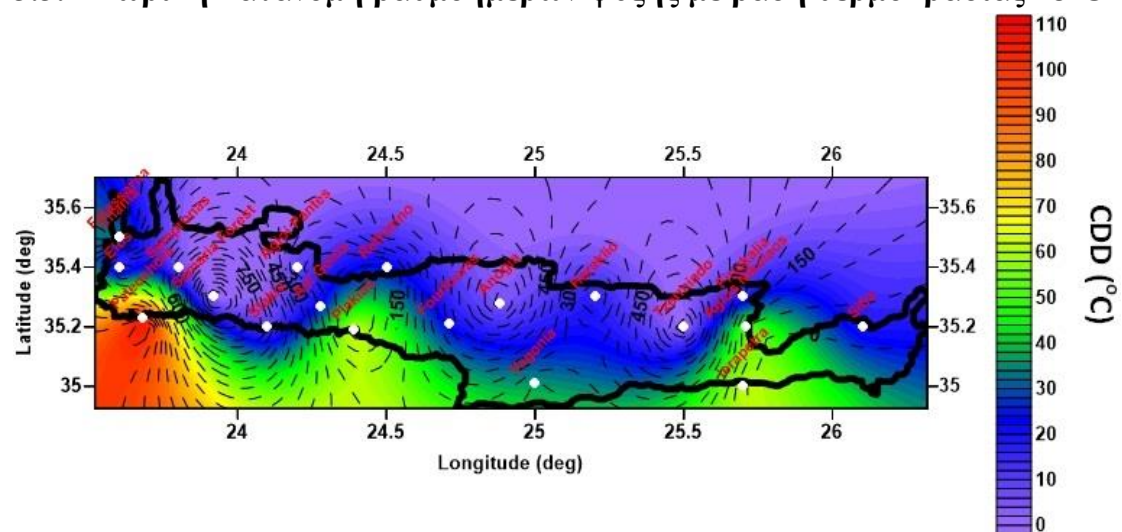


Διάγραμμα 6. Διάγραμμα διασποράς των HDD (με βάση τους 18°C) σε συνάρτηση με το υψόμετρο του τόπου, πάνω από το επίπεδο της θάλασσας σε m.

Στο παραπάνω διάγραμμα διασποράς παρουσιάζεται η συσχέτιση μεταξύ των δεδομένων βαθμομερών θέρμανσης (με βάση τους 18°C) και του υψομέτρου. Σύμφωνα με το διάγραμμα αυτό παρατηρούμε ότι υπάρχει μία ισχυρή γραμμική συσχέτιση, αφού ο συντελεστής προσδιορισμού  $R^2$  έχει την τιμή 0,827 που δείχνει πρακτικά ότι η ισχυρή γραμμική συσχέτιση μπορεί να ερμηνεύσει το 82,7% της διακύμανσης των δεδομένων. Επίσης φαίνεται ότι αυξάνονται γραμμικά με το υψόμετρο οι βαθμομέρες θέρμανσης και το διάγραμμα διασποράς είναι παρόμοιο με το [διάγραμμα 5](#).

