



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΜΑ:« Δημιουργία Ηλεκτρονικής Βάσης Δεδομένων Βαθμοημερών Θέρμανσης και Ψύξης για αντιπροσωπευτικές περιοχές της Ηπείρου»

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: Κόκκαλης Άγγελος

ΑΜ: 46146692

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. Μουστρής Κωνσταντίνος

ΑΙΓΑΛΕΩ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2022

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Όνοματεπώνυμο	Υπογραφή
Μουστρήs Κωνσταντίνος	
Νίκας Κωνσταντίνος-Στέφανος	
Ντούρου Κλεοπάτρα	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Κόκκαλης Άγγελος με αριθμό μητρώου 46692 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής 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».



Κόκκαλης Άγγελος

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά τον κ. Κωνσταντίνο Μουστρή για την ανάθεση του παρόντος θέματος, και κυρίως, για την πολύτιμη βοήθεια και την καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης και συγγραφής της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Οι επιστημονικές γνώσεις και οι συμβουλές που μου προσέφερε αποτελούν σημαντικά εφόδια για την υλοποίηση του στόχου μου. Κλείνοντας, οφείλω να κάνω μια ξεχωριστή αναφορά στην οικογένεια και τους φίλους μου, τους ανθρώπους δηλαδή που στάθηκαν δίπλα μου όχι μόνο κατά την εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας, αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, και με υποστήριξαν με κάθε τρόπο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	v
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	vi
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	viii
1. Εισαγωγή	1
1.1. Γενικές Πληροφορίες.....	1
1.2. Κτιριακή κατανάλωση ενέργειας.....	2
1.3. Ορισμός της βαθμομέρας.....	3
1.4. Ορισμός της Θερμοκρασίας Βάσης.....	4
1.5. Η αστική θερμική νησίδα	5
1.6. Εφαρμογή των βαθμομερών	7
1.7. Οι βαθμομέρες στην Ευρώπη	8
1.8. Υπολογισμός των βαθμομερών.....	11
1.8.1. Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες	11
1.8.2. Μέσες βαθμοώρες.....	12
1.8.3. Ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες	13
1.8.4. Υπολογισμός βαθμομερών κατά Hitchin.....	16
1.9. Σφάλματα μέτρησης	16
1.10. Ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων.....	17
1.11. Κλιματικές ζώνες.....	18
1.12. Κτιριακό απόθεμα	20
2. Εισαγωγή	21
2.1. Συλλογή δεδομένων	21

.....	21
.....	22
.....	25
.....	27
.....	27
3.1 Εισαγωγή	37
Μέθοδος Kriging	37
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	46
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	48
Ιστοσελίδες	49

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Ετήσια καταγραφή θερμοκρασίας του πλανήτη (nasa.org)	1
Εικόνα 2 Κατανομή της χρήσης ενέργειας των κτιρίων στις Η.Π.Α , την Κίνα και την Ευρωπαϊκή Ένωση για το 2010	2
Εικόνα 3 Ζώνες Θερμικής άνεσης	5
Εικόνα 4 Η αστική θερμική νησίδα (geonews.gr)	6
Εικόνα 5 Βαθμοημέρες στην Ευρώπη (www.eea.europa.eu)	9
Εικόνα 6 Σενάρια για τη μελλοντική εξέλιξη των βαθμοημερών	10
Εικόνα 7 Κλιματικές ζώνες.....	19
Εικόνα 8 Νομοί ανά κλιματική ζώνη.....	20
Εικόνα 9 Έτος ανέγερσης κτιρίων στην Ήπειρο	20

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Απαραίτητες εξισώσεις για τον υπολογισμό των βαθμομερών θέρμανσης, (Πηγή: Ίδια επεξεργασία).....	14
Πίνακας 2: Απαραίτητες εξισώσεις για τον υπολογισμό των βαθμομερών ψύξης, (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)	15
Πίνακας 3 Συλλογή των δεδομένων για τις διάφορες περιοχές της Ηπείρου.....	22
Πίνακας 4 Δεδομένα από την σελίδα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών	23
Πίνακας 5 Επεξεργασία μετρήσεων στο excel	25
Πίνακας 6 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Αγία Κυριακή..	27
Πίνακας 7 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Άρτα	27
Πίνακας 8 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Ασπράγγελοι Ιωαννίνων.....	28
Πίνακας 9 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Βουλγαρέλι Ιωαννίνων.....	28
Πίνακας 10 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Βωβούσα Ιωαννίνων.....	28
Πίνακας 11 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Δερβίζιανα Ιωαννίνων.....	29
Πίνακας 12 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Δωδώνη Ιωαννίνων.....	29
Πίνακας 13 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Ηγουμενίτσα..	29
Πίνακας 14 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Ιωάννινα	30
Πίνακας 15 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Καταρράκτης Άρτας	30
Πίνακας 16 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Κεράσοβο Ιωαννίνων.....	30
Πίνακας 17 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Κομπότι Άρτας	

.....	30
Πίνακας 18 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Κόνιτσα	31
Πίνακας 19 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Μέτσοβο.....	31
Πίνακας 20 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Πάπιγκο Ιωαννίνων.....	32
Πίνακας 21 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Παραμυθιά	32
Πίνακας 22 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Πάργα.....	32
Πίνακας 23 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Πέστα Ιωαννίνων.....	33
Πίνακας 24 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Πλικάτι Ιωαννίνων.....	34
Πίνακας 25 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Πραμαντά Ιωαννίνων.....	34
Πίνακας 26 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Πρέβεζα.....	34
Πίνακας 27 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Θεοδοριανά Άρτας	35
Πίνακας 28 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Τρίστενο Ιωαννίνων.....	35
Πίνακας 29 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Τσαμαντάς Θεσπρωτίας.....	36
Πίνακας 30 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Τσεπέλοβο Ιωαννίνων.....	36
Πίνακας 31 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Τύρια Ιωαννίνων	36
Πίνακας 32 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Ζίτσα Ιωαννίνων	37

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

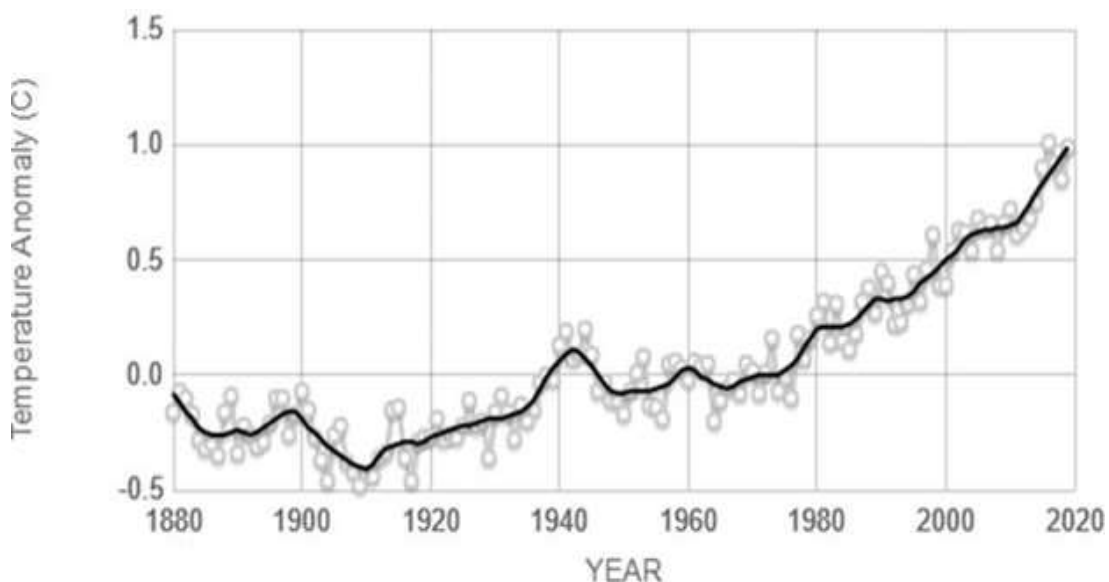
Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι ο υπολογισμός των βαθμομερών ψύξης και θέρμανσης βάσει συλλογής δεδομένων από είκοσι επτά σταθμούς στην περιοχή της Ηπείρου. Ο χρόνος έναρξης καταγραφής δεδομένων είναι διαφορετικός για κάθε σταθμό λόγω του ότι η λειτουργία κάθε σταθμού είχε διαφορετική χρονική περίοδο εκκίνησης. Αρχικά γίνεται αναφορά σε εισαγωγικές έννοιες όπως η βαθμομέρα ψύξης και θέρμανσης και τα πεδία εφαρμογής τους αλλά και το φαινόμενο αστικής θερμικής νησίδας που παρατηρείται στα αστικά κέντρα. Έπειτα αναλύονται οι τρόποι υπολογισμού των βαθμομερών. Στη συνέχεια παρατίθενται οι εκτιμήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μέσω μελετών και προσομοιώσεων, για την εξέλιξη των βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Γίνεται αναφορά στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων και τις κλιματικές ζώνες της Ελλάδας και στο κτιριακό απόθεμα της χώρας. Στη συνέχεια παρουσιάζονται διαγράμματα διασποράς αναφορικά με τη σχέση μεταξύ υψομέτρου και βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης, η κατάλληλη μέθοδος δημιουργίας των χαρτών που βοηθούν στην κατανόηση των διαγραμμάτων και ο σχολιασμός τους. Ακόμη παρουσιάζονται πίνακες και διαγράμματα σχετικά με τις μέσες τιμές ανά έτος και οι τιμές βαθμομερών ανά μήνα για κάθε σταθμό. Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι πως η περιοχή της Ηπείρου έχει μεγαλύτερες ανάγκες θέρμανσης στα προάστια σε σχέση με τα αστικά κέντρα λόγω της υψηλής δόμησης. Αντίθετα, λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών η ανάγκη για ψύξη είναι μικρή.

1. Εισαγωγή

1.1. Γενικές Πληροφορίες

Οι έννοιες της βαθμομέρας και της θερμοκρασίας βάσης εντοπίζονται για πρώτη φορά το 1878 στο έργο του Sir Richard Strachey και συγκεκριμένα στις μελέτες του για τη σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας και της αποδοτικότητας των καλλιεργειών. Η εφαρμογή της βαθμομέρας σε κτιριακές μελέτες αρχίζει έπειτα από 60 χρόνια, στα τέλη της δεκαετίας του '30 στο Λονδίνο. Όσο εξελίσσεται το επιστημονικό πεδίο των κτιριακών μελετών, η έννοια της βαθμομέρας εντάσσεται όλο και περισσότερο σε αυτές συμβάλλοντας κυρίως στην εκτίμηση των απωλειών και την εφαρμογή των μονώσεων.

Η εντατικοποίηση της μαζικής βιομηχανικής παραγωγής και της οικονομικής δραστηριότητας γενικά, αλλά και οι διαρκείς μετακινήσεις ανθρώπων και εμπορευμάτων κατά το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα προκαλεί το φαινόμενο της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Η ταχύτατη αστικοποίηση ολόενα και περισσότερων περιοχών, σε συνδυασμό με την υπερθέρμανση, οδηγεί στην αύξηση της θερμοκρασίας στα πυκνοκατοικημένα αστικά κέντρα, φαινόμενο που είναι γνωστό με τον όρο «αστική θερμονησίδα», γεγονός που καθιστά την αξιοποίηση των βαθμομερών αναγκαία στην μελέτη των κτιρίων (Day, 2006).

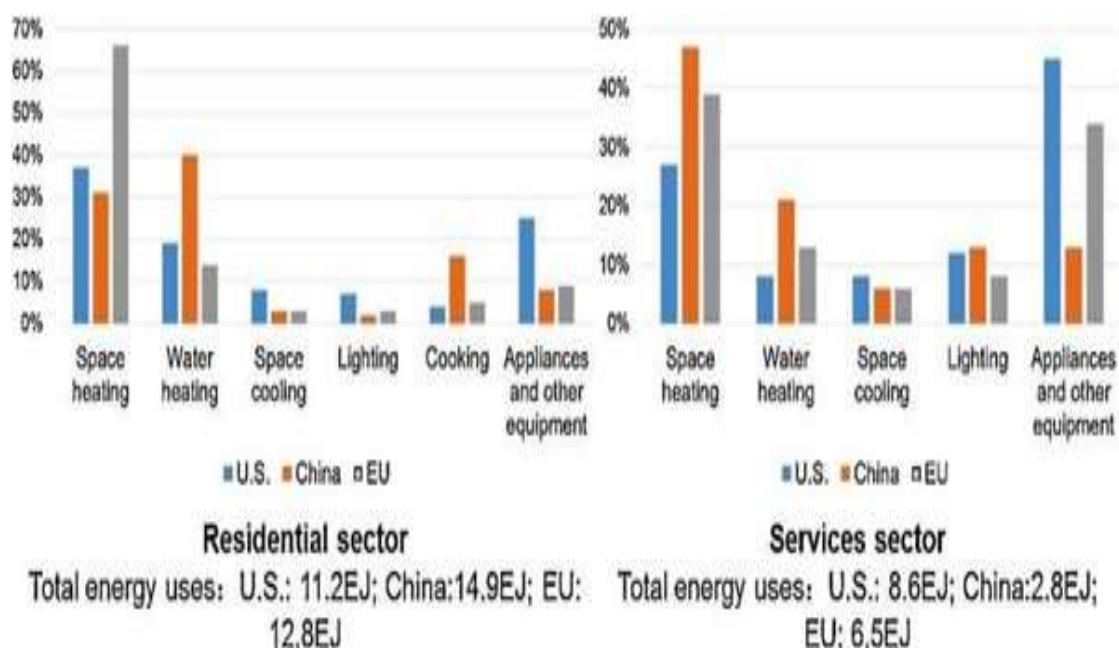


Source: climate.nasa.gov

Εικόνα 1 Ετήσια καταγραφή θερμοκρασίας του πλανήτη ([nasa.org](https://climate.nasa.gov))

1.2. Κτιριακή κατανάλωση ενέργειας

Η ζωή του σύγχρονου ανθρώπου των δυτικών, βιομηχανικών κοινωνιών λαμβάνει χώρα κυρίως σε εσωτερικούς χώρους που έχουν ανάγκη μηχανικής ψύξης και θέρμανσης, καθιστώντας τα κτίρια την μεγαλύτερη πηγή κατανάλωσης ενέργειας στον πλανήτη. Στις Η.Π.Α, από το 1980 έως το 2010, η κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων έφτασε από το 33.7% στο 41.1%. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Ενέργειας αυτή η αυξητική τάση του ρυθμού κατανάλωσης θα μειωνόταν λόγω της οικονομικής κρίσης, αλλά τελικά δείχνει να παραμένει σταθερή μέχρι και το 2035. Σύμφωνα με τη Διεθνή Υπηρεσία Ενέργειας, στην Ευρωπαϊκή Ένωση, τις Η.Π.Α και την Κίνα οι ενεργειακές απαιτήσεις της θέρμανσης των κτιρίων καταναλώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής ενέργειας (IEA, 2010).



Εικόνα 2 Κατανομή της χρήσης ενέργειας των κτιρίων στις Η.Π.Α, την Κίνα και την Ευρωπαϊκή Ένωση για το 2010

1.3. Ορισμός της βαθμομέρας

Όπως ήδη αναφέραμε, η έννοια της βαθμομέρας ψύξης και θέρμανσης (HeatDegreeDays–HDD & CoolingDegreeDays –CDD) δεν επινοήθηκε στο πλαίσιο των κτιριακών κατασκευών. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη του ρυθμού ανάπτυξης των φυτών και των εντόμων κατά την περίοδο της σποράς και αρκετά αργότερα εισήλθαν στις κτιριακές μελέτες για την ποσοτικοποίηση των αναγκών θέρμανσης και ψύξης ενός κτιρίου. Ο υπολογισμός των παραπάνω δεικτών απαιτεί τη γνώση της εξωτερικής θερμοκρασίας και τον ορισμό μιας εσωτερικής θερμοκρασίας βάσης, δηλαδή τη θερμοκρασία εκείνη στην οποία το κτίριο δεν χρειάζεται θέρμανση ή ψύξη για να εξασφαλιστούν συνθήκες άνεσης. Είναι προφανές ότι η γεωγραφική θέση του κτιρίου επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις τιμές των δεικτών, για παράδειγμα ένα κτίριο στο κέντρο μιας πόλης έχει μικρότερες ανάγκες για μηχανική ψύξη από ότι ένα κτίριο που βρίσκεται στο βουνό. Για τον υπολογισμό της βαθμομέρας ψύξης αφαιρείται η θερμοκρασία βάσης από την εξωτερική θερμοκρασία ενώ για τον υπολογισμό της βαθμομέρας θέρμανσης γίνεται το αντίστροφο, η εξωτερική θερμοκρασία αφαιρείται από τη θερμοκρασία βάσης (Day, 2006).

Παραδείγματα:

1) Αν $T_b=15^{\circ}\text{C}$ (θερμοκρασία βάσης)

και $T_a=10^{\circ}\text{C}$ (εξωτερική θερμοκρασία)

τότε $\text{HDD} = T_b - T_a = 15 - 10 = 5^{\circ}\text{C}$

Δηλαδή προκύπτει ανάγκη για θέρμανση του χώρου κατά 5°C .