### 3.3 Χωρική κατανομή των CDD

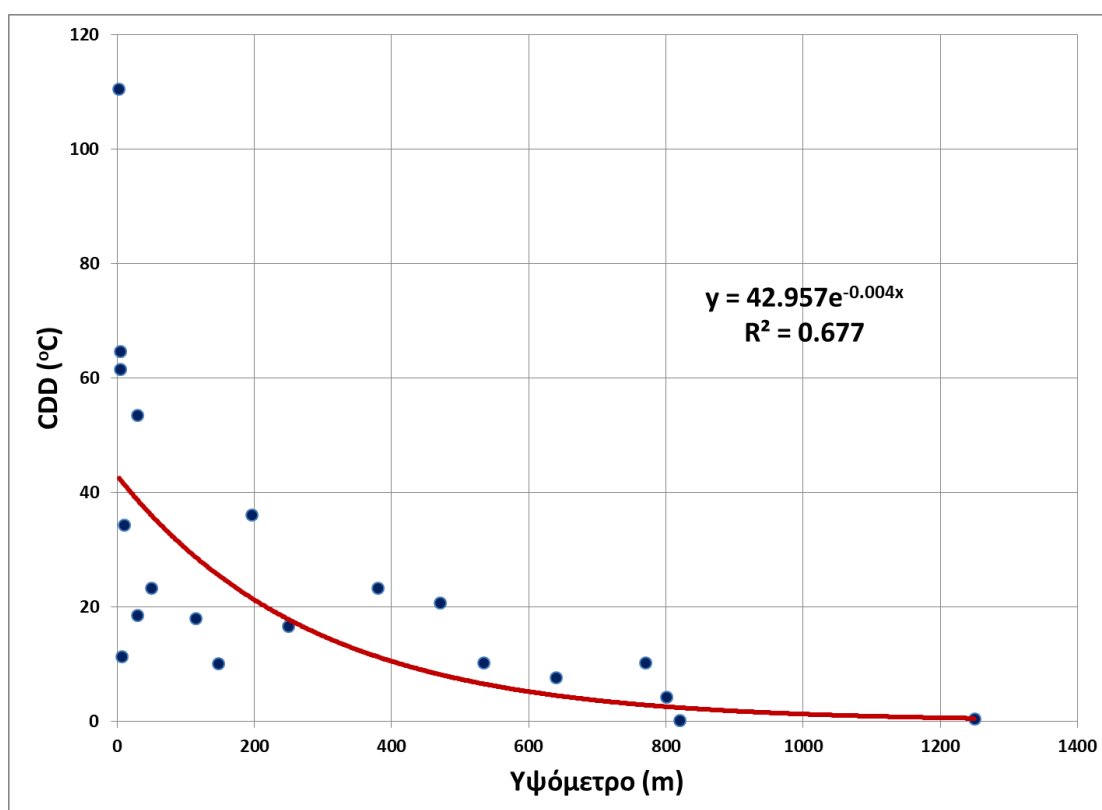
#### 3.3.1 Χωρική κατανομή βαθμομερών ψύξης με βάση θερμοκρασίας 28°C



Σχήμα 3. Χωρική κατανομή των CDD με βάση τους 28°C. Οι διακεκομμένες γραμμές αντιπροσωπεύουν τις ισοϋψείς (από το επίπεδο της θάλασσας) σε m.

Στο σχήμα 3 αναδεικνύεται η χωρική κατανομή των βαθμομερών ψύξης με θερμοκρασία βάσης τους 28°C. Οι CDD ξεκινάνε από 0,2 και καταλήγουν στις 110. Φαίνεται ότι στα περισσότερα επιλεγμένα σημεία, δεν υπάρχει τόσο αυξημένη θερμοκρασία όσο παρατηρείται στον Άγιο Νικόλαο με 53, στην Ιεράπετρα με 62, στην Παλαιόχωρα με 110 και στον Πλακιά Ρεθύμνου με 65 CDD. Οι σταθμοί που αναφέρθηκαν ξεπερνούν τις 40 CDD και αυτό άλλωστε το υποδηλώνει το χρώμα, αφού όσο μεγαλώνουν οι τιμές το χρώμα από το μωβ φτάνει στο κόκκινο. Όπως παρατηρείται όλες σχεδόν είναι μέχρι το πράσινο χρώμα και η μία περιοχή βρίσκεται στο κόκκινο, με την υψηλότερη ετήσια τιμή βαθμομέρας ψύξης. Προφανώς όσες ανήκουν σε μεγάλα υψόμετρα είναι κι ο λόγος που έχουν χαμηλές ανάγκες για ψύξη μιας κι εκεί υπάρχει περισσότερη δροσιά το καλοκαίρι. Μέχρι τα 200m το εύρος τιμών κυμαίνεται μεταξύ 10-110 μονάδες CDD, όπου είναι λογικό να έχει ορισμένες

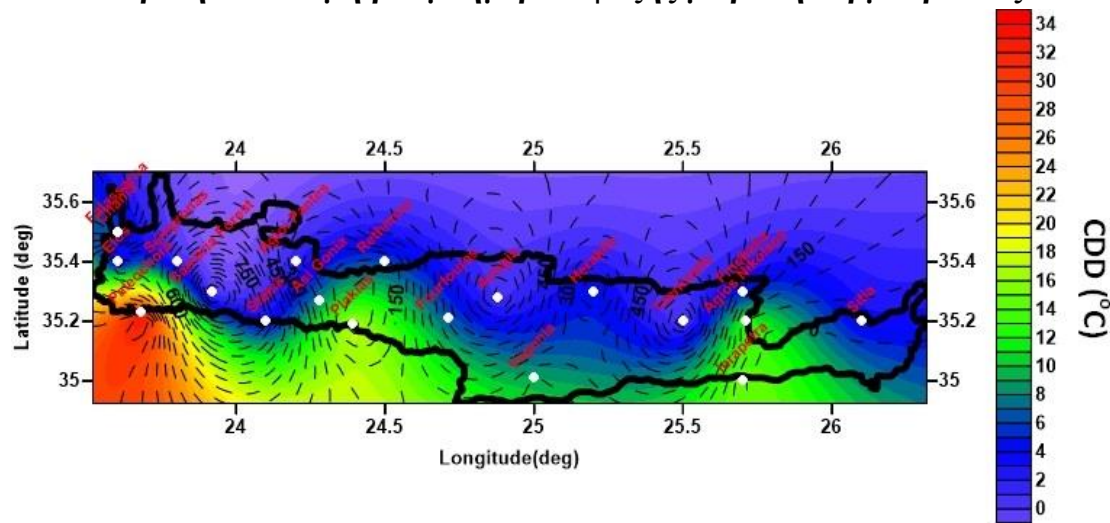
υψηλές τιμές, διότι βρίσκονται σε χαμηλό υψόμετρο από το επίπεδο της θάλασσας. Στην Παλαίοχωρα είναι ο σταθμός με 3m ύψος που φαίνεται με κόκκινο χρώμα, δηλαδή με την πιο αυξημένη ζήτηση. Βέβαια ότι υπάρχει κοντά θάλασσα θεωρείται πως το κλίμα είναι πιο δροσερό, όμως σε αυτή την περίπτωση έχει να κάνει και με την τοποθεσία, η οποία βρίσκεται νοτιοδυτικά της Κρήτης. Επίσης τους θερινούς μήνες, λόγω υπερβολικής ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από το νερό της θάλασσας, αλλάζουν τα δεδομένα, γιατί το κλίμα που επικρατεί είναι θερμό. Εξίσου σημαντικό ρόλο παίζει το ποιες περιοχές βρίσκονται σε αστικό ιστό, γιατί όσες ανήκουν σε αυτή την κατηγορία είναι προφανές ότι επηρεάζεται διαφορετικά το κλίμα τους. Υπάρχουν τέτοιες διαφοροποιήσεις και σε άλλες περιοχές με διαφορετικά υψόμετρα λόγω θέσης, κλίματος και γενικά του γεωγραφικού ανάγλυφού τους.



Διάγραμμα 7. Διάγραμμα διασποράς των CDD (με βάση τους 28°C) σε συνάρτηση με το υψόμετρο του τόπου, πάνω από το επίπεδο της θάλασσας σε m.