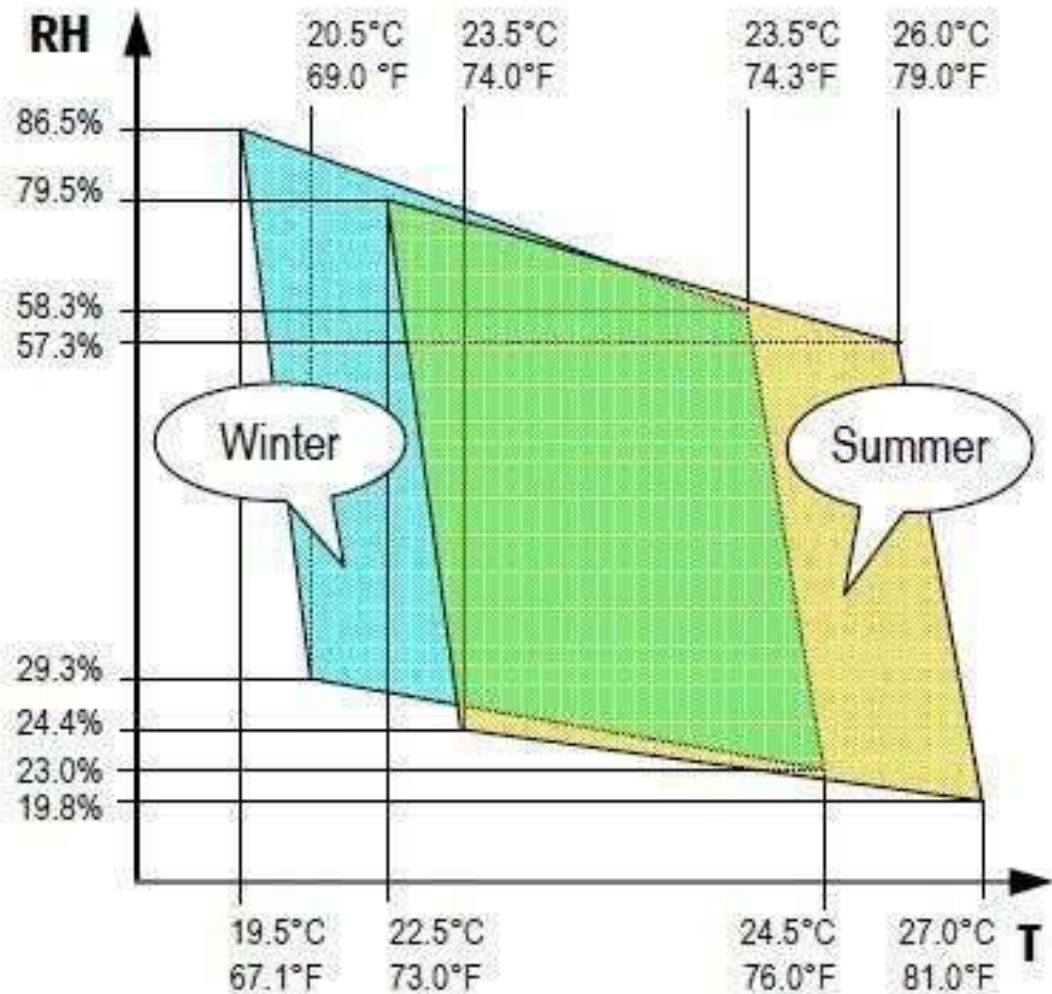
2) Αν $T_a= 25^{\circ}\text{C}$

και $T_b=15^{\circ}\text{C}$ τότε $\text{CDD} = T_a - T_b = 25 - 15 = 10^{\circ}\text{C}$

Δηλαδή προκύπτει ανάγκη για ψύξη του χώρου κατά 10°C .

1.4. Ορισμός της Θερμοκρασίας Βάσης

Ως θερμοκρασία βάσης ενός κτιρίου ορίζεται η θερμοκρασία εκείνη κατά την οποία το κτίριο δε χρειάζεται ψύξη ή θέρμανση, με περιθώριο $\pm 1-3^{\circ}\text{C}$ από τη θερμοκρασία που επιθυμούμε. Η απόκλιση αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι στα συστήματα θέρμανσης ή ψύξης του εκάστοτε κτιρίου προστίθενται και μερικά θερμικά κέρδη που προέρχονται από τον φωτισμό και τις συσκευές του κτιρίου αλλά και τους ανθρώπους που βρίσκονται εκεί. Τα θερμικά κέρδη ισοδυναμούν με τις θερμικές απώλειες του κτιρίου και ως εκ τούτου είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψιν κατά τον υπολογισμό της θερμοκρασίας βάσης. Εξίσου σημαντικά είναι και τα χαρακτηριστικά του κτιρίου που αφορούν τα υλικά του και τις ιδιότητές τους, τη θερμομόνωση και τον τύπο των παραθύρων. Τέλος, θα πρέπει να συνυπολογιστεί και η μεταβολή του καιρού που επηρεάζει τα θερμικά κέρδη ανάλογα με την εποχή και την ημέρα για να υπολογιστεί και το πιθανό σφάλμα, ενώ η θερμοκρασία βάσης ορίζεται τελικά από τις μέσες τιμές των μετρήσεων (Jankovicetal., 2018; Κατσαπράκης & Μονιάκης, 2015).

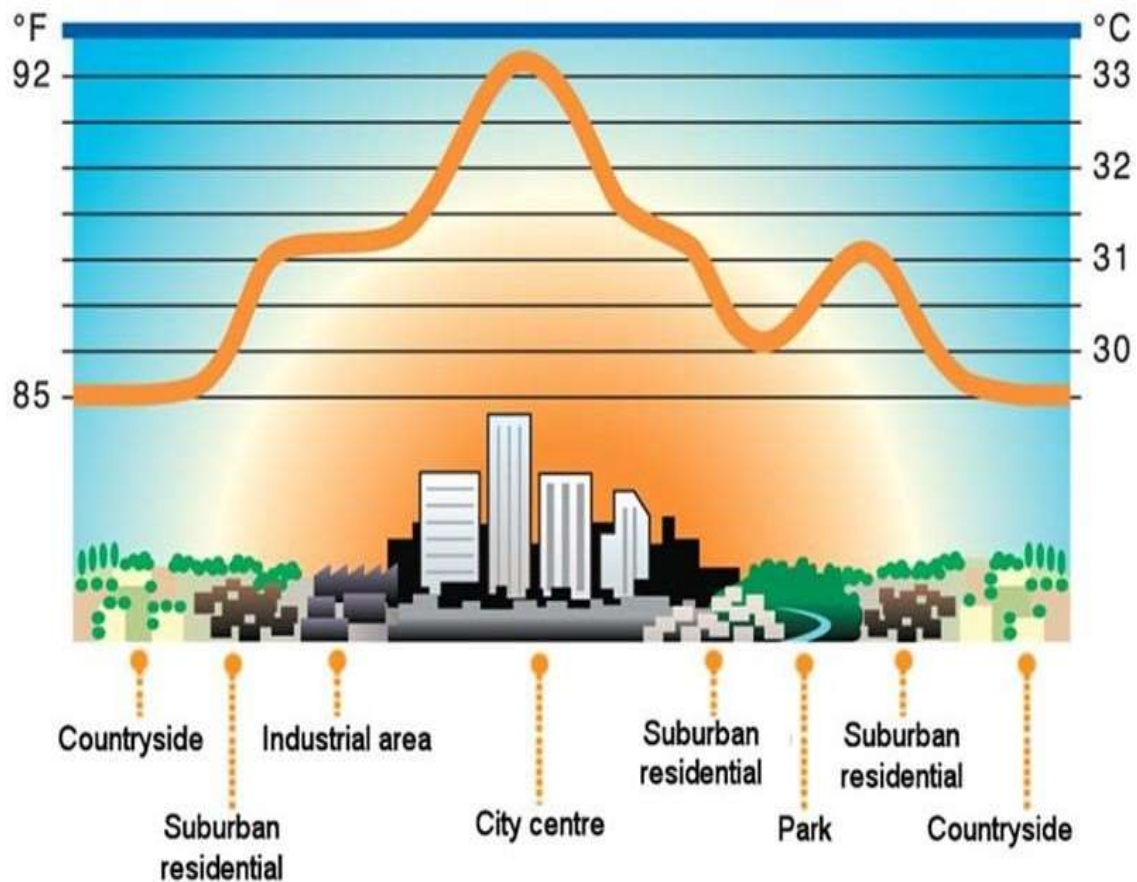


Εικόνα 3 Ζώνες Θερμικής άνεσης

1.5. Η αστική θερμική νησίδα

Οι αστικές περιοχές τείνουν να εμφανίζουν υψηλότερες θερμοκρασίες συγκριτικά με τις περιαστικές, φαινόμενο που είναι γνωστό ως «αστική θερμική νησίδα» και αφορά είτε θερμοκρασίες επιφάνειας ή θερμοκρασίες αέρα. Το φαινόμενο αυτό προκαλείται από την ενεργειακή ισορροπία μεταξύ της εισερχόμενης και της εξερχόμενης ακτινοβολίας, όταν δηλαδή το θερμικό ισοζύγιο είναι θετικό τότε σημειώνονται υψηλές θερμοκρασίες. Η έλλειψη βλάστησης και η ανθρώπινη δραστηριότητα είναι οι κύριοι παράγοντες πρόκλησης του θετικού θερμικού ισοζυγίου, όμως η έντασή του επηρεάζεται επιπλέον και από τον χαμηλό συντελεστή ανάκλασης και την υψηλή θερμοχωρητικότητα των οικοδομικών υλικών που συνεπάγεται αυξημένη αποθήκευση θερμότητας. Η χρήση ψυχρών υλικών, οι χώροι πρασίνου εντός των

αστικών χώρων και οι πράσινοι όροφοι σε όσα κτίρια κρίνονται κατάλληλα μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας και βελτιώνουν ποιοτικά τον αέρα, συμβάλλοντας έτσι στην εξάλειψη του φαινομένου (Memonetal., 2009; Santamouris, 2012).



Εικόνα 4Η αστική θερμική νησίδα (geonews.gr)

1.6. Εφαρμογή των βαθμομερών

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικότερα οι χρήσεις των βαθμομερών, τόσο στις κτιριακές μελέτες για τη θέρμανση και ψύξη των κτιρίων όσο και στις καλλιέργειες, για τον υπολογισμό του ρυθμού ανάπτυξής τους.

- Εφαρμογή στις καλλιέργειες

Ο όρος «βαθμομέρες ανάπτυξης» (GrowingDegreeDays) επινοήθηκε προκειμένου να υπολογίζεται με ακρίβεια η χρονική διάρκεια μίας σποράς αλλά και η ακριβής στιγμή που πρέπει αυτή να γίνει. Για να υπολογιστούν οι βαθμομέρες ανάπτυξης, χρειάζεται να γνωρίζουμε τη μέση θερμοκρασία του αέρα, δηλαδή το ημίθροισμα της μέγιστης και της ελάχιστης ημερήσιας θερμοκρασίας, που στη συνέχεια θα αφαιρέσουμε από την θερμοκρασία βάσης, η οποία είναι διαφορετική σε κάθε φυτό. Ο υπολογισμός που ακολουθεί και μας δείχνει τον ακριβή χρόνο ωρίμανσης των καλλιεργούμενων ειδών και τις καταλληλότερες εποχές για το καθένα, ανάλογα με τις θερμοκρασίες που επικρατούν. Ο υπολογισμός αφορά μόνο θετικές τιμές (Grigorievaetal., 2010).

$$\sum_{i=1}^m = (T_i - T_{\text{base}}) \quad [1.6]$$

$$T_i = (T_{\text{max}} + T_{\text{min}})/2 \quad [1.6.1]$$

Όπου:

T_i είναι η μέση θερμοκρασία

T_{base} είναι η θερμοκρασία βάσης

$i=1,2,\dots,m$ ημέρες

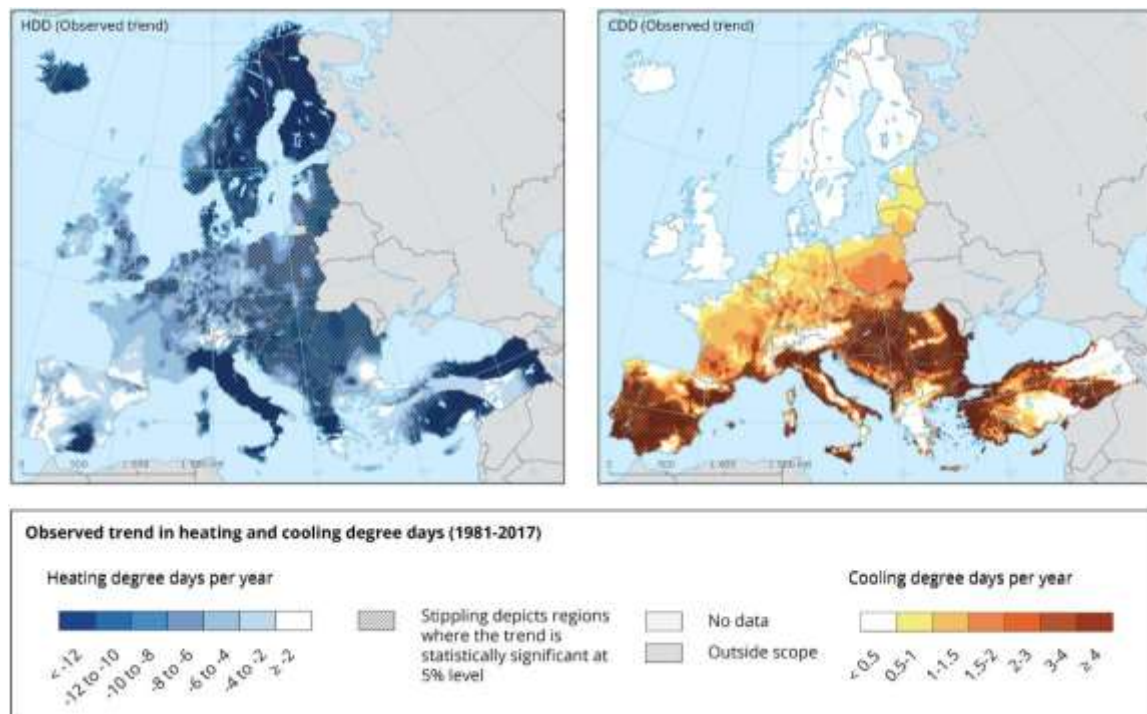
- Εφαρμογή στις κτιριακές κατασκευές

Η μέθοδος της θερμικής προσομοίωσης είναι η ακριβέστερη μέθοδος για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων, όμως παρουσιάζει δυσκολίες στην εφαρμογή και απαιτεί αρκετό χρόνο για τη διεξαγωγή της. Λόγω αυτών των μειονεκτημάτων, για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης χρησιμοποιείται

στη θέση της η μέθοδος των βαθμομερών η οποία, αν και λιγότερο ακριβής από την προσομοίωση, είναι εντούτοις αρκετά ταχύτερη και απαιτεί λιγότερα δεδομένα. Η μέθοδος των βαθμομερών, σε συνδυασμό με τον συντελεστή θερμικών απωλειών, επιτρέπει επιπλέον τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών των κτιρίων ο οποίος, για να είναι ακριβής, πρέπει να συμπεριλαμβάνει και τα εσωτερικά θερμικά κέρδη λόγω φωτισμού, συσκευών και ανθρώπινης παρουσίας. Μία ακόμη κατηγορία θερμικών κερδών που πρέπει να ληφθούν υπόψιν είναι τα ηλιακά κέρδη λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται είτε άμεσα από πόρτες και παράθυρα είτε έμμεσα από τα δοκάρια και τους τοίχους (Moustrisetal.,2014).

1.7. Οι βαθμομέρες στην Ευρώπη

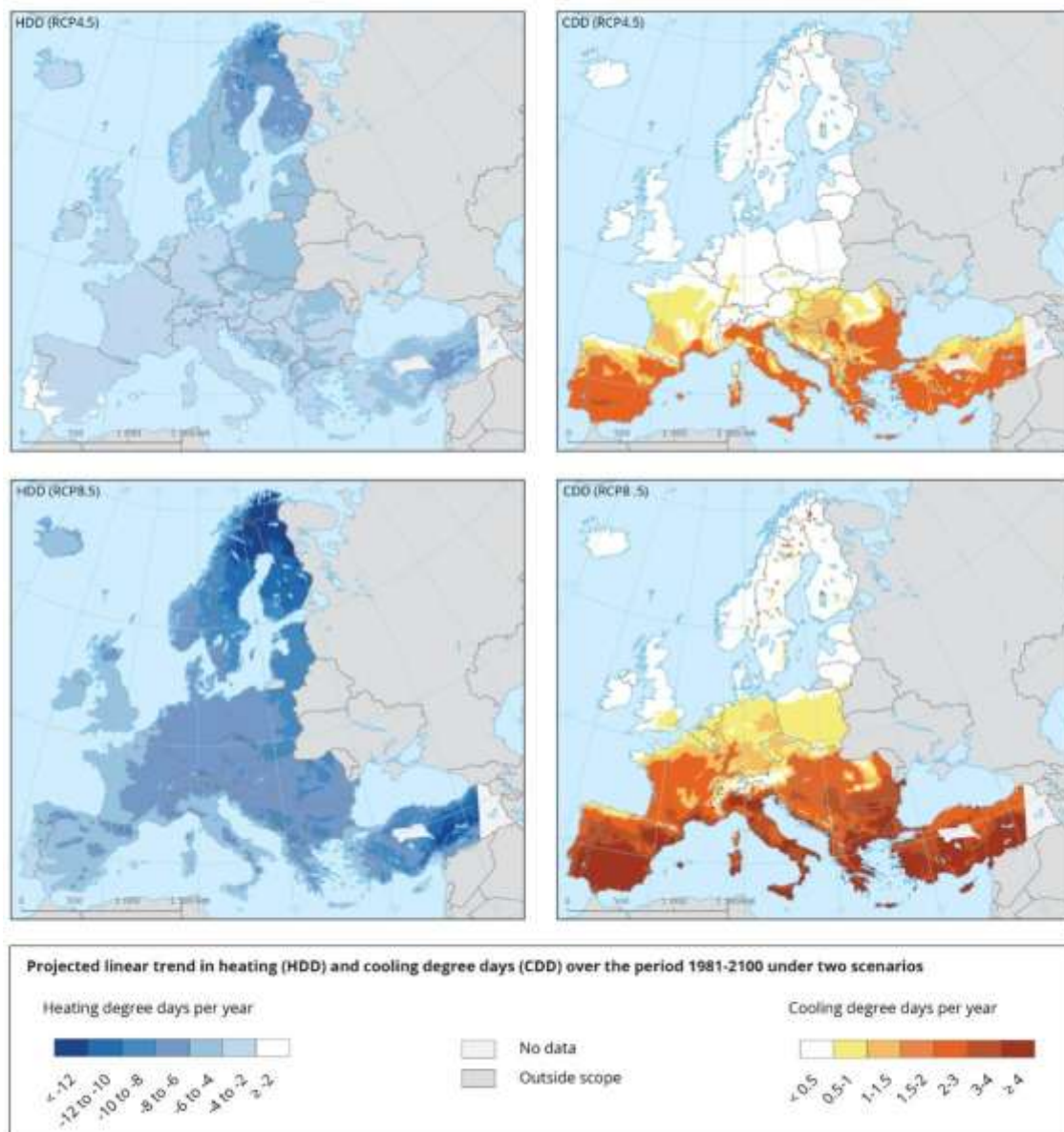
Κατά το τέλος του 20^{ου} αιώνα έως και σήμερα λόγω της κλιματικής αλλαγής η Ευρωπαϊκή ήπειρος κλονίζεται όλο και συχνότερα από ακραία καιρικά φαινόμενα όπως καύσωνες, κυκλώνες, καταρακτώδεις βροχές κ.ά. Οι συνέπειες των φαινομένων αυτών αφορούν και το περιβάλλον αλλά και την οικονομία της Ευρώπης ενώ μελλοντικά αναμένεται αύξηση των φαινομένων. Η Ευρωπαϊκή υπηρεσία περιβάλλοντος όπου καταγράφει τις ενεργειακές ανάγκες της Ευρώπης και στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε πως διαμορφώνονται οι ανάγκες αυτές από το 1981 ως το 2017. Όπως είναι αναμενόμενο, η Ιβηρική χερσόνησος και ένα τμήμα των Βαλκανίων έχουν υψηλή ανάγκη για ψύξη. Αντίθετα, στη βόρεια Ευρώπη υπάρχει χαμηλή ανάγκη για ψύξη και υψηλή ανάγκη για θέρμανση.



Εικόνα 5 Βαθμοημέρες στην Ευρώπη (www.eea.europa.eu)

Η Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Περιβάλλοντος δημιούργησε βάσει προσομοίωσης και 2 σενάρια για τη μελλοντική εξέλιξη των βαθμοημερών ψύξης και θέρμανσης στην Ευρώπη ως το 2100.

Οι προβλέψεις αυτές λαμβάνουν υπόψη την κλιματική αλλαγή και την αύξηση των εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων.



Εικόνα 6 Σενάρια για τη μελλοντική εξέλιξη των βαθμομερών

Όπως γίνεται αντιληπτό, κανένα από τα δύο σενάρια δε συμβαδίζει με τους στόχους που έχει θέσει η Ε.Ε. Η πρώτη πρόβλεψη (RCP 4.5) είναι αρκετά αισιόδοξη, με χαμηλότερο αριθμό βαθμομερών ψύξης σε περιοχές που σήμερα παρουσιάζουν υψηλό αριθμό. Αυτό το σενάριο δεν θα υλοποιηθεί αν συνεχιστεί η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Αντίθετα, η δεύτερη πρόβλεψη (RCP8.5) δείχνει μεγάλη ανάγκη στην Ευρώπη για ψύξη και χαμηλή για βαθμομέρες θέρμανσης λόγω της αλλαγής του κλίματος. Αυτό είναι το πιο απαισιόδοξο σενάριο δεδομένης της

συντονισμένης προσπάθειας που γίνεται διεθνώς για τον περιορισμό της αύξησης της θερμοκρασίας (Meng&Mourshed, 2017).

1.8. Υπολογισμός των βαθμομερών

Μερικοί από τους τρόπους υπολογισμού των βαθμομερών είναι οι εξής:

- Με τις μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες
- Με την ωριαία μέτρηση της θερμοκρασίας (μέσες βαθμοώρες)
- Με τις μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες
- Με τις μηνιαίες βαθμομέρες

1.8.1. Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες

Σύμφωνα με αυτήν τη μέθοδο οι βαθμομέρες υπολογίζονται με τους εξής τύπους:

- Βαθμομέρες ψύξης: αφαιρούμε από την μέση θερμοκρασία την θερμοκρασία βάσης

$$CDD = \sum(T_m - T_b)[1.8.1\alpha]$$

Μόνο θετικές τιμές είναι αποδεκτές, διαφορετικά CDD=0

- Βαθμομέρες θέρμανσης: αφαιρούμε από την θερμοκρασία βάσης τη μέση θερμοκρασία

$$HDD = \sum(T_b - T_m)[1.8.1\beta]$$

Μόνο θετικές τιμές είναι αποδεκτές, διαφορετικά HDD=0

Όπου:

T_m : μέση ημερήσια θερμοκρασία

T_b : θερμοκρασία βάσης

1.8.2. Μέσες βαθμοώρες

Η μέθοδος των μέσων βαθμοωρών υπολογίζει τις βαθμομέρες με μεγάλη ακρίβεια και αξιοπιστία. Στην περίπτωση της βαθμομέρας θέρμανσης, πρόκειται για την αφαίρεση της θερμοκρασίας βάσης από το σύνολο των θερμοκρασιών κάθε ώρας της ημέρας. Στην περίπτωση της βαθμομέρας ψύξης αφαιρούμε την θερμοκρασία βάσης από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος και το αποτέλεσμα το διαιρούμε με τις ώρες της ημέρας. Σε περίπτωση αρνητικού αποτελέσματος, η βαθμομέρα θεωρείται ίση με 0.

- Βαθμομέρες θέρμανσης

$$HDD = \frac{\sum_{j=1}^{24} (T_b - T_{\pi,j})}{24} [\text{°C/h}] [1.8.2\alpha]$$

- Βαθμομέρες ψύξης

$$CDD = \frac{\sum_{j=1}^{24} (\pi,j - T_b)}{24} [\text{°C/h}] [1.8.2\beta]$$

Όπου:

DD: Βαθμομέρες σε °C/h

$T_{\pi,j}$: Θερμοκρασία περιβάλλοντος σε μια ώρα της ημέρας j σε °C

T_b : Θερμοκρασία βάσης σε °C

Η μέθοδος αυτή ενδείκνυται για τον υπολογισμό των βαθμομερών σε βάθος χρόνου, όμως μόνο στην περίπτωση που υπάρχει δυνατότητα αποθήκευσης και χειρισμού των μεγάλων όγκων δεδομένων που απαιτούνται (Day, 2006).

1.8.3. Ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες

Αυτός ο υπολογισμός προέκυψε λόγω της ανάγκης να εισαχθούν τα δεδομένα της μέγιστης και της ελάχιστης θερμοκρασίας στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές της εποχής, που βρίσκονταν ακόμη σε αρχικό στάδιο. Είναι η προσέγγιση του ολοκληρώματος (Day, 2006):

$$DD = \int_0^t (T_b - T_{\pi}) dt [1.8.3]$$

Η ημερήσια θερμοκρασία σχετίζεται με την θερμοκρασία βάσης με τέσσερις τρόπους:

- Η θερμοκρασία βάσης μπορεί να είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία.
- Η διαφορά της μέγιστης θερμοκρασίας περιβάλλοντος με τη θερμοκρασία βάσης μπορεί να είναι μικρότερη από τη διαφορά της θερμοκρασίας βάσης από την ελάχιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- Η διαφορά της μέγιστης θερμοκρασίας περιβάλλοντος με την θερμοκρασία βάσης μπορεί να είναι μεγαλύτερη από την διαφορά της θερμοκρασίας βάσης με την ελάχιστη θερμοκρασία.
- Η ελάχιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος μπορεί να υπερβαίνει την θερμοκρασία βάσης και τότε ο αριθμός των βαθμομερών είναι ίσος με το μηδέν.

Ακολουθεί η μαθηματική έκφραση των συσχετισμών αυτών και οι εξισώσεις που χρειάζονται για τον υπολογισμό των βαθμομερών.

Πίνακας 1: Απαραίτητες εξισώσεις για τον υπολογισμό των βαθμομερών θέρμανσης, (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)

Περίπτωση	Συνθήκη	Βαθμομέραθέρμανσης
1	$T_b > T_{a,max}$	$T_b - 1/2(T_{\pi,max} + T_{\pi,min})$
2	$T_b > T_{\pi,min}$ $(T_{\pi,max} - T_b) < (T_b - T_{\pi,min})$	$1/2(T_b - T_{\pi,min})$ $- 1/4(T_{\pi,max} - T_b)$
3	$T_{\pi,max} > T_b$ $(T_{\pi,max} - T_b) > (T_b - T_{\pi,min})$	$1/4(T_b - T_{\pi,min})$
4	$T_{\pi,min} > T_b$	0

Πίνακας 2: Απαραίτητες εξισώσεις για τον υπολογισμό των βαθμομερών ψύξης, (Πηγή: Ίδια επεξεργασία)

Περίπτωση	Συνθήκη	Βαθμομεράψυξης
1	$T_{\pi min} > T_b$	$1/2(\int \Gamma_{\pi,max} + T_{\pi,min}) - T_b$
2	$T_{\pi,max} > T_b$ $(T_{\pi,max} - T_b) > (T_b - T_{\pi,min})$	$1/2(T_{\pi,max} - T_b) - 1/4(T_b - T_{\pi,min})$
3	$T_b > T_{\pi,min}$ $(T_{\pi,max} - T_b) < (T_b - T_{\pi,min})$	$1/4(T_{\pi,max} - T_b)$
4	$T_{\pi,min} < T_b$	0

1.8.4. Υπολογισμός βαθμομερών κατά Hitchin

Στο παρελθόν έχουν γίνει διάφορες προσπάθειες υπολογισμού των βαθμομερών με χρήση ελάχιστων μετεωρολογικών δεδομένων, κυρίως βάσει μηνιαίων θερμοκρασιών και των διακυμάνσεών τους σε σχέση πάντα με τον τόπο στον οποίο διενεργήθηκαν οι μετρήσεις. Το 1893 ο Hitchin υπολόγισε τις βαθμομέρες θέρμανσης ως εξής:

$$D_m = \frac{N_m (T_b - T_{o.mean})}{1 - e^{-k(T_b - T_{o.mean})}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad [1.8.4]$$

Όπου:

D_m είναι οι βαθμομέρες σε $^{\circ}\text{C}$

T_b είναι η θερμοκρασία βάσης σε $^{\circ}\text{C}$

$T_{o.mean}$ είναι η μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος σε $^{\circ}\text{C}$

K είναι η σταθερά τοποθεσίας και υπολογίζεται $K = \frac{2,5}{\sigma_r}$, σ_r είναι η τυπική απόκλιση των θερμοκρασιών κάθε μήνα

1.9. Σφάλματα μέτρησης

Η μέτρηση της βαθμομέρας, όπως και όλες οι μετρήσεις μεγεθών, υπόκειται σε πειραματικό σφάλμα, όχι από κάποιο λάθος κατά την διαδικασία του πειράματος αλλά λόγω εξωτερικών παραγόντων. Οι παράγοντες αυτοί, όπως για παράδειγμα η ακρίβεια των οργάνων μέτρησης, ενδέχεται να μην μπορούν να εξαλειφθούν.

Όσον αφορά τις βαθμομέρες, το σφάλμα υπολογίζεται ως η διαφορά του μέσου όρου των βαθμομερών με τον μέσο όρο της μεθοδολογίας υπολογισμού και η σχέση που διέπει το σφάλμα σε αυτήν την περίπτωση είναι η εξής (Κατσαπράκης και Μονιάκης, 2015):

$$DDE = \frac{D_{davg} - D_{mavg}}{D_{davg}} \times 100\% [1.9]$$

Όπου:

DDE είναι το σφάλμα βαθμομέρας

D_{davg} είναι ο μέσος όρος βαθμοωρών

D_{mavg} είναι ο μέσος όρος μεθοδολογίας

1.10. Ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων

Η συνεχής αναβάθμιση του βιοτικού επιπέδου στον ανεπτυγμένο κόσμο οδηγεί αναπόφευκτα σε μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση και μεγαλύτερες εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων. Σήμερα, τα κτίρια καταναλώνουν περισσότερο από το 33% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας, 50% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας και εκπέμπουν το 33% των θερμοκηπιακών αερίων.

Στο πλαίσιο της γενικότερης προσπάθειας των τελευταίων ετών για την επιβράδυνση της κλιματικής αλλαγής, αναζητούνται τρόποι μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει δώσει κατευθυντήριες οδηγίες προς τα κράτη μέλη προκειμένου τα κτίρια να γίνουν πιο φιλικά προς το περιβάλλον.

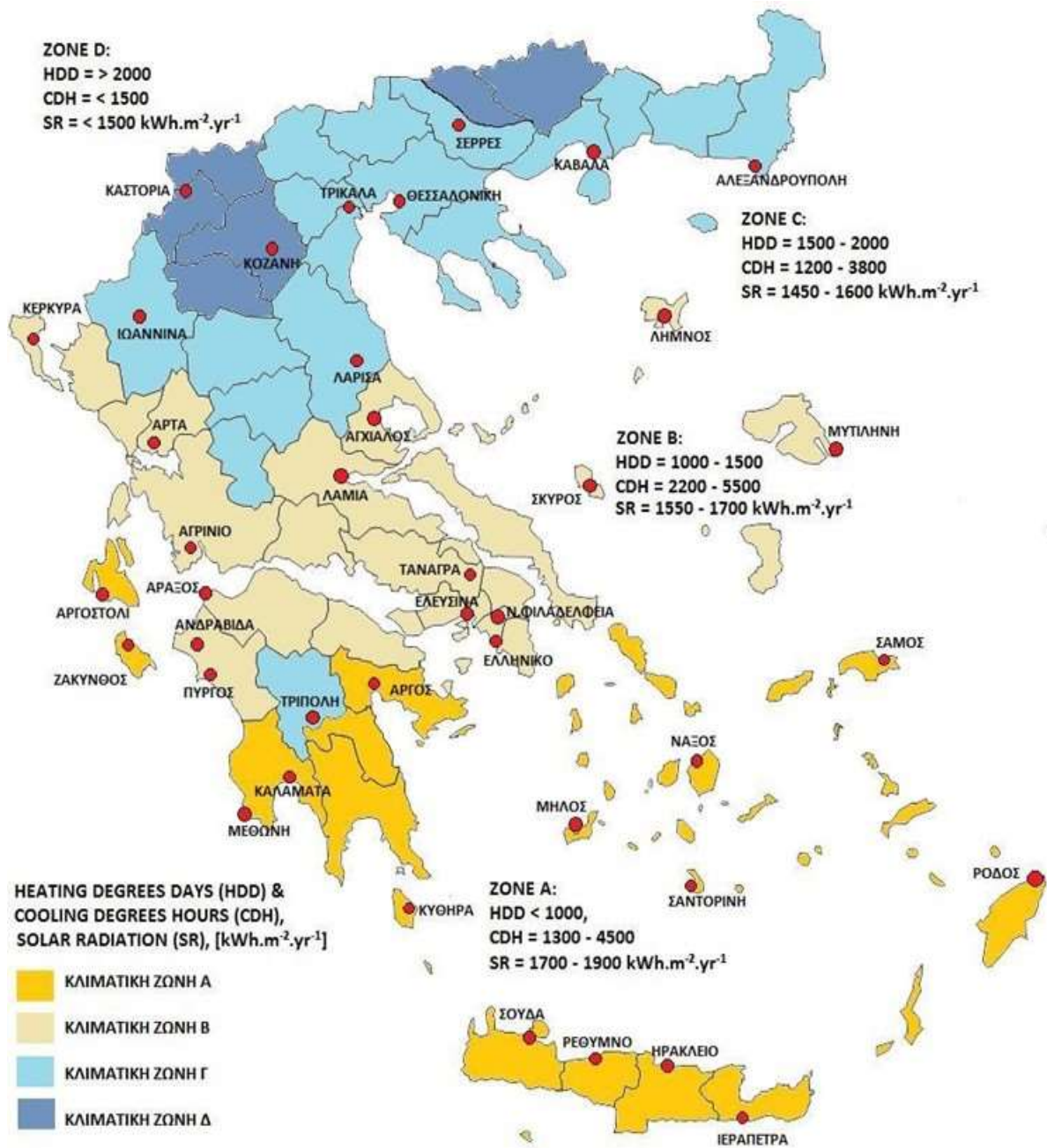
Η κοινοτική οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων (91/2002/ΕΚ) όρισε στο ελληνικό κράτος την υποχρέωση να εφαρμόσει τις σχετικές νομοθετικές διατάξεις για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων της χώρας μας. Η Ελλάδα είναι πλέον υποχρεωμένη να εφαρμόζει τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, ο οποίος μεταξύ άλλων καθορίζει τη μεθοδολογία βάσει της οποίας υπολογίζεται η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, τις τεχνικές προδιαγραφές και τις απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης των νέων και ανακαινισμένων κτιρίων. Η εφαρμογή του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων είναι υποχρεωτική προς την ΕΕ αλλά και προς την ασφάλεια των πολιτών της χώρας μας, εξασφαλίζει δε σημαντικά ποσά λόγω της εξοικονόμησης της ενέργειας που θα χρησιμοποιούταν για ψύξη ή θέρμανση. Το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (ΤΕΕ) προχώρησε στην έκδοση Τεχνικών Οδηγιών προκειμένου να προσαρμοστούν οι μελέτες και οι επιθεωρήσεις στα Ελληνικά κλιματικά και κτιριακά δεδομένα. Ακόμη, το ΤΕΕ δημιούργησε ένα λογισμικό, το ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ., για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης και βαθμονόμησης των κτιρίων, το οποίο χρησιμοποιείται κατά τις ενεργειακές επιθεωρήσεις και κατά τις μελέτες

ενεργειακής απόδοσης(Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, 2014; Ε. Ε. Ο., 1993).