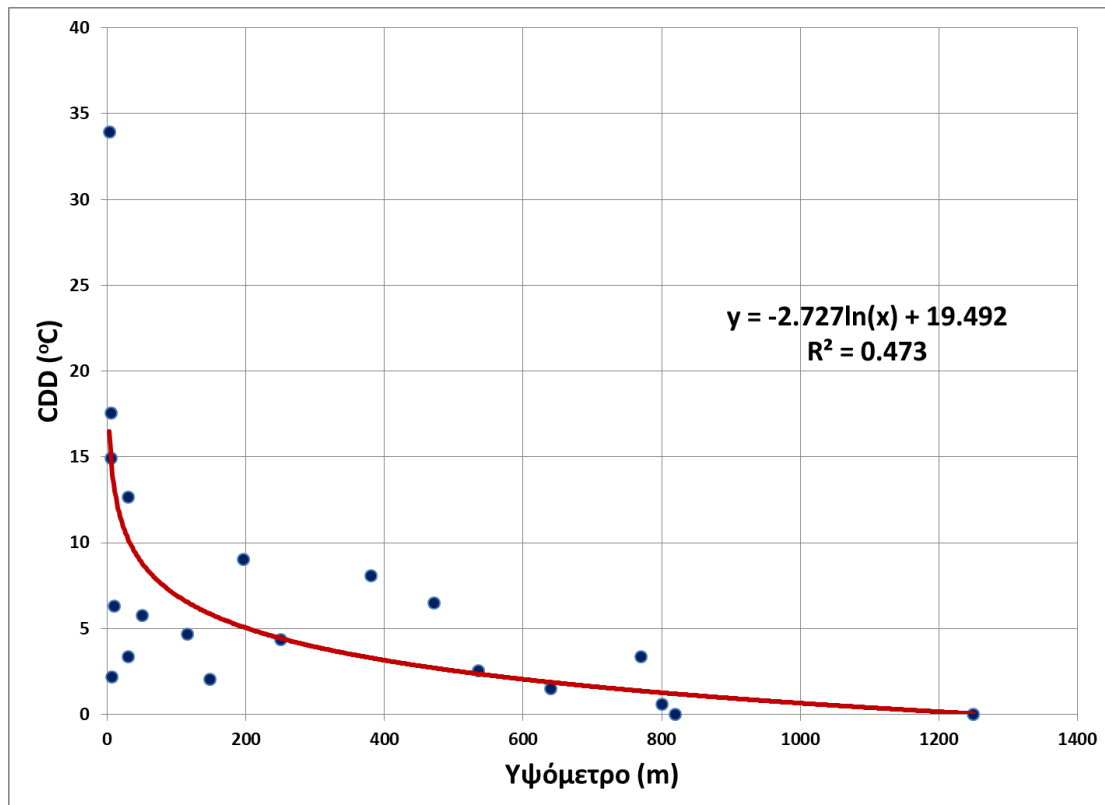
Από το παραπάνω διάγραμμα διασποράς φαίνεται ότι υπάρχει μια σημαντική εκθετική συσχέτιση μεταξύ των βαθμοημερών ψύξης (με βάση τους 28°C) και του υψόμετρου της περιοχής. Ειδικότερα ο συντελεστής προσδιορισμού  $R^2$  παίρνει την τιμή 0,677, που σημαίνει πρακτικά ότι μπορεί να ερμηνεύσει η παραπάνω εκθετική συσχέτιση το 67,7% της διακύμανσης των δεδομένων. Καθώς αυξάνεται το υψόμετρο φαίνεται ότι μειώνεται εκθετικά ο αριθμός των CDD.

### 3.3.2 Χωρική κατανομή βαθμομερών ψύξης με βάση θερμοκρασίας 30°C



Σχήμα 4. Χωρική κατανομή των CDD με βάση τους 30°C. Οι διακεκομμένες γραμμές αντιπροσωπεύουν τις ισοϋψείς (από το επίπεδο της θάλασσας) σε m.

Η χωρική κατανομή για θερμοκρασία βάσης τους 30°C είναι σχεδόν πανομοιότυπη εμφανισιακά με αυτή των 28°C, μόνο που τώρα ξεκινάει ακριβώς από τις 0 και καταλήγει στις 34 CDD. Στη σύγκριση τιμών υπάρχει μια σημαντική διαφορά αφού είναι κατά πολύ μειωμένες, διότι εντοπίζονται κάτω από το μισό σε σχέση με τις προηγούμενες. Οι 11 περιοχές που βρίσκονται εντός των 200m είναι ανάμεσα σε 2-34 CDD και όσο ανεβαίνουν σε υψόμετρο παρατηρούνται πιο χαμηλές τιμές. Σε κάποιες βέβαια, υπάρχουν λίγο μεγαλύτερες ετήσιες τιμές, αλλά όχι σημαντική αύξηση καθώς κυμαίνονται σε κλίμακα κάτω των 10 μονάδων βαθμομερών ψύξης. Η Σαμαριά που βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο των 1.250m δεν έχει καθόλου ανάγκη θέρμανσης, αφού εμφανίζει τιμή 0. Σχεδόν οι περισσότερες, έχουν πολύ χαμηλές ανάγκες, όπου αυτό οφείλεται στο πράσινο που διαθέτει η Σαμαριά πέρα από το ύψος, με αποτέλεσμα να μην αυξάνεται η ετήσια θερμοκρασία, όπως και στο γεγονός ότι για τέτοια θερμοκρασία βάσης υπήρχαν κάποιες μέσες τιμές θερμοκρασίας μέσα στα έτη που ήταν πολύ κοντά με αυτή. Το αποτέλεσμα ήταν η διαφορά τους να είναι 0 και επειδή ορισμένες αρνητικές τιμές μετατράπηκαν σε 0 διότι αν αφήνονταν ως έχει θα ήταν μη αποδεκτές, είναι ο λόγος που ο μέσος όρος που προέκυψε ήταν αυτός. Επομένως σε ορισμένες περιοχές επειδή δεν υπάρχει τόση ανάγκη ψύξης είναι λογικό οι ανάγκες για θέρμανσης τον χειμώνα να είναι υψηλότερες. Ουσιαστικά όταν το καλοκαίρι επικρατούν ψυχρές ημέρες τότε τον χειμώνα είναι ακόμα πιο έντονες σε θέμα κρύου.



Διάγραμμα 8. Διάγραμμα διασποράς των CDD (με βάση τους 30°C) σε συνάρτηση με το υψόμετρο του τόπου, πάνω από το επίπεδο της θάλασσας σε m.

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα που αποτυπώνει τη διασπορά μεταξύ των βαθμομερών ψύξης (με βάση τους 30°C) και του υψομέτρου, βλέπουμε ότι υπάρχει μία σημαντική λογαριθμική συσχέτιση. Ειδικότερα ο συντελεστής προσδιορισμού  $R^2$  παίρνει την τιμή 0,473, που σημαίνει πρακτικά ότι μπορεί να ερμηνεύσει η παραπάνω λογαριθμική συσχέτιση το 47,3% της διακύμανσης των δεδομένων. Εκτός από τη Σαμαριά, παρουσιάζονται σχεδόν μηδενικές οι βαθμοημέρες ψύξης για τις περιοχές Τζερμιάδο Λασιθίου και Ανώγεια, που σημαίνει ουσιαστικά μηδενικές ανάγκες κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη. Η εικόνα λοιπόν που παρουσιάζουν αυτές οι περιοχές είναι αντίστοιχες με της Σαμαριάς, παρουσιάζοντας σχεδόν τις ίδιες ανάγκες ψύξης για το καλοκαίρι.

## Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα

Αρχικά με την μελέτη που έγινε, φαίνεται πως η μέθοδος των βαθμομερών είναι μια απλή μέθοδος, συχνά χρησιμοποιούμενη για ζητήματα ενέργειας κι έμπιστη για αξιόπιστα αποτελέσματα που αφορούν την ενεργειακή κατανάλωση κτηρίων. Αναφέρθηκε επίσης πως η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται και για τις γεωργικές καλλιέργειες, ώστε να γίνεται γνωστό το χρονικό διάστημα που θα χρειαστεί το φυτό για να ωριμάσει πλήρως. Κύριο ρόλο στην μέθοδο όμως έχει η θερμοκρασία βάσης αφού για κάθε περιοχή αλλάζει, γιατί επηρεάζεται από τις συνθήκες εντός κι εκτός των κτηρίων. Μια τιμή που χρησιμοποιείται συνήθως στην Ελλάδα ως βασική θερμοκρασία είναι οι 18°C. Επίσης πρωτεύον ζήτημα είναι η ανάγκη του ανθρώπου να νιώθει άνετα στον χώρο που βρίσκεται, κάτι το οποίο κατορθώνεται άμεσα με την θέρμανση και την ψύξη/κλιματισμό. Βέβαια όπως αναφέρθηκε ο κάθε ένας μας έχει διαφορετικές ανάγκες σε θερμική άνεση, ανάλογα με το πώς αντιλαμβάνεται την θερμοκρασία στο σώμα του.