Οι προσπάθειες της Ελλάδας προς την κατεύθυνση του ευρωπαϊκού στόχου μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας κατά 27% ως το 2030, συνεχίστηκαν με τη δημιουργία του προγράμματος «Εξοικονομώ κατ' οίκον». Είναι ένα πρόγραμμα επιδότησης της ενεργειακής αναβάθμισης των κατοικιών, με εισοδηματικά κριτήρια, που άρχισε να υλοποιείται το 2010 με μεγάλη απήχηση (Meng & Mourshed, 2017). Το πρόγραμμα «Εξοικονομώ κατ' οίκον» επιδοτεί την αντικατάσταση των κουφωμάτων, τη θερμομόνωση και τη μετατροπή του συστήματος θέρμανσης και ζεστού νερού χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Υ.Π.Ε.Κ.Α., 2021).

1.11. Κλιματικές ζώνες

Όπως ορίζει ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, η Ελλάδα χωρίζεται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες βάσει των βαθμομερών θέρμανσης. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε σε ποια ζώνη ανήκει ο κάθε νομός της χώρας, από την θερμότερη ζώνη Α έως την ψυχρότερη ζώνη Δ. Όλες οι περιοχές που ανήκουν στη ζώνη Δ βρίσκονται σε υψόμετρο μεγαλύτερο των 500m, ενώ όλες οι περιοχές σε αντίστοιχο υψόμετρο σε άλλη ζώνη, κατατάσσονται στην αμέσως επόμενη (ψυχρότερη).



Εικόνα 7 Κλιματικές ζώνες

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

Εικόνα 8 Νομοί ανά κλιματική ζώνη

1.12. Κτιριακό απόθεμα

Η τελευταία απογραφή κτιρίων της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (2011) παρουσιάζει στοιχεία σχετικά με τη χρήση των κτιρίων, τους ορόφους τους, το είδος οροφής, τα υλικά κατασκευής και το έτος ανέγερσης. Από τα 4.105.637 κτίρια που απογράφηκαν, το μεγαλύτερο ποσοστό βρίσκεται, όπως είναι αναμενόμενο, στην Αττική. Τα κτίρια στην περιοχή της Ηπείρου είναι 600.436 και τα 310.282 από αυτά είναι χωρίς όροφο. Στον ακόλουθο πίνακα βλέπουμε αναλυτικά την κατανομή των κτιρίων ανά έτος ανέγερσης.

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΕΤΟΣ ΑΝΕΓΕΡΣΗΣ								ΥΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
	ΠΡΙΝ ΤΟ 1970	1971-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006 ΚΑΙ ΜΕΤΑ	
ΗΠΕΙΡΟΥ	226.942	113.242	59.756	47.107	39.756	38.120	38.073	31.124	6.35

Εικόνα 9 Έτος ανέγερσης κτιρίων στην Ήπειρο

Όπως είναι φανερό, τα περισσότερα κτίρια έχουν κατασκευαστεί πριν το 1970 και η ανέγερση νέων κτιρίων φθίνει με την πάροδο του χρόνου. Προκύπτει λοιπόν ο προβληματισμός σχετικά με την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων αυτών σε περίπτωση που δεν έχουν ανακαινιστεί με κατάλληλη μόνωση, κουφώματα και συστήματα θέρμανσης, δεδομένου ότι τα παλαιωμένα κτιριακά αποθέματα δεν είναι

ενεργειακά αποδοτικά όσον αφορά τις ανάγκες τους για ψύξη και θέρμανση (ΕΛΣΤΑΤ, 2021)

2. Εισαγωγή

Στο δεύτερο κεφάλαιο θα γίνει ανάλυση της μεθοδολογίας υπολογισμού βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης για τις αντιπροσωπευτικές περιοχές της Ηπείρου, καθώς επίσης και παρουσίαση δεδομένων και αποτελεσμάτων.

2.1. Συλλογή δεδομένων

Η συλλογή των δεδομένων για τις διάφορες περιοχές της Ηπείρου πραγματοποιήθηκε από την ιστοσελίδα meteo.gr του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Για να διασφαλιστεί η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων, πάρθηκαν δεδομένα μόνο από σταθμούς που είχαν δεδομένα άνω των πέντε ετών. Για το λόγο αυτό οι τιμές που επεξεργάστηκαν ήταν από 27 σταθμούς σε σύνολο 38 σταθμών που υπάρχουν εντός των ορίων της Ηπείρου.

ΣΤΑΘΜΟΙ	LAT	LONG	Hasl(m)
ΑΓΙΑ ΚΥΡΙΑΚΗ	39.531	20.691	340
ΑΡΤΑ	39.2	20.9	50
ΑΣΠΡΑΓΕΛΟΙ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	39.8	20.7	945
ΒΟΥΡΓΑΡΕΛΙ ΑΡΤΑΣ	39.371	21.184	760
ΒΩΒΟΥΣΑ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	39.9	21.1	1024
ΔΕΡΒΙΖΙΑΝΑ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	39.398	20.797	585
ΔΩΔΩΝΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	39.557	20.68556	675
ΖΙΤΣΑ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	39.557	20.68556	675
ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ	39.541	20.279	77
ΘΕΩΔΩΡΙΑΝΑ ΑΡΤΑΣ	39.436	21.21	974
ΙΩΑΝΝΙΝΑ	39.62	20.85	475
ΚΑΤΑΡΡΑΚΤΗΣ ΑΡΤΑΣ	39.4	22	803
ΚΕΡΑΣΟΒΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	40.145	20.894	960
ΚΟΜΠΟΤΙ ΑΡΤΑΣ	39.1	21.1	75
ΚΟΝΙΤΣΑ	40.048	20.744	530
ΜΕΤΣΟΒΟ	39.8	21.2	1240
ΠΑΠΙΓΚΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	39.968	20.72	920
ΠΑΡΑΜΥΘΙΑ	39.497	20.536	650
ΠΑΡΓΑ	39.283	20.405	8
ΠΕΣΤΑ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	39.458	20.918	720
ΠΛΙΚΑΤΙ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	40.295	20.769	1240
ΠΡΑΜΑΝΤΑ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	39.529	21.096	840
ΠΡΕΒΕΖΑ	39	20.7	12
ΤΡΙΣΤΕΝΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	39.793	21	940
ΤΣΜΑΝΤΑΣ ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	39.773	20.341	580
ΤΣΕΠΕΛΟΒΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	39.904	20.82	1080
ΤΥΡΙΑ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	39.531	20.691	340

Πίνακας 3 Συλλογή των δεδομένων για τις διάφορες περιοχές της Ηπείρου

MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for OCT. 2011

NAME: Agia Kiriaki CITY: Dodoni STATE: Ioannina
 ELEV: 515 m LAT: 39° 31' 27" N LONG: 20° 52' 55" E

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	16.2	24.0	15:10	8.2	6:10	3.6	1.5	0.0	5.8	38.6	15:00	WNW
2	15.6	25.7	17:10	6.6	7:50	4.4	1.7	0.0	3.5	22.5	14:30	ESE
3	15.7	24.8	15:40	6.8	8:00	4.2	1.6	0.0	3.2	19.3	13:00	E
4	15.8	25.3	14:50	7.0	8:00	4.2	1.8	0.0	3.2	20.9	16:20	ESE
5	16.3	25.2	15:40	7.2	7:50	3.8	1.8	0.0	2.9	16.1	17:50	ESE
6	15.7	24.5	14:40	8.1	7:50	3.9	1.3	0.0	2.9	17.7	14:40	ESE
7	15.3	22.8	13:00	9.4	8:10	3.6	0.6	6.0	4.0	32.2	12:50	E
8	15.6	18.9	14:50	13.8	0:20	2.7	0.0	46.0	7.1	45.1	15:00	ESE
9	12.4	16.5	12:30	9.2	21:30	5.8	0.0	1.2	3.2	29.0	13:20	E
10	11.4	15.1	14:10	7.6	4:40	6.9	0.0	3.0	12.9	48.3	13:30	WNW
11	11.9	18.5	15:20	4.6	6:30	6.4	0.0	0.0	6.4	35.4	2:50	WNW
12	12.7	22.2	16:10	4.7	7:40	6.2	0.6	0.0	3.2	16.1	14:50	E
13	14.0	23.6	15:00	5.4	7:50	5.3	1.0	0.0	3.5	22.5	16:50	ESE
14	13.9	21.2	13:20	8.9	3:20	4.7	0.3	19.4	4.0	33.8	16:40	ENE
15	9.9	11.1	2:50	8.8	9:20	8.4	0.0	22.0	5.1	19.3	5:40	NW
16	9.7	12.3	14:00	6.1	00:00	8.6	0.0	0.0	9.5	40.2	13:30	W
17	6.3	12.2	16:00	-0.1	23:50	11.9	0.0	0.0	9.3	41.8	10:10	WNW
18	4.5	14.4	15:50	-3.5	8:10	13.8	0.0	0.0	3.2	14.5	13:50	ESE
19	6.2	16.8	16:20	-3.0	7:50	12.1	0.0	0.0	3.5	16.1	15:10	E
20	8.6	18.7	15:40	-0.9	8:00	9.8	0.0	0.0	3.7	16.1	14:40	ESE
21	10.4	19.0	16:50	2.1	7:30	7.9	0.0	0.0	2.9	12.9	13:40	E
22	11.9	19.1	15:10	6.5	5:40	6.3	0.0	0.0	2.1	14.5	13:20	ESE
23	10.7	13.9	15:40	6.8	5:40	7.6	0.0	7.6	1.4	9.7	2:30	NE
24	12.3	17.1	16:20	6.9	23:40	6.0	0.0	0.2	3.2	16.1	11:10	W
25	12.0	18.6	14:50	6.3	0:40	6.3	0.0	0.0	4.7	29.0	15:30	WNW
26	10.4	17.4	13:30	3.3	7:30	7.8	0.0	0.0	4.8	25.7	14:40	WNW
27	9.1	16.9	14:40	3.4	7:00	9.2	0.0	0.0	5.1	30.6	16:00	WNW
28	6.9	15.6	16:00	-0.5	8:00	11.4	0.0	0.0	3.4	16.1	13:40	E
29	6.9	17.9	16:20	-1.9	7:40	11.4	0.0	0.0	3.2	14.5	14:30	E
30	6.6	16.7	14:10	-2.6	7:30	11.7	0.0	0.0	3.5	16.1	13:40	ESE
31	5.7	16.5	14:00	-3.3	7:20	12.6	0.0	0.0	3.1	12.9	11:30	E

	11.3	25.7	2	-3.5	18	228.6	12.3	105.4	4.4	48.3	10	ESE

Max >= 32.0: 0

Max <= 0.0: 0

Min <= 0.0: 8

Min <= -18.0: 0

Max Rain: 46.00 ON 08/10/11

Days of Rain: 8 (> .2 mm) 6 (> 2 mm) 2 (> 20 mm)

Heat Base: 18.3 Cool Base: 18.3 Method: Integration

Πίνακας 4 Δεδομένα από την σελίδα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών

Ο υπολογισμός των βαθμομερών ψύξης και θέρμανσης με την μέθοδο των ημερήσιων θερμοκρασιών είναι απλούστερη από τις άλλες μεθοδολογίες καθώς χρησιμοποιείται η διαφορά της μέσης θερμοκρασίας περιβάλλοντος με την θερμοκρασία βάσης προϋποθέτοντας ότι η διαφορά που προκύπτει είναι θετικός αριθμός.

Για τον υπολογισμό των βαθμομερών θέρμανσης η σχέση είναι $HDD = \sum (T_b - T_m) \star T_b > T_m$ [°C]

Για τον υπολογισμό των βαθμομερών ψύξης η σχέση είναι $CDD = \sum (T_m - T_b) \star T_m > T_b$ [°C]

Όπου:

- T_b , η θερμοκρασία βάσης σε °C.
- $T_m = (T_{max} + T_{min})/2$, η μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος σε °C.

Η μεθοδολογία αυτή χρησιμοποιεί εξισώσεις οι οποίες υπολογίζονται με βάση το άθροισμα των βαθμομερών και ο υπολογισμός τους είναι για κάθε ημερήσια τιμή ξεχωριστά.

Δηλαδή ο υπολογισμός των βαθμομερών για την θέρμανσης: $HDD = \sum (T_b - T_m) \star T_b > T_m$ [°C]

Για τον υπολογισμό των βαθμομερών της ψύξης $CDD = \sum (T_m - T_b) \star T_m > T_b$

[°C]

Όπου:

T_b , είναι η θερμοκρασία βάσης σε °C

$T_m = (T_{max} + T_{min})/2$, είναι η μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος σε °C

Οι βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης υπολογίζονται με βασικό κριτήριο την θερμοκρασία βάσης. Στις βαθμομέρες ψύξης λαμβάνουμε δυο θερμοκρασίες βάσεις για τους υπολογισμούς 28°C και 30°C και στις βαθμομέρες θέρμανσης 15°C και 18°C. Είναι ιδιαίτερης σημασίας να κατανοήσουμε ότι οι βαθμομέρες έχουν νόημα ως μόνο αριθμητικός δείκτης όταν το αποτέλεσμα τους είναι μεγαλύτερο του μηδέν καθώς μόνο τότε αντικατοπτρίζεται η ανάγκη για την θέρμανση και την ψύξη, άρα οι αρνητικές τιμές δεν λαμβάνονται υπόψιν. Οι βαθμομέρες θέρμανσης και ψύξης που η τιμή τους βγήκε αρνητική αντικαταστάθηκε με το μηδέν για να μην γίνει υπολογισμός αρνητικών βαθμομερών . Παρακάτω παρουσιάζεται ο τρόπος που υπολογίστηκαν οι βαθμομέρες για τις διάφορες τιμές θερμοκρασιών βάσης.

$$\text{Daily HDD}(15^\circ\text{C}) = \text{HDD}(15^\circ\text{C})$$

$$\text{Daily HDD}(18^\circ\text{C}) = \text{HDD}(18^\circ\text{C})$$

$$\text{Daily CDD}(28^\circ\text{C}) = \text{CDD}(28^\circ\text{C})$$

$$\text{Daily CDD}(30^\circ\text{C}) = \text{CDD}(30^\circ\text{C})$$

Έπειτα με βάση την μεθοδολογία που αναφέραμε παραπάνω παρουσιάζονται ενδεικτικά οι πίνακες που δημιουργήθηκαν στο αρχείο excel για την επεξεργασία των

δεδομένων.