Σημαντική επίπτωση στην θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα παίζει και η κλιματική αλλαγή. Όπως είναι γνωστό η κλιματική αλλαγή οδηγεί σε υψηλότερες θερμοκρασίες του περιβάλλοντος εξωτερικού αέρα. Αυτό θα οδηγήσει αντίστοιχα στην ανάγκη διατύπωσης και αναφοράς διαφορετικών θερμοκρασιών βάσης για τον υπολογισμό των βαθμομερών ψύξης και θέρμανσης αντίστοιχα. Ουσιαστικά η κλιματική αλλαγή φαίνεται ότι θα οδηγήσει σε μεγαλύτερες ανάγκες για ψύξη και λιγότερες ανάγκες για θέρμανση, αντίστροφα από ότι συμβαίνει σήμερα.

Όσον αφορά πλέον τους 20 μετεωρολογικούς σταθμούς που επιλέχθηκαν σύμφωνα με τις δεδομένες μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες, έγιναν οι πράξεις που χρειάστηκαν ώστε να βρεθούν οι μέσες μηνιαίες βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης αντίστοιχα και τελικά οι μέσες ετήσιες τιμές τους. Με την εύρεση αυτών ήταν εύκολο έπειτα, να οριστούν οι ενεργειακές ανάγκες που απαιτούνται για τον κάθε σταθμό, παίζοντας ρόλο το γεωγραφικό μήκος και πλάτος τους αλλά και από το υψόμετρο που απέχουν από την θάλασσα. Βέβαια σημαντικό παράγοντα στην επιρροή αυτή αποτελεί το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας και ο λόγος είναι πως όταν μια περιοχή βρίσκεται σε αστικό ιστό είναι αναμενόμενη, ιδίως το καλοκαίρι, η αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων για την κάλυψη των αναγκών ψύξης. Παρόλα αυτά δεν είναι βέβαιο κάτι τέτοιο για τις πόλεις της Κρήτης καθώς οι περισσότερες εξεταζόμενες περιοχές είναι χωριά χωρίς αστικό ιστό, με εξαίρεση βέβαια το Ηράκλειο, το Ρέθυμνο και τα Χανιά που είναι μεγαλύτερες σε έκταση και εμφανίζουν σαφώς μια αστική δομή. Το Ρέθυμνο με το Ηράκλειο δε διαφέρουν κατά πολύ στις τιμές των CDD. Είναι δε υψηλότερες από τις αντίστοιχες των Χανίων, όμως παραμένουν κι αυτές σε χαμηλές τιμές δείχνοντας ότι δεν υπάρχει τόση ζήτηση σε ενέργεια σε ότι αφορά την ψύξη. Γενικότερα παρατηρούμε ότι στη Κρήτη δεν παρουσιάζονται υψηλές τιμές CDD, δηλαδή υψηλές ανάγκες κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη, αφού οι περισσότεροι σταθμοί δε βρίσκονται σε αστικό ιστό, αλλά σε μέρος όπου κυριαρχεί το πράσινο.

Βάσει των παραπάνω, συμπεραίνουμε ότι η συγκεκριμένη εργασία δίνει τη δυνατότητα με την αναλυτική εμφάνιση τέτοιων αποτελεσμάτων, κυρίως τις ετήσιες τιμές των βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης, να μπορεί να γίνει εύκολα μελέτη και κατανόηση των ενεργειακών αναγκών στην περιοχή της Κρήτης. Ιδιαίτερα από τα διαγράμματα και τις χωρικές κατανομές που σχηματίστηκαν.

Ξεκινώντας λοιπόν με τις ετήσιες HDD και CDD που προέκυψαν για τους σταθμούς, παρατηρείται ότι μεταξύ θερμοκρασίας βάσης τους 15°C και τους 18°C για θέρμανση, υπάρχει σημαντική διαφορά αποτελεσμάτων. Αυτοί οι 3°C αύξησης προκαλούν μεγαλύτερες τιμές μονάδων HDD, όπου εντοπίζονται στις μέσες μηνιαίες τιμές των HDD(18°C), γι' αυτό αναμένεται η χρήση παραπάνω θέρμανσης. Εξίσου για CDD με θερμοκρασία βάσης 28°C και 30°C πάλι αναμένεται διαφορά των τιμών, αφού με 2°C αύξηση φάνηκε ότι η μέγιστη τιμή είναι πολύ χαμηλότερη της άλλης (πιο κάτω κι από την μισή διαφορά) το οποίο σημαίνει ότι έχουν ακόμα πιο μικρές ανάγκες για κλιματισμό. Όλα αυτά αποδείχθηκαν μέσω των χωρικών κατανομών και τα διαγράμματα διασποράς που φαινόταν το ποσοστό ακριβείας και αξιοπιστίας, για τα αποτελέσματα που προέκυψαν.

Φαίνεται ξεκάθαρα ότι ενώ υπάρχει πολλή ζήτηση ενέργειας τον χειμώνα για θέρμανση, δεν παρατηρείται η ίδια ζήτηση το καλοκαίρι για ψύξη. Ο λόγος είναι όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ότι οι περισσότερες εξεταζόμενες περιοχές είναι μη αστικές περιοχές, πρόκειται για χωριά σε ορεινούς όγκους και δεν εμφανίζουν αστική μορφή, με εξαίρεση το Ρέθυμνο, τα Χανιά και το Ηράκλειο. Άρα οι χειμώνες είναι πιο ισχυροί και απαιτούν υψηλές τιμές κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση, ενώ τα καλοκαίρια είναι πιο ήπια, απαιτώντας μικρότερες ανάγκες κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη.

Τέλος, ένα σημαντικό συμπέρασμα της συγκεκριμένης διπλωματικής είναι ότι στην περιοχή της Κρήτης εμφανίζονται ουσιαστικά και οι τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τον Κ.Εν.Α.Κ. και η ζώνη Α και η ζώνη Β και η ζώνη Γ και η ζώνη Δ, ενώ σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. όλη η Κρήτη είναι ουσιαστικά στην ζώνη Α.



## Βιβλιογραφία

- [1] Αργυρίου, Α. Γαγλία, Α. κ. ά. (2018). Βαθμοημέρες Θέρμανσης Στην Ελλάδα – Κατηγοριοποίηση Ανά Χρήση Κτηρίων. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <https://www.researchgate.net/publication/325527883>.
- [2] Ανδρεαδάκη-Χρονάκη, Ε. (2017). *ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ Κλιματική Αλλαγή Περιβάλλον Βιωσιμότητα* (2η έκδ.). Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- [3] Azevedo, J. A., Lee Chapman, L., Muller, C. L. (2015). Critique and suggested modifications of the degree days methodology to enable long-term electricity consumption assessments: a case study in Birmingham, UK. *Meteorological Application*, 22, 789-796. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/met.1525>.
- [4] Büyükalaca, O. Bulut, H. Yılmaz, T. (2001). Analysis of variable-base heating and cooling degree-days for Turkey. *Applied Energy*, 69, 269-283. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261901000174>.
- [5] Barris, N. (2011). Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτηρίων (τεχνική οδηγία ΤΕΕ). *Wildwaterwall*. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/anartesechoristitlo#TOC-1.3.3.1.--->
- [6] Carpio, M. López-Ochoa, L. M. et. al. (2022). Influence of heating degree day calculation methods in designing the thermal envelope of buildings. *Journal of Building Engineering*, 46. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710221014625?via%3Dihub>.
- [7] Colinc. (2017, December 12). Heating and Cooling Degree Days Weather API release!. *Weatherbit.io*. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <https://www.weatherbit.io/blog/post/heating-and-cooling-degree-days-weather-api-release>.
- [8] Climate Action (n.d.). *Climate change consequences*. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο [https://ec.europa.eu/clima/climate-change/climate-change-consequences\\_el](https://ec.europa.eu/clima/climate-change/climate-change-consequences_el).
- [9] Day, T. (2006). Degree-days: theory and application. *CIBSE*. London. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο [https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/1/ME550/1/material\\_docente/bajar?id\\_material=165384](https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/1/ME550/1/material_docente/bajar?id_material=165384)
- [10] Ερύμανθος. (2012). Βιοκλιματική Πολιτική Και Πράσινη Ανάπτυξη Στην Αθήνα. *Ερύμανθος Κοινωνικής Εργασίας*. Αθήνα. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο [http://erymanthos-k-e.blogspot.com/2012\\_09\\_01\\_archive.html](http://erymanthos-k-e.blogspot.com/2012_09_01_archive.html).