DATE	MONTH	DAY	MEANT	HDD(15,0°C)	HDD(18,0°C)	CDD(28,0°C)	CDD(30,0°C)	Daily HDH(15,0°C)	Daily HDH(18,0°C)	Daily CDH(28,0°C)	Daily CDH(30,0°C)
11/1/2011	11	1	16.2	0	1.8	0	0.00	0	43.2	0	0
11/2/2011	11	2	15.6	0	2.4	0	0.00	0	57.6	0	0
11/3/2011	11	3	15.7	0	2.3	0	0.00	0	55.2	0	0
11/4/2011	11	4	15.8	0	2.2	0	0.00	0	52.8	0	0
11/5/2011	11	5	16.3	0	1.7	0	0.00	0	40.8	0	0
11/6/2011	11	6	15.7	0	2.3	0	0.00	0	55.2	0	0
11/7/2011	11	7	15.3	0	2.7	0	0.00	0	64.8	0	0
11/8/2011	11	8	15.6	0	2.4	0	0.00	0	57.6	0	0
11/9/2011	11	9	12.4	2.6	5.6	0	0.00	62.4	134.4	0	0
11/10/2011	11	10	11.4	3.6	6.6	0	0.00	86.4	158.4	0	0
11/11/2011	11	11	11.9	3.1	6.1	0	0.00	74.4	146.4	0	0
11/12/2011	11	12	12.7	2.3	5.3	0	0.00	55.2	127.2	0	0
11/13/2011	11	13	14	1	4	0	0.00	24	96	0	0
11/14/2011	11	14	13.9	1.1	4.1	0	0.00	26.4	98.4	0	0
11/15/2011	11	15	9.9	5.1	8.1	0	0.00	122.4	194.4	0	0
11/16/2011	11	16	9.7	5.3	8.3	0	0.00	127.2	199.2	0	0
11/17/2011	11	17	6.3	8.7	11.7	0	0.00	208.8	280.8	0	0
11/18/2011	11	18	4.5	10.5	13.5	0	0.00	252	324	0	0
11/19/2011	11	19	6.2	8.8	11.8	0	0.00	211.2	283.2	0	0
11/20/2011	11	20	8.6	6.4	9.4	0	0.00	153.6	225.6	0	0
11/21/2011	11	21	10.4	4.6	7.6	0	0.00	110.4	182.4	0	0
11/22/2011	11	22	11.9	3.1	6.1	0	0.00	74.4	146.4	0	0
11/23/2011	11	23	10.7	4.3	7.3	0	0.00	103.2	175.2	0	0
11/24/2011	11	24	12.3	2.7	5.7	0	0.00	64.8	136.8	0	0
11/25/2011	11	25	12	3	6	0	0.00	72	144	0	0
11/26/2011	11	26	10.4	4.6	7.6	0	0.00	110.4	182.4	0	0
11/27/2011	11	27	9.1	5.9	8.9	0	0.00	141.6	213.6	0	0
11/28/2011	11	28	6.9	8.1	11.1	0	0.00	194.4	266.4	0	0
11/29/2011	11	29	6.9	8.1	11.1	0	0.00	194.4	266.4	0	0
11/30/2011	11	30	6.6	8.4	11.4	0	0.00	201.6	273.6	0	0

Πίνακας 5 Επεξεργασία μετρήσεων στο excel

Έπειτα ακολουθεί ο υπολογισμός των μηνιαίων βαθμομερών ψύξης και θέρμανσης του κάθε μήνα ξεχωριστά πολλαπλασιάζοντας τον μέσο όρο βαθμομερών του μήνα με τις αντίστοιχες μέρες.

$$\text{Monthly HDD}(15^{\circ}\text{C}) = [M. O (\text{Daily HDD}(15^{\circ}\text{C}))] * \text{DAYS OF MONTH}$$

$$\text{Monthly HDD}(18^{\circ}\text{C}) = [M. O (\text{DailyHDD}(18^{\circ}\text{C}))] * \text{DAYS OF MONTH}$$

$$\text{Monthly CDD}(28^{\circ}\text{C}) = [M. O (\text{DailyCDD}(28^{\circ}\text{C}))] * \text{DAYS OF MONTH}$$

$$\text{Monthly CDD}(30^{\circ}\text{C}) = [M. O (\text{DailyCDD}(30^{\circ}\text{C}))]\text{DAYS OF MONTH}$$

Έπειτα υπολογίζεται η τιμή για ετήσιες τιμές βαθμομερών ψύξης και θέρμανσης, οι οποίες υπολογίζονται από το άθροισμα των μηνιαίων τιμών.

Στη συνέχεια από το άθροισμα των μηνιαίων τιμών υπολογίζουμε τις ετήσιες τιμές βαθμομερών ψύξης και θέρμανσης.

$$\text{Annual HDD}(15^{\circ}\text{C}) = \sum \text{Monthly HDD}(15^{\circ}\text{C})$$

$$\text{Annual HDD}(18^{\circ}\text{C}) = \sum \text{Monthly HDD}(18^{\circ}\text{C})$$

$$\text{Annual CDD}(28^{\circ}\text{C}) = \sum \text{Monthly CDD}(28^{\circ}\text{C})$$

$$\text{Annual CDD}(30^{\circ}\text{C}) = \sum \text{Monthly CDD}(30^{\circ}\text{C})$$

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
260	332	0	0	8060.0	10292.0	0.0	0.0
277.8	349.8	0	0	7778.4	9794.4	0.0	0.0
217	289	0	0	6727.0	8959.0	0.0	0.0
154.8	226.8	0	0	4644.0	6804.0	0.0	0.0
78	144.5	0	0	2418.0	4479.5	0.0	0.0
19.7	64.7	0	0	591.0	1941.0	0.0	0.0
1.5	11.7	0	0	46.5	362.7	0.0	0.0
0	0.1	0.1	0	0.0	3.1	3.1	0.0
0	0	0.1	0	0.0	0.0	3.0	0.0
2.35	15.5	0	0	72.9	480.5	0.0	0.0
42.5	102.5	0	0	1275.0	3075.0	0.0	0.0
146.5	217.6	0	0	4541.5	6745.6	0.0	0.0

Πίνακας 6 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμοημερών και βαθμοωρών για Αγία Κοριακή

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
128.1	199.4	0	0	3971.1	6181.4	0.0	0.0
116.6	188.2	0	0	3264.8	5269.6	0.0	0.0
62.8	130.8	0	0	1946.8	4054.8	0.0	0.0
21.6	68	0	0	648.0	2040.0	0.0	0.0
3.1	17.1	0.1	0	96.1	530.1	3.1	0.0
0.2	2.4	4.6	0.6	6.0	72.0	138.0	18.0
0	0.02	10.4	2	0.0	0.6	322.4	62.0
0	0	18.8	4.4	0.0	0.0	582.8	136.4
0	0.4	2.9	0.3	0.0	12.0	87.0	9.0
1.6	11.6	0.3	0.1	49.6	359.6	9.3	3.1
24.3	69.4	0	0	729.0	2082.0	0.0	0.0
87.6	163.8	0	0	2715.6	5077.8	0.0	0.0

Πίνακας 7 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμοημερών και βαθμοωρών για Άρτα

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
241.2	304.3	9.7	6.6	7477.2	9433.3	300.7	204.6
229.3	294.8	4.9	3.5	6420.4	8254.4	137.2	98.0
188.5	256.2	0	0	5843.5	7942.2	0.0	0.0
115.8	184.3	0	0	3474.0	5529.0	0.0	0.0
46	100.2	0	0	1426.0	3106.2	0.0	0.0
6.7	32.9	0	0	201.0	987.0	0.0	0.0
0	2.1	0	0	0.0	65.1	0.0	0.0
0	0.4	0	0	0.0	12.4	0.0	0.0
6.1	34	0	0	183.0	1020.0	0.0	0.0
64.4	128.4	0	0	1996.4	3980.4	0.0	0.0
152.4	223.7	0	0	4572.0	6711.0	0.0	0.0
242.9	314.4	0	0	7529.9	9746.4	0.0	0.0

Βαθμοημερών Θερμότητας και Ψύξης για αντιπροσωπευτικές περιοχές της

Ηπείρου

Πίνακας 8 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Ασπράγγελοι Ιωαννίνων

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
250.2	322.2	0	0	7756.2	9988.2	0.0	0.0
214.9	286.8	0	0	6017.2	8030.4	0.0	0.0
162.5	234.4	0	0	5037.5	7266.4	0.0	0.0
85.1	149.4	0	0	2553.0	4482.0	0.0	0.0
32.5	81.9	0	0	1007.5	2538.9	0.0	0.0
2.9	19.5	0	0	87.0	585.0	0.0	0.0
0	0.7	0.2	0	0.0	21.7	6.2	0.0
0	0	0.3	0	0.0	0.0	9.3	0.0
2.1	17.8	0	0	63.0	534.0	0.0	0.0
34.5	90.7	0	0	1069.5	2811.7	0.0	0.0
108.2	178.9	0	0	3246.0	5367.0	0.0	0.0
207.2	279.2	0	0	6423.2	8655.2	0.0	0.0

Πίνακας 9 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Βουλγαρέλι Ιωαννίνων

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly C	Monthly CDD(30.0°C)
313.8	3379.6	0	0	9727.8	104767.6	0.0	0.0
291.9	360.5	0	0	8173.2	10094.0	0.0	0.0
246.3	316.2	0	0	7635.3	9802.2	0.0	0.0
158	227.2	0	0	4740.0	6816.0	0.0	0.0
75.3	142.7	0	0	2334.3	4423.7	0.0	0.0
16.7	60.1	0	0	501.0	1803.0	0.0	0.0
1	16.1	0	0	31.0	499.1	0.0	0.0
0.8	15.4	0	0	24.8	477.4	0.0	0.0
34	90.4	0	0	1020.0	2712.0	0.0	0.0
134	205.6	0	0	4154.0	6373.6	0.0	0.0
222.2	294	0	0	6666.0	8820.0	0.0	0.0
316.1	388.1	0	0	9799.1	12031.1	0.0	0.0

Πίνακας 10 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Βοβούσα Ιωαννίνων

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
238.1	310	0	0	7381.1	9610.0	0.0	0.0
205.2	276.9	0	0	5745.6	7753.2	0.0	0.0
152	223.7	0	0	4712.0	6934.7	0.0	0.0
73.3	137.2	0	0	2199.0	4116.0	0.0	0.0
20	64.3	0	0	620.0	1993.3	0.0	0.0
1.2	11.8	0	0	36.0	354.0	0.0	0.0
0	0.2	0.8	0.03	0.0	6.2	24.8	0.9
0	0.1	0.6	0.01	0.0	3.1	18.6	0.3
1	14.3	0	0	30.0	429.0	0.0	0.0
30.9	83.2	0	0	957.9	2579.2	0.0	0.0
105	174.4	0	0	3150.0	5232.0	0.0	0.0
203.8	275.7	0	0	6317.8	8546.7	0.0	0.0

Πίνακας 11 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Δεβρίζιτσανα Ιωαννίνων

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
256.7	280	0	0	7957.7	8680.0	0.0	0.0
208.8	280.3	0	0	5846.4	7848.4	0.0	0.0
147.6	219.5	0	0	4575.6	6804.5	0.0	0.0
73.8	135.7	0	0	2214.0	4071.0	0.0	0.0
22	67	0	0	682.0	2077.0	0.0	0.0
1.7	12.5	0	0	51.0	375.0	0.0	0.0
0	0.5	0.2	0	0.0	15.5	6.2	0.0
0	0.1	0.7	0	0.0	3.1	21.7	0.0
2	16.5	0	0	60.0	495.0	0.0	0.0
33.2	86.5	0	0	1029.2	2681.5	0.0	0.0
118	188.8	0	0	3540.0	5664.0	0.0	0.0
220	292	0	0	6820.0	9052.0	0.0	0.0

Πίνακας 12 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Δωδώνη Ιωαννίνων

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
149.7	220	0	0	4640.7	6820.0	0.0	0.0
122.5	191.3	0	0	3430.0	5356.4	0.0	0.0
77	146	0	0	2387.0	4526.0	0.0	0.0
22.5	74.8	0	0	675.0	2244.0	0.0	0.0
1.7	17.1	0	0	52.7	530.1	0.0	0.0
0	0.4	2.1	0.1	0.0	12.0	63.0	3.0
0	0	6	0.9	0.0	0.0	186.0	27.9
0	0	7.9	1	0.0	0.0	244.9	31.0
0.01	1.6	0.02	0	0.3	48.0	0.6	0.0
3.5	24.4	0	0	108.5	756.4	0.0	0.0
43.6	100.4	0	0	1308.0	3012.0	0.0	0.0
120.5	186.8	0	0	3735.5	5790.8	0.0	0.0

Πίνακας 13 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Ηγουμενίτσα

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
267.3	339.3	0	0	8286.3	10518.3	0.0	0.0
219.4	291.4	0	0	6143.2	8159.2	0.0	0.0
155	227	0	0	4805.0	7037.0	0.0	0.0
73.2	140.3	0	0	2196.0	4209.0	0.0	0.0
17	59.2	0	0	527.0	1835.2	0.0	0.0
0.6	8.7	0.3	0.1	18.0	261.0	9.0	3.0
0	0.2	0.1	0	0.0	6.2	3.1	0.0
0	0.1	0.3	0	0.0	3.1	9.3	0.0
3.5	18.3	0	0	105.0	549.0	0.0	0.0
43.9	101.6	0	0	1360.9	3149.6	0.0	0.0
152.6	223.9	0	0	4578.0	6717.0	0.0	0.0
247	318.9	0	0	7657.0	9885.9	0.0	0.0

Πίνακας 14 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Ιωάννινα

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
189.7	249.7	0	0	5880.7	7740.7	0.0	0.0
210.6	270.7	0	0	5896.8	7579.6	0.0	0.0
161.5	218.7	0	0	5006.5	6779.7	0.0	0.0
116.2	174.7	0	0	3486.0	5241.0	0.0	0.0
55.3	101.7	0	0	1714.3	3152.7	0.0	0.0
18.8	52	0	0	564.0	1560.0	0.0	0.0
2.7	14	0.3	0.01	83.7	434.0	9.3	0.3
0	0.4	0.2	0	0.0	12.4	6.2	0.0
0.2	4.2	0.4	0.1	6.0	126.0	12.0	3.0
17.2	42.7	0	0	533.2	1323.7	0.0	0.0
44	92.1	0	0	1320.0	2763.0	0.0	0.0
130.4	195.2	0	0	4042.4	6051.2	0.0	0.0

Πίνακας 15 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Καταρράκτης Άρτας

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
275.4	339.4	0	0	8537.4	10521.4	0.0	0.0
234.1	297.9	0	0	6554.8	8341.2	0.0	0.0
159.4	217	0	0	4941.4	6727.0	0.0	0.0
92.6	151.9	0	0	2778.0	4557.0	0.0	0.0
31.5	76.3	0	0	976.5	2365.3	0.0	0.0
3.6	21.2	0	0	108.0	636.0	0.0	0.0
0.1	1.8	0	0	3.1	55.8	0.0	0.0
0	0.3	0	0	0.0	9.3	0.0	0.0
9	34.2	0	0	270.0	1026.0	0.0	0.0
59.9	120	0	0	1856.9	3720.0	0.0	0.0
146	209.1	0	0	4380.0	6273.0	0.0	0.0
239.8	304.6	0	0	7433.8	9442.6	0.0	0.0

Πίνακας 16 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Κεράσοβο Ιωαννίνων

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
149.2	220.8	0	0	4625.2	6844.8	0.0	0.0
116.7	187.4	0	0	3267.6	5247.2	0.0	0.0
67.5	135.7	0	0	2092.5	4206.7	0.0	0.0
12.8	56.6	0	0	384.0	1698.0	0.0	0.0
0.6	10.4	0.1	0	18.6	322.4	3.1	0.0
0	0.3	2.8	0.4	0.0	9.0	84.0	12.0
0	0	6.6	0.8	0.0	0.0	204.6	24.8
0	0	9.1	1.5	0.0	0.0	282.1	46.5
0	5	0.2	0	0.0	150.0	6.0	0.0
2.9	19.8	0	0	89.9	613.8	0.0	0.0
34.6	91.5	0	0	1038.0	2745.0	0.0	0.0
116.2	185.7	0	0	3602.2	5756.7	0.0	0.0

Πίνακας 17 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Κομπότι Άρτας

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
256.5	328.5	0	0	7951.5	10183.5	0.0	0.0
184.4	255.8	0	0	5163.2	7162.4	0.0	0.0
124.4	196	0	0	3856.4	6076.0	0.0	0.0
49.3	106.4	0	0	1479.0	3192.0	0.0	0.0
11.2	46.1	0	0	347.2	1429.1	0.0	0.0
0.6	5.3	0.4	0	18.0	159.0	12.0	0.0
0	0.1	1.2	0	0.0	3.1	37.2	0.0
0	0	1.6	0	0.0	0.0	49.6	0.0
1.1	13	0	0	33.0	390.0	0.0	0.0
28.9	83.3	0	0	895.9	2582.3	0.0	0.0
114.5	184.5	0	0	3435.0	5535.0	0.0	0.0
216.4	288.4	0	0	6708.4	8940.4	0.0	0.0

Πίνακας 18 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Κόνιτσα

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
335.8	407.8	0	0	10409.8	12641.8	0.0	0.0
301.1	373.1	0	0	8430.8	10446.8	0.0	0.0
241	313	0	0	7471.0	9703.0	0.0	0.0
150.2	219.3	0	0	4506.0	6579.0	0.0	0.0
76.5	139.7	0	0	2371.5	4330.7	0.0	0.0
15.1	49.6	0	0	453.0	1488.0	0.0	0.0
1	9.7	0	0	31.0	300.7	0.0	0.0
0.03	3.7	0	0	0.9	114.7	0.0	0.0
22	62.7	0	0	660.0	1881.0	0.0	0.0
95.9	165.9	0	0	2972.9	5142.9	0.0	0.0
194.1	266	0	0	5823.0	7980.0	0.0	0.0
290.2	362.2	0	0	8996.2	11228.2	0.0	0.0