- [11] Erbs, D. G. et. al. (1983). Estimation of Degree-Days And Ambient Temperature Bin Data From Monthly-Average Temperatures. *ASHRAE Journal*. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <http://amet-me.mnsu.edu.pdf>.
- [12] Esri. (n.d.). How Kriging works. ArcMap. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-kriging-works.htm>.
- [13] Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: [www.meteo.gr](http://www.meteo.gr)
- [14] Εφημερίς της Κυβέρνησης, (2010). “Προστασία δασών και δασικών εκτάσεων του Νομού Αττικής, σύσταση Ειδικής Γραμματείας Επιθεώρησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας και λοιπές διατάξεις”. Ν. 3818/2010 (ΦΕΚ Α΄ 17) (άρθρο 6). Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/totee/FEK%20407-B-2010%20-%20KENAK.pdf>.
- [15] Farmwest.com (n.d.) *GDD*. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <https://farmwest.com/climate/calculator-information/gdd/>.
- [16] Hitchin, E. R. (1983). Estimating monthly degree-days. *Building Services Engineering Research and Technology*, 4, 159-164. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο [https://www.researchgate.net/publication/239405317\\_Estimating\\_monthly\\_degree-days](https://www.researchgate.net/publication/239405317_Estimating_monthly_degree-days).
- [17] Κυπριακό Κέντρο Περιβαλλοντικής Έρευνας και Εκπαίδευσης. (2021). *Φαινόμενο Αστικής θερμικής νησίδας – Διαφορετικό κλίμα στην ίδια πόλη*; Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <https://kykpee.org/urban-heat-island-phenomenon/>.
- [18] Lang, C. (n.d.). *Kriging Interpolation*. Cornell University, Dept of Computer Science. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <https://people.ece.cornell.edu/land/OldStudentProjects/cs490-94to95/clang/kriging.html>.
- [19] Mourshed, M. (2012). Relationship between annual mean temperature and degree-days. *Energy and buildings*, 54, 418-425. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778812003696>.
- [20] Mistry, N. M. (2019). Historical global gridded degree-days: A high-spatial resolution database of CDD and HDD. *Geoscience Data Journal*, 6, 214-221. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/gdj3.83>.

- [21] Mailman School of Public Health. (n.d.). Kriging Interpolation Explanation. New York. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <https://www.publichealth.columbia.edu/research/population-health-methods/kriging-interpolation>.
- [22] Τζαβαλή, Α. (2015). Αστική θερμική νησίδα : ανάλυση του φαινομένου στην Αττική και διερεύνηση της επίδρασής του στην ενεργειακή συμπεριφορά σχολικών κτηρίων [πανεπιστημιακές σημειώσεις]. Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος. Πάτρα. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <https://nemertes.library.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/9467/6/Tzavali%28env%29.pdf>.
- [23] Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (2012). *Κλιματικά δεδομένα Ελληνικών περιοχών* (2η έκδ.). Αθήνα. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/totee/TOTEE-20701-3-Final-TEE%202nd.pdf>.
- [24] Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (2017). *Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων Για Τον Υπολογισμό Της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων Και Την Έκδοση Του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης*. Αθήνα. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <https://web.tee.gr/wp-content/uploads/%CE%95%CE%93%CE%9A%CE%A1%CE%99%CE%A3%CE%97-TOTEE-1.pdf>.
- [25] Ukey, R. Rai, A. C. (2021). Impact of global warming on heating and cooling degree days in major Indian cities. *Energy and Buildings*, 244. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778821003340>.
- [26] U.S. Energy Information Administration. (2021). Units and calculators explained. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <https://www.eia.gov/energyexplained/units-and-calculators/degree-days.php>.
- [27] Η φωτογραφία εξωφύλλου είναι διαθέσιμη στο δικτυακό τόπο <https://news.b2green.gr>
- [28] Η [εικόνα 1](#) είναι διαθέσιμη στο δικτυακό τόπο [https://ziakopoulos.blogspot.com/2014/10/blog-post\\_18.html](https://ziakopoulos.blogspot.com/2014/10/blog-post_18.html)