Πίνακας 19 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Μέτσοβο

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
74.3	137.8	0	0	2303.3	4271.8	0.0	0.0
157	229	0	0	4396.0	6412.0	0.0	0.0
233.9	296.3	0	0	7250.9	9185.3	0.0	0.0
231.5	287.4	0	0	6945.0	8622.0	0.0	0.0
220.5	284.9	0	0	6835.5	8831.9	0.0	0.0
169	233.6	0	0	5070.0	7008.0	0.0	0.0
87	144.7	0	0	2697.0	4485.7	0.0	0.0
36	81.3	0	0	1116.0	2520.3	0.0	0.0
3	16.8	0	0	90.0	504.0	0.0	0.0
0.1	1.9	0	0	3.1	58.9	0.0	0.0
0.06	0.7	0.02	0	1.8	21.0	0.6	0.0
10.4	42.4	0	0	322.4	1314.4	0.0	0.0

Πίνακας 20 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Πάπιγκο Ιωαννίνων

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
237.8	309.8	0	0	7371.8	9603.8	0.0	0.0
207.4	278.9	0	0	5807.2	7809.2	0.0	0.0
154.6	226.4	0	0	4792.6	7018.4	0.0	0.0
72	136.5	0	0	2160.0	4095.0	0.0	0.0
21.1	63.7	0	0	654.1	1974.7	0.0	0.0
1.2	11.4	0	0	36.0	342.0	0.0	0.0
0	0.1	0.8	0.05	0.0	3.1	24.8	1.6
0	0.08	1.2	0.1	0.0	2.5	37.2	3.1
1	12.5	0	0	30.0	375.0	0.0	0.0
29.8	82.5	0	0	923.8	2557.5	0.0	0.0
96.1	163.2	0	0	2883.0	4896.0	0.0	0.0
198	286.4	0	0	6138.0	8878.4	0.0	0.0

Πίνακας 21 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Παραμυθιά**Πίνακας 22 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Πάργα**

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
196.5	255.4	0	0	6091.5	7917.4	0.0	0.0
171.3	229.9	0	0	4796.4	6437.2	0.0	0.0
129.4	188.1	0	0	4011.4	5831.1	0.0	0.0
61.3	112.6	0	0	1839.0	3378.0	0.0	0.0
21.8	62.6	0	0	675.8	1940.6	0.0	0.0
0.8	8.3	0	0	24.0	249.0	0.0	0.0
0	0.2	0.7	0	0.0	6.2	21.7	0.0
0	0	1	0.1	0.0	0.0	31.0	3.1
1	12.3	0	0	30.0	369.0	0.0	0.0
24.6	64.7	0	0	762.6	2005.7	0.0	0.0
85.4	142.8	0	0	2562.0	4284.0	0.0	0.0
169.7	228.6	0	0	5260.7	7086.6	0.0	0.0

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
94	163.6	0	0	2914.0	5071.6	0.0	0.0
86.8	155.7	0	0	2430.4	4359.6	0.0	0.0
53.9	122.5	0	0	1670.9	3797.5	0.0	0.0
16.8	65.6	0	0	504.0	1968.0	0.0	0.0
3.6	22.2	0	0	111.6	688.2	0.0	0.0
0.06	1.5	0.4	0.04	1.8	45.0	12.0	1.2
0	0.01	0.9	0.06	0.0	0.3	27.9	1.9
0	0	2.8	0.2	0.0	0.0	86.8	6.2
0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.8	8.6	0	0	24.8	266.6	0.0	0.0
13.4	46.7	0	0	402.0	1401.0	0.0	0.0
63.2	124.8	0	0	1959.2	3868.8	0.0	0.0

Πίνακας 23 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Πέστα Ιωαννίνων

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
229.7	287	0	0	7120.7	8897.0	0.0	0.0
262	332.5	0	0	7336.0	9310.0	0.0	0.0
214	280.4	0	0	6634.0	8692.4	0.0	0.0
88.3	132.7	0	0	2649.0	3981.0	0.0	0.0
68.9	129.3	0	0	2135.9	4008.3	0.0	0.0
11.3	41.3	0	0	339.0	1239.0	0.0	0.0
1.1	10.6	0	0	34.1	328.6	0.0	0.0
0	4.3	0	0	0.0	133.3	0.0	0.0
26	70.9	0	0	780.0	2127.0	0.0	0.0
89.9	160.4	0	0	2786.9	4972.4	0.0	0.0
140.2	197	0	0	4206.0	5910.0	0.0	0.0
282.7	353	0	0	8763.7	10943.0	0.0	0.0

Πίνακας 24 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Πλικάτι Ιωαννίνων

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
230.2	301.3	0	0	7136.2	9340.3	0.0	0.0
192.9	264.9	0	0	5401.2	7417.2	0.0	0.0
108.3	173.4	0	0	3357.3	5375.4	0.0	0.0
52.9	107.5	0	0	1587.0	3225.0	0.0	0.0
13.1	38.2	0.07	0	406.1	1184.2	2.2	0.0
1.7	7	0.01	0	51.0	210.0	0.3	0.0
0	0.2	0.2	0	0.0	6.2	6.2	0.0
3.2	18.7	0.2	0	99.2	579.7	6.2	0.0
27	71.4	0	0	810.0	2142.0	0.0	0.0
103.8	170.3	0	0	3217.8	5279.3	0.0	0.0
184.3	251	0	0	5529.0	7530.0	0.0	0.0
251.6	323.1	0	0	7799.6	10016.1	0.0	0.0

Πίνακας 25 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Πραμαντά Ιωαννίνων

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
43.8	92.1	0	0	1357.8	2855.1	0.0	0.0
106.6	174	0	0	2984.8	4872.0	0.0	0.0
116	187.5	0	0	3596.0	5812.5	0.0	0.0
71.6	135.2	0	0	2148.0	4056.0	0.0	0.0
37.6	88.3	0	0	1165.6	2737.3	0.0	0.0
7	36	0.04	0	210.0	1080.0	1.2	0.0
0.3	5.5	0.5	0	9.3	170.5	15.5	0.0
0	0.1	1.4	0.17	0.0	3.1	43.4	5.3
0	0	1.5	0.2	0.0	0.0	45.0	6.0
1	5.7	3.6	0.4	31.0	176.7	111.6	12.4
5.6	14	0	0	168.0	420.0	0.0	0.0
19	40	0	0	589.0	1240.0	0.0	0.0

Πίνακας 26 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Πρέβεζα

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
283.8	352.4	0	0	8797.8	10924.4	0.0	0.0
260.4	332.3	0	0	7291.2	9304.4	0.0	0.0
206.3	278.3	0	0	6395.3	8627.3	0.0	0.0
115.5	184.4	0	0	3465.0	5532.0	0.0	0.0
48.8	107.2	0	0	1512.8	3323.2	0.0	0.0
7.3	36.1	0	0	219.0	1083.0	0.0	0.0
0.06	4.3	0	0	1.9	133.3	0.0	0.0
0.02	1.1	0	0	0.6	34.1	0.0	0.0
8.4	39.7	0	0	252.0	1191.0	0.0	0.0
69.1	137.1	0	0	2142.1	4250.1	0.0	0.0
155.3	227	0	0	4659.0	6810.0	0.0	0.0
243.1	313.3			7536.1	9712.3	0.0	0.0

Πίνακας 27 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Θεωδοριανά Άρτας

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
259.5	331.5	0	0	8044.5	10276.5	0.0	0.0
276.6	348.6	0	0	7744.8	9760.8	0.0	0.0
211.1	283.1	0	0	6544.1	8776.1	0.0	0.0
141.4	211.6	0	0	4242.0	6348.0	0.0	0.0
62.4	120	0	0	1934.4	3720.0	0.0	0.0
22.9	62	0	0	687.0	1860.0	0.0	0.0
1.6	40.3	0	0	49.6	1249.3	0.0	0.0
0.04	1.2	0	0	1.2	37.2	0.0	0.0
2.6	19.6	0	0	78.0	588.0	0.0	0.0
40.1	85.6	0	0	1243.1	2653.6	0.0	0.0
91.8	155.2	0	0	2754.0	4656.0	0.0	0.0
192.2	262.9	0	0	5958.2	8149.9	0.0	0.0

Πίνακας 28 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Τρίστενο Ιωαννίνων

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
141.2	186.2	0	0	4377.2	5772.2	0.0	0.0
113.4	157.8	0	0	3175.2	4418.4	0.0	0.0
85.7	130.4	0	0	2656.7	4042.4	0.0	0.0
36.4	73	0	0	1092.0	2190.0	0.0	0.0
8.2	30.6	0	0	254.2	948.6	0.0	0.0
0.4	3.4	0.3	0	12.0	102.0	9.0	0.0
11.9	20.7	0.2	0	368.9	641.7	6.2	0.0
0	0	0.2	0	0.0	0.0	6.2	0.0
0.02	5.3	0	0	0.6	159.0	0.0	0.0
11.4	37.1	0	0	353.4	1150.1	0.0	0.0
50	85.4	0	0	1500.0	2562.0	0.0	0.0
75.1	102.1	0	0	2328.1	3165.1	0.0	0.0

Πίνακας 29 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Τσαμαντάς Θεσπρωτίας

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
302.3	374.3	0	0	9371.3	11603.3	0.0	0.0
237.6	309.6	0	0	6652.8	8668.8	0.0	0.0
188.1	260.1	0	0	5831.1	8063.1	0.0	0.0
96.5	163	0	0	2895.0	4890.0	0.0	0.0
51.8	110.6	0	0	1605.8	3428.6	0.0	0.0
5.5	30.7	0	0	165.0	921.0	0.0	0.0
0.05	2.6	0	0	1.6	80.6	0.0	0.0
0.6	2	0	0	18.6	62.0	0.0	0.0
25.6	63	0	0	768.0	1890.0	0.0	0.0
45.8	104.1	0	0	1419.8	3227.1	0.0	0.0
159.4	230.8	0	0	4782.0	6924.0	0.0	0.0
229.5	229.6	0	0	7114.5	7117.6	0.0	0.0

Πίνακας 30 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Τσεπέλοβο Ιωαννίνων

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
109.6	173.7	0	0	3397.6	5384.7	0.0	0.0
59.2	105.7	0	0	1657.6	2959.6	0.0	0.0
18.5	32	0	0	573.5	992.0	0.0	0.0
7.3	14.7	0.2	0	219.0	441.0	6.0	0.0
2.2	7	0.4	0.1	68.2	217.0	12.4	3.1
1.4	11.9	0	0	42.0	357.0	0.0	0.0
28.9	73.2	0	0	895.9	2269.2	0.0	0.0
109.4	167.4	0	0	3391.4	5189.4	0.0	0.0
201.8	261.1	0	0	6054.0	7833.0	0.0	0.0
230	300.8	0	0	7130.0	9324.8	0.0	0.0
196.9	268.2	0	0	5907.0	8046.0	0.0	0.0
154.4	226	0	0	4786.4	7006.0	0.0	0.0

Πίνακας 31 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Τύρια Ιωαννίνων

Daily HDD(15.0°C)	Daily HDD(18.0°C)	Daily CDD(28.0°C)	Daily CDD(30.0°C)	Monthly HDD(15.0°C)	Monthly HDD(18.0°C)	Monthly CDD(28.0°C)	Monthly CDD(30.0°C)
241.8	315.8	0	0	7495.8	9789.8	0.0	0.0
202	273.9	0	0	5656.0	7669.2	0.0	0.0
130.3	195	0	0	4039.3	6045.0	0.0	0.0
64.1	122.9	0	0	1923.0	3687.0	0.0	0.0
18.3	58.1	0	0	567.3	1801.1	0.0	0.0
1.3	10.2	0	0	39.0	306.0	0.0	0.0
0	0.6	1.3	0	0.0	18.6	40.3	0.0
0	0	1	0	0.0	0.0	31.0	0.0
1.1	11.9	0	0	33.0	357.0	0.0	0.0
25.7	71.5	0	0	796.7	2216.5	0.0	0.0
100.6	169.3	0	0	3018.0	5079.0	0.0	0.0
193.9	262.6	0	0	6010.9	8140.6	0.0	0.0

Πίνακας 32 Μέσες μηνιαίες τιμές βαθμομερών και βαθμοωρών για Ζίτσα Ιωαννίνων

3.1 Εισαγωγή

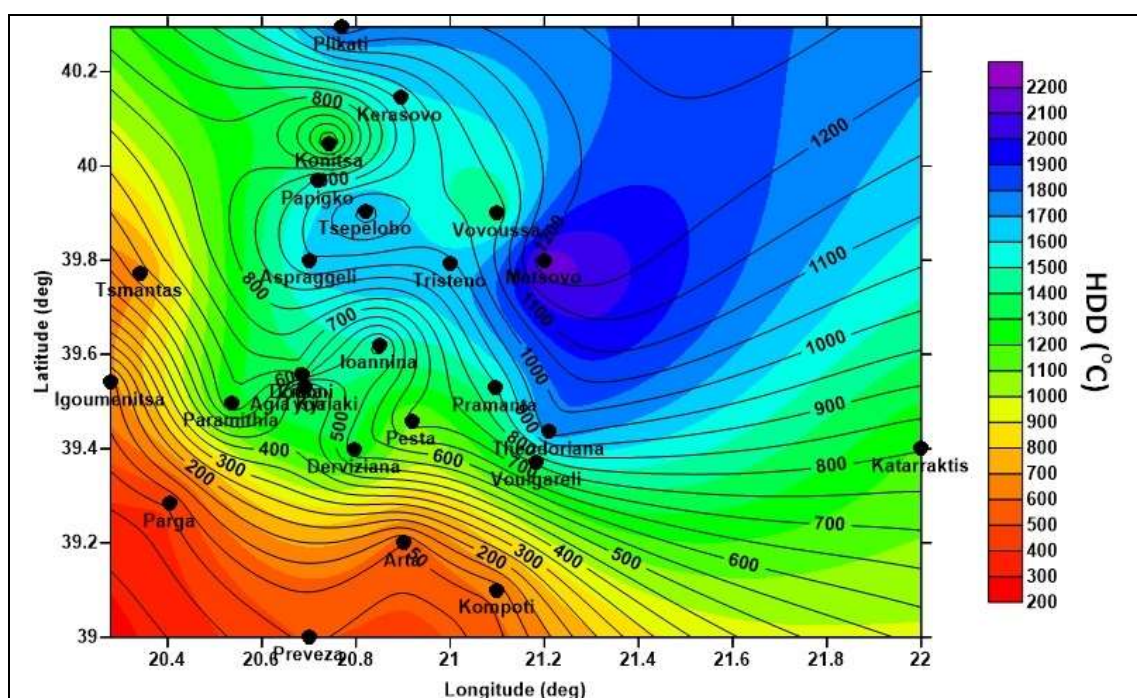
Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται ο τρόπος των υπολογισμών για τις χωρικές κατανομές των περιοχών της Ηπείρου και θα παρουσιαστούν τα απαραίτητα διαγράμματα. Μέσω της χωρικής κατανομής έχουμε την δυνατότητα να μετατρέψουμε τις παρατηρήσεις σημείου σε μεγαλύτερες επιφάνειες και να εξάγουμε συμπεράσματα για σημεία που δεν έχουμε μετρήσεις και επομένως την δυνατότητα να κάνουμε τους απαραίτητους υπολογισμούς. Κατά αυτόν το τρόπο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την κατανομή αυτή για να εξάγουμε συμπεράσματα για μετεωρολογικά δεδομένα μέσω της χωρικής παρεμβολής.

Μέθοδος Kriging

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Kriging για να εξάγουμε τις χωρικές κατανομές. Οι μέθοδοι παρεμβολής Kriging, εξάγουν μία χωρική διασπορά η οποία δημιουργείται μέσω διαφόρων συναρτήσεων. Μέσω του βαριογράμματος που δημιουργείται από αυτήν την μέθοδο παρουσιάζεται η μεταβολή της μέσης σημειακής διαφοράς σε συνάρτηση με την απόσταση. Τα βαριογράμματα προσδιορίζονται από εκθετικά, σφαιρικά, κανονικά μοντέλα και μέσω των μοντέλων του Bessel και Gauss που μας δίνουν την δυνατότητα με την μεταβολή των παραμέτρων των εξισώσεων να επιτύχουμε μεγαλύτερης ακρίβειας

αποτελέσματα.

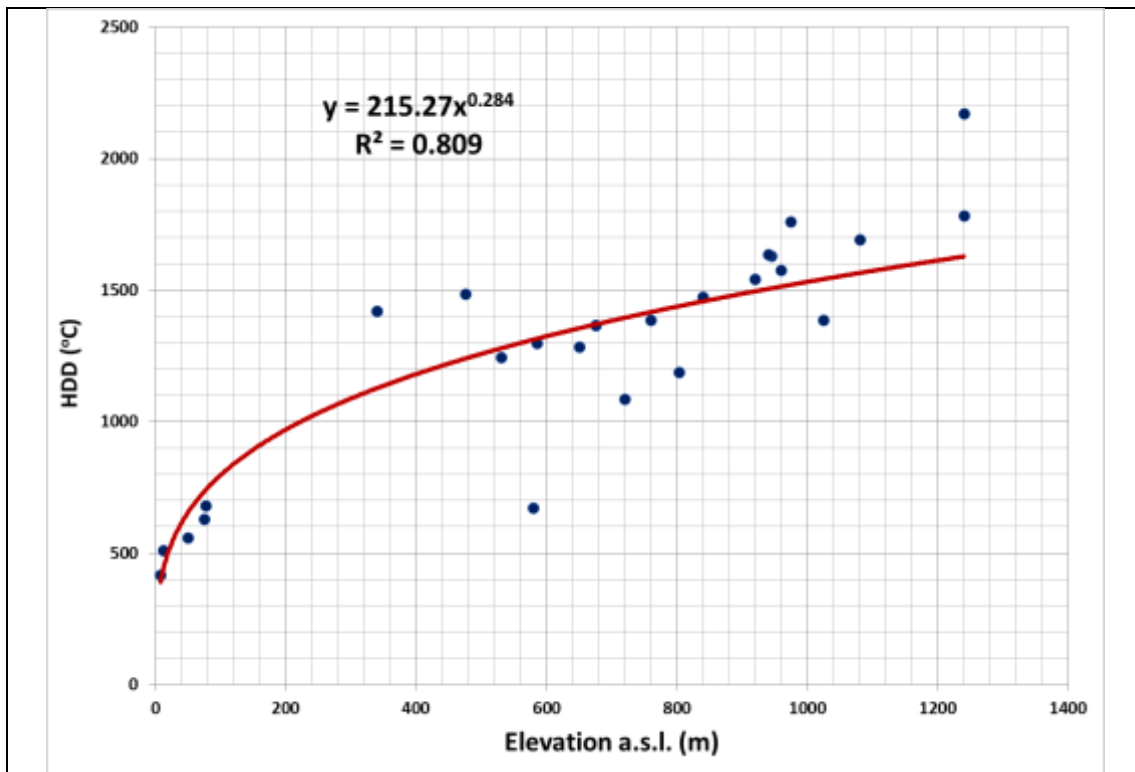
Η μέθοδος παρεμβολής Kriging μπορεί να εφαρμοστεί σε τομείς όπως της εδαφολογίας, της γεωχημείας, της πετρελαϊκής βιομηχανίας όπου τα στατιστικά δεδομένα είναι ιδιαίτερα σημαντικά. Το μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι για την αποτελεσματικότητα της χρειάζονται μεγάλες βάσεις δεδομένων και επομένως τα βαριοδιαγράμματα που δημιουργούνται είναι δυσνόητα και απαιτούν από τον χρήστη εμπειρία για την εκτίμηση τους.



Σχήμα 1. Χωρική κατανομή των HDD με βάση τους 15.0 °C. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν τις ισοϋψείς (από το επίπεδο της θάλασσας) σε m.

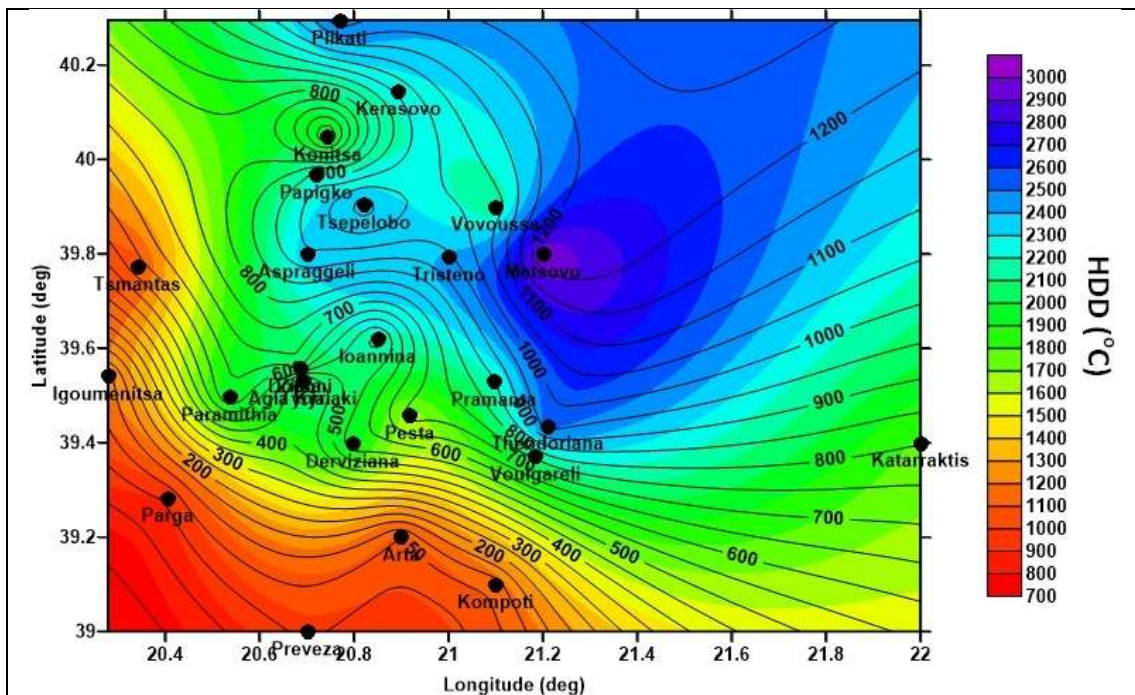
Στην σχήμα φαίνεται η χωρική κατανομή των βαθμοωρών θέρμανσης (HDH) σε βαθμούς Celsius με θερμοκρασία βάσης 15°C, στην ευρύτερη περιοχή της Ηπείρου με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία των 27 εξεταζόμενων αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών. Στην ίδια εικόνα, οι γραμμές που εμφανίζονται είναι οι ισοϋψείς καμπύλες που αποδίδουν το υψόμετρο κάθε θέσης από τη στάθμη της θάλασσας. Με βάση το σχήμα αυτό, παρατηρούμε ότι η συσχέτιση οι παράκτιες περιοχές και γενικότερα οι περιοχές με χαμηλό υψόμετρο ($\leq 200\text{m}$) εμφανίζουν έναν χαμηλό ετήσιο αριθμό HDD. Η εικόνα που παίρνουμε από το σχήμα είναι τεσσάρων ζωνών οι οποίες σχετίζονται άμεσα με το υψόμετρο. Πιο συγκεκριμένα για υψόμετρο έως 400m οι ανάγκες για θέρμανση είναι ελάχιστες, ακολουθούν οι περιοχές με υψόμετρο 400 – 700m, στη συνέχεια υψηλό αριθμό βαθμοημερών παρουσιάζουν οι περιοχές με υψόμετρο άνω των 800m. Τέλος με μεγάλη διαφορά τις μεγαλύτερες ανάγκες για

θέρμανση παρουσιάζει το Μέτσοβο το οποίο έχει και το μεγαλύτερο υψόμετρο από τις υπό μελέτη περιοχές.



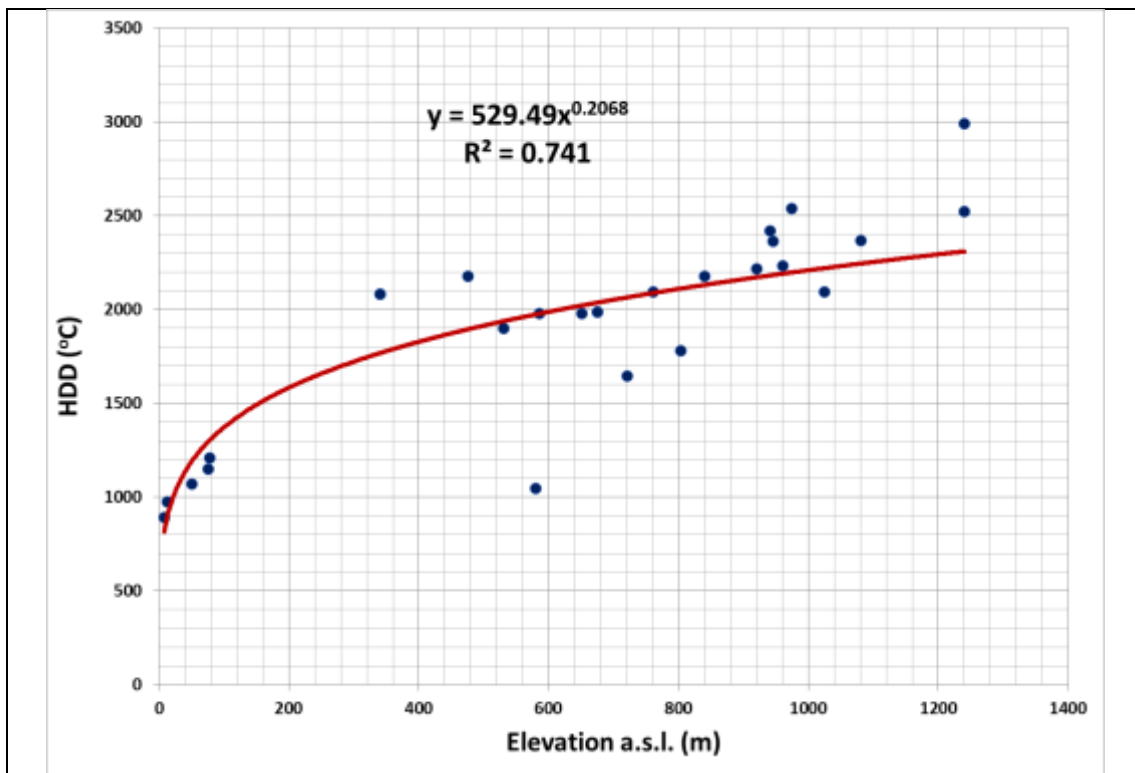
Σχήμα 2. Διάγραμμα διασποράς των HDD (με βάση τους 15.0 °C) σε συνάρτηση με το υψόμετρο του τόπου, πάνω από το επίπεδο της θάλασσας σε m.

Στο παραπάνω διάγραμμα διασποράς των HDD (με βάση τους 15.0 °C) σε συνάρτηση με το υψόμετρο του τόπου, πάνω από το επίπεδο της θάλασσας σε m παρατηρείται η καλύτερη συσχέτιση μεταξύ βαθμοημερών και υψομέτρου είναι η συσχέτιση $R^2=0.809$. Αυτό σημαίνει ότι η εκθετική συνάρτηση περιγράφει με ακρίβεια το 80,9% της διασποράς των τιμών.



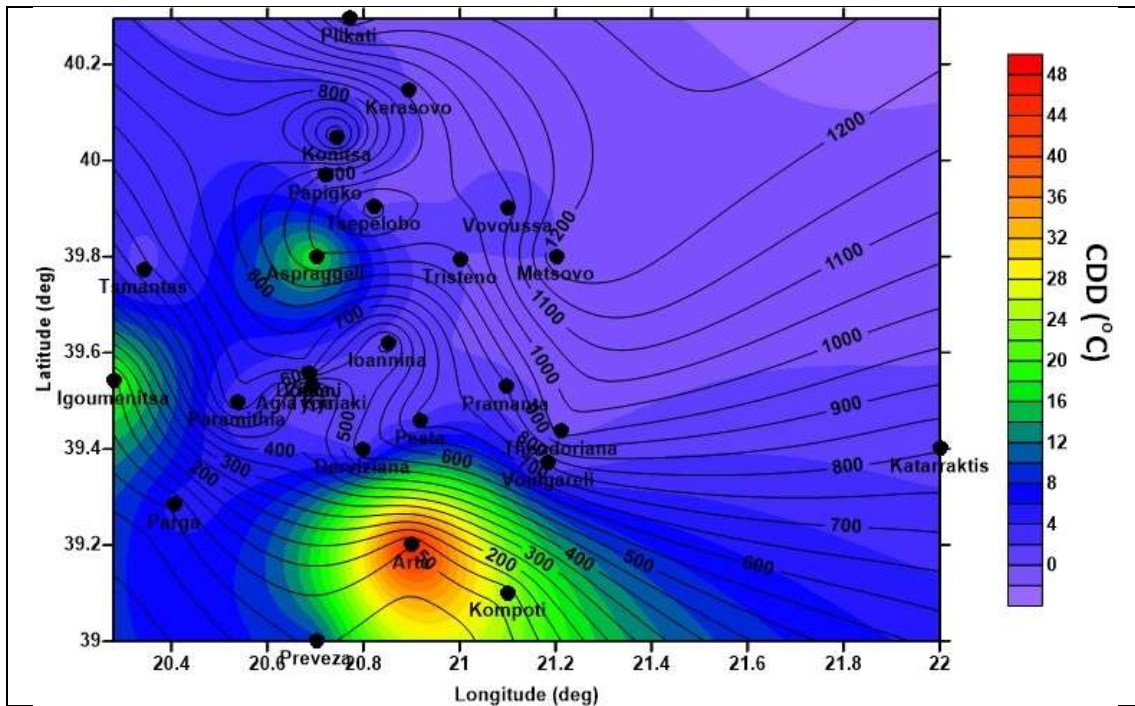
Σχήμα 3. Χωρική κατανομή των HDD με βάση τους 18.0 °C. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν τις ισοϋψείς (από το επίπεδο της θάλασσας) σε m.

Στην σχήμα φαίνεται η χωρική κατανομή των βαθμοωρών θέρμανσης (HDD) σε βαθμούς Celsius με θερμοκρασία βάση 18°C, στην ευρύτερη περιοχή της Ηπείρου με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία των 27 εξεταζόμενων αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών. Στην ίδια εικόνα, οι γραμμές που εμφανίζονται είναι οι ισοϋψείς καμπύλες που αποδίδουν το υψόμετρο κάθε θέσης από τη στάθμη της θάλασσας. Με βάση το σχήμα αυτό, παρατηρούμε ότι η συσχέτιση οι παράκτιες περιοχές και γενικότερα οι περιοχές με χαμηλό υψόμετρο ($\leq 200\text{m}$) εμφανίζουν έναν χαμηλό ετήσιο αριθμό HDD. Η εικόνα που παίρνουμε από το σχήμα είναι τεσσάρων ζωνών οι οποίες σχετίζονται άμεσα με το υψόμετρο. Πιο συγκεκριμένα για υψόμετρο έως 400m οι ανάγκες για θέρμανση είναι ελάχιστες, ακολουθούν οι περιοχές με υψόμετρο 400 – 700m, στη συνέχεια υψηλό αριθμό βαθμοημερών παρουσιάζουν οι περιοχές με υψόμετρο άνω των 800m. Η εικόνα που παρουσιάζεται σε αυτό το σχήμα είναι αναλογικά ίδια με αυτή των 15 °C με μόνη διαφορά τον αριθμό των βαθμοημερών που σε αυτήν την περίπτωση είναι μεγαλύτερος.



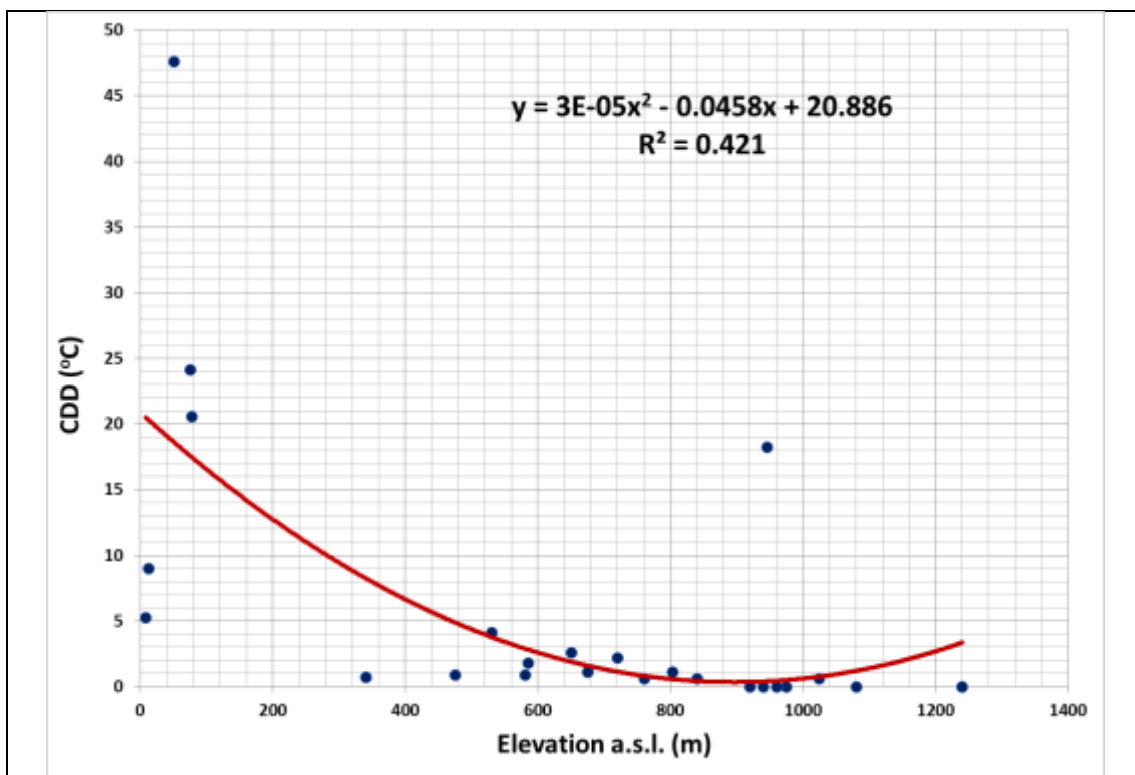
Σχήμα 4. Διάγραμμα διασποράς των HDD (με βάση τους 18.0 °C) σε συνάρτηση με το υψόμετρο του τόπου, πάνω από το επίπεδο της θάλασσας σε m.

Στο παραπάνω διάγραμμα διασποράς των HDD (με βάση τους 18.0 °C) σε συνάρτηση με το υψόμετρο του τόπου, πάνω από το επίπεδο της θάλασσας σε m παρατηρείται η καλύτερη συσχέτιση μεταξύ βαθμοημερών και υψομέτρου είναι η συσχέτιση $R^2=0.741$. Αυτό σημαίνει ότι η εκθετική συνάρτηση περιγράφει με ακρίβεια το 74,1% της διασποράς των τιμών. Η τιμή αυτή είναι ελάχιστα μικρότερη από εκείνη με θερμοκρασία βάσης τους 18 °C.



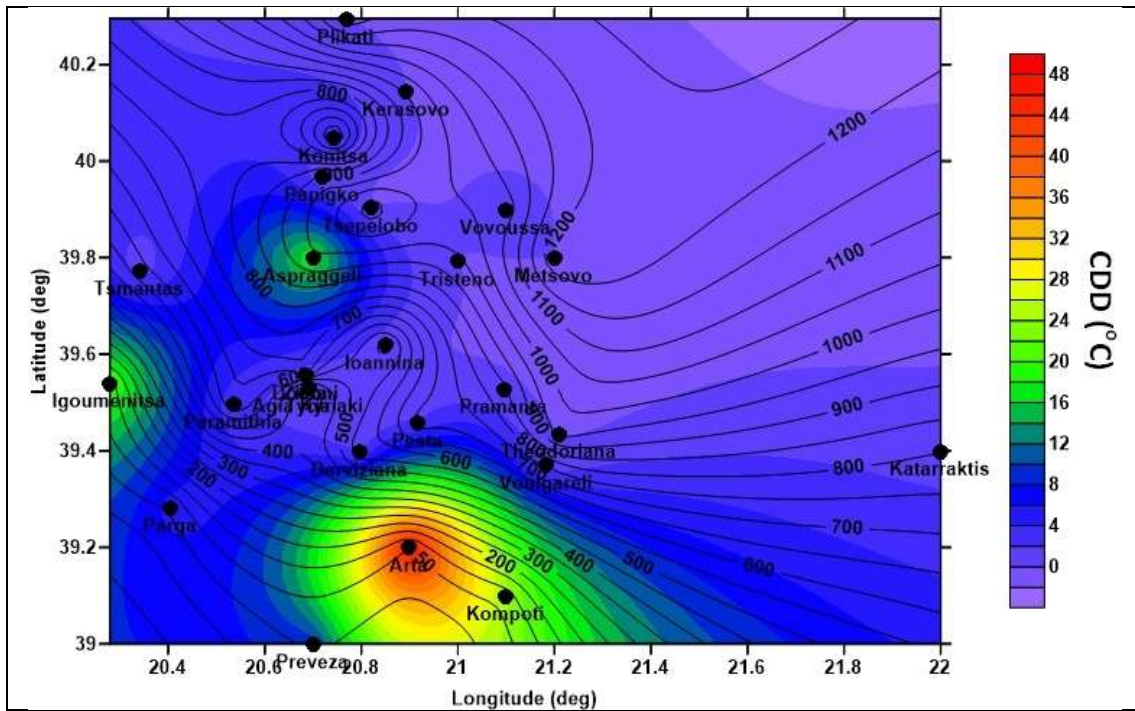
Σχήμα 5. Χωρική κατανομή των CDD με βάση τους 28.0 °C. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν τις ισοϋψείς (από το επίπεδο της θάλασσας) σε m.

Στο παραπάνω σχήμα χωρικής κατανομής παρατηρείται η διασπορά των βαθμομερών ψύξης (CDD) με θερμοκρασία βάσης τους 28 °C. Επιπλέον στο διάγραμμα φαίνεται και η συσχέτιση του υψόμετρου καθώς και το γεωγραφικό μήκος και πλάτος για κάθε μια από τις 27 υπό μελέτη περιοχές με τις βαθμομέρες θέρμανσης. Παρατηρούμε ότι οι ανάγκες για ψύξη είναι γενικά χαμηλές. Αυτό συμβαίνει λόγω της γεωμορφολογίας των υπό μελέτη περιοχών. Πολλές από αυτές βρίσκονται σε μεγάλο υψόμετρο και άλλες κοντά στη θάλασσα. Εξαιρεση αποτελούν τρεις περιοχές οι Ασπράγγελοι Ιωαννίνων, η Ηγουμενίτσα και η Άρτα η οποία παρουσιάζει μεγαλύτερη ανάγκη για ψύξη κατά τους θερινούς μήνες. Αυτό οφείλεται κυρίως στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας που δημιουργείται αυξάνοντας έτσι την θερμοκρασία των περιοχών (αστικών) καθώς η απορροφούσα ηλιακή ακτινοβολία απορροφάτε και εκπέμπεται κατά την διάρκεια της ημέρας με αποτέλεσμα την αύξηση της ανάγκης για ψύξη.



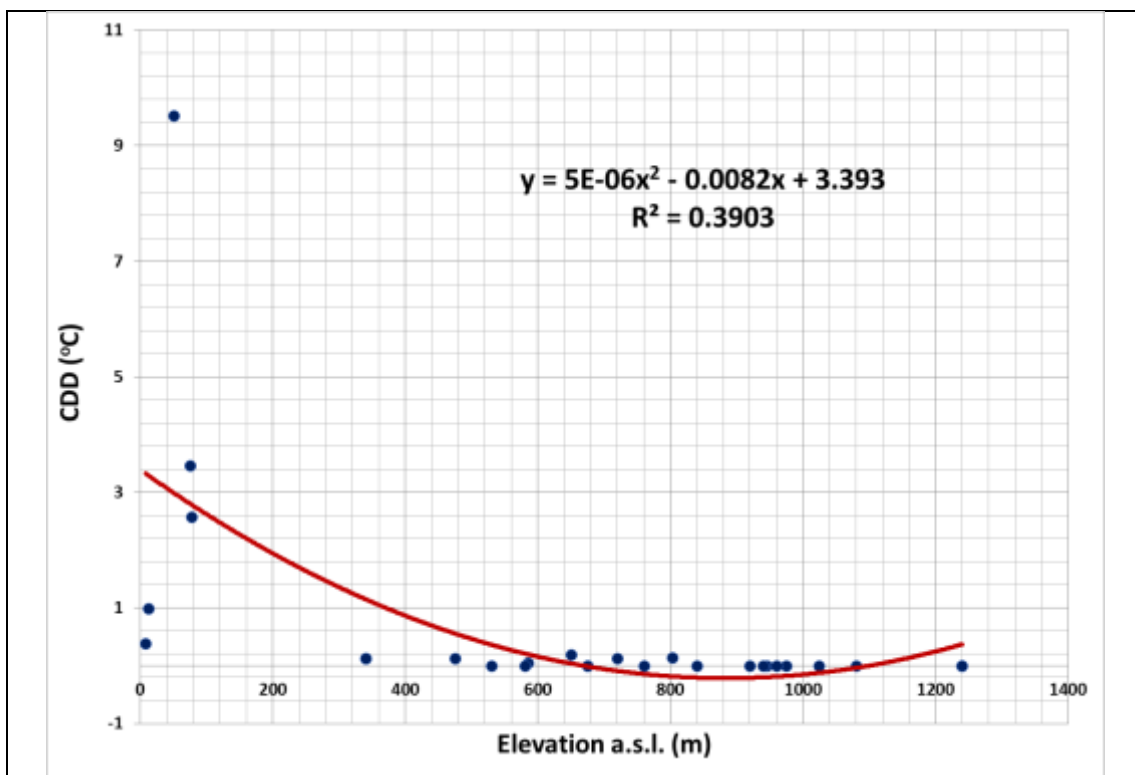
Σχήμα 6. Διάγραμμα διασποράς των CDD (με βάση τους 28.0 °C) σε συνάρτηση με το υψόμετρο του τόπου, πάνω από το επίπεδο της θάλασσας σε m.

Από την παραπάνω πολυωνυμική συνάρτηση δευτέρου βαθμού του διαγράμματος παρατηρείται χαμηλή γραμμική συσχέτιση για τις βαθμοημέρες ψύξης των 27 περιοχών ($R^2=0.421$). Αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω του μικρού αριθμού βαθμοημερών ψύξης για τις εξεταζόμενες περιοχές.



Σχήμα 7. Χωρική κατανομή των CDD με βάση τους 30.0 °C. Οι γραμμές αντιπροσωπεύουν τις ισοψείες (από το επίπεδο της θάλασσας) σε m.

Στο παραπάνω σχήμα παρατηρείται η διασπορά των βαθμομερών ψύξης (CDD) με θερμοκρασία βάσης υπολογισμών τους 30 °C. Επιπλέον στο διάγραμμα φαίνεται και η συσχέτιση του υψόμετρου καθώς και το γεωγραφικό μήκος και πλάτος για κάθε μια από τις 27 υπό μελέτη περιοχές με τις βαθμομέρες θέρμανσης. Η εικόνα που παρουσιάζεται σε αυτό το σχήμα είναι αναλογικά ίδια με αυτή των 28 °C με μόνη διαφορά τον αριθμό των βαθμομερών που σε αυτήν την περίπτωση είναι μικρότερος.



Σχήμα 8. Διάγραμμα διασποράς των CDD (με βάση τους 30.0 °C) σε συνάρτηση με το υψόμετρο του τόπου, πάνω από το επίπεδο της θάλασσας σε m.

Από την παραπάνω πολυωνυμική συνάρτηση δευτέρου βαθμού του διαγράμματος παρατηρείται χαμηλή γραμμική συσχέτιση για τις βαθμοήμερες ψύξης των 27 περιοχών ($R^2=0.390$). ελάχιστα μικρότερη από εκείνη με θερμοκρασία βάσης τους 28 °C. Αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω του μικρού αριθμού βαθμοημερών ψύξης για τις εξεταζόμενες περιοχές.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία ασχοληθήκαμε με τους σταθμούς της ευρύτερης περιοχής της Ηπείρου αντλώντας από αυτούς όλα εκείνα τα μετεωρολογικά δεδομένα που ήταν απαραίτητα για τον υπολογισμό των βαθμομερών ψύξης και θέρμανσης για την εκάστοτε περιοχή. Πριν γίνει όμως αυτό προηγήθηκε η ανάλυση του θεωρητικού μέρους της μεθόδου των βαθμομερών και στους λόγους που οδήγησαν στο να ασχοληθούν οι επιστήμονες και οι ερευνητές με τη μεθοδο αυτή.

Οι έννοιες της βαθμομέρας και της θερμοκρασίας βάσης εντοπίζονται για πρώτη φορά το 1878 στο έργο του Sir Richard Strachey και συγκεκριμένα στις μελέτες του για τη σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας και της αποδοτικότητας των καλλιεργειών. Έπειτα από 60 περίπου χρόνια η μέθοδος αυτή βρίσκει εφαρμογή σε κτιριακές μελέτες. Όσο εξελίσσεται το επιστημονικό πεδίο των κτιριακών μελετών, η έννοια της βαθμομέρας εντάσσεται όλο και περισσότερο σε αυτές συμβάλλοντας κυρίως στην εκτίμηση των απωλειών και την εφαρμογή των μονώσεων. Αυτό έγινε κυρίως λόγω της εντατικοποίησης της βιομηχανικής παραγωγής και της μαζικής μετακίνησης του πληθυσμού σε αστικά κέντρα. Όλα αυτά είχαν σαν αποτέλεσμα την τάση να αυξάνεται η θερμοκρασία του πλανήτη και την ανάγκη για εύρεση λύσεων. Έτσι έγινε επιτακτική η ανάγκη για μελέτη του κτιριακού δυναμικού και των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων. Παρατηρήσαμε λοιπόν ότι οι διάφοροι τρόποι υπολογισμού των βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης είναι ιδιαίτερα χρήσιμες και ιδιαίτερα αποτελεσματικές για τον υπολογισμό ενεργειακών αναγκών. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών με τους τρόπους που αναλύσαμε μας προσφέρουν μία εικόνα των ενεργειακών αναγκών των περιοχών της Ηπείρου βάσει του υψομέτρου που έχει κάθε περιοχή, κομβικός παράγοντας για τις ενεργειακές ανάγκες μίας περιοχής η απόσταση της από την θάλασσα και αν πρόκειται για περιοχή κοντά στον αστικό ιστό διότι δημιουργείται το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας.

Για τις υπό μελέτη περιοχές είναι έντονη η συσχέτιση του υψομέτρου και των βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης. Με μικρές εξαιρέσεις που οφείλονται κυρίως στα γεωμορφολογικά στοιχεία της εκάστοτε περιοχής καθώς επίσης και στο

φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας, που έχει αναλυθεί επαρκώς σε άλλο σημείο της εργασίας.

Κλείνοντας, το γενικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι πως η περιοχή της Ηπείρου έχει μεγαλύτερες ανάγκες θέρμανσης στα προάστια σε σχέση με τα αστικά κέντρα λόγω της υψηλής δόμησης. Αντίθετα, λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών η ανάγκη για ψύξη είναι μικρή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- E.E.O. - Energy Efficiency Office. (1993). Degree-days Fuel Efficiency Booklet No. 7.
- EUR-LEX. (2009). Document 32002L0091, Ανακτήθηκε στις 04/12/2021 από: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32002L0091>.
- Grigorieva, E., Matzarakis, A., DeFreitas C. (2010). Analysis of growing degree-days as climate impact indicator in a region with extreme annual air temperature amplitude.
- Jankovic A., Podračanin Z., Djurdjevic V. (2018). Future climate change impacts on residential heating and cooling degree days in Serbia.
- Memon, R.A. (2009). An investigation of urban heat island intensity (UHI) as an indicator of urban heating. Atmospheric Research, vol. 94, pp. 491-500
- Meng, Qinglong & Mourshed, Monjur. (2017). Degree-day based non-domestic building energy analytics and modelling should use building and type specific base temperatures. Energy and Buildings. 155. 10.1016/j.enbuild.2017.09.034.
- Moustris, K.P., Nastos, P.T., Bartzokas, A., Larissi, I.K., Zacharia, P. T., Paliatsos A.G., (2014). Energy consumption based on heating/cooling degree days within the urban environment of Athens, Greece. Theoretical and Applied Climatology, 122, 3, pp. 517-529.
- NASA. (2021). Δεδομένα από τον ιστότοπο του οργανισμού για την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας, Ανακτήθηκε στις 04/12/2021 από: <https://climate.nasa.gov/>
- Santamouris, M. (2012). Cooling the cities - A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. Solar Energ. 2012, Vol. 55, pp. 66-76
- Surferhelp. (2021). Επεξήγηση τρόπου λειτουργίας της μεθόδου στο υπολογιστικό πρόγραμμα, Ανακτήθηκε στις 04/12/2021 από: http://surferhelp.goldensoftware.com/griddata/idd_grid_data_kriging.htm
- T. Day (2006). Degree-days: Theory and application. The Chartered Institution of Building Services Engineers.
- EAA – Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών. (2021). Δεδομένα Μετεωρολογικών Σταθμών, Ανακτήθηκε στις 04/12/2021 από: <http://meteosearch.meteo.gr/>

- ΕΛΣΤΑΤ – Ελληνική Στατιστική Αρχή. (2021). Γενικές Απογραφές Κτιρίων, Ανακτήθηκε στις 04/12/2021 από: <https://www.statistics.gr/el/census-buildings-2011>.
- ΕΛΣΤΑΤ – Ελληνική Στατιστική Αρχή. (2021). Δεδομένα για το Κτιριακό Απόθεμα της χώρας, Ανακτήθηκε στις 04/12/2021 από: <https://www.statistics.gr/el/census-buildings-2011>.
- Κατσαπράκης, Δ. Μονιάκης Μ. (2015). Θέρμανση – Ψύξη – Κλιματισμός. Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας Σύνθεσης Ενεργειακών Συστημάτων.
- ΤΕΕ – Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος. (2021). Πληροφορίες σχετικά με το Κ.Εν.Α.Κ, Ανακτήθηκε στις 04/12/2021 από: http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak
- Υ.Π.Ε.Κ.Α. - Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. (2014). Τεχνική Οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-3/2010.
- Υ.Π.Ε.Κ.Α. - Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. (2021). Πληροφορίες Προγράμματος Εξοικονομώ Κατ'οίκον, Ανακτήθηκε στις 04/12/2021 από: <https://exoikonomisi.ypern.gr/>
- Χριστόπουλος, Δ., (2004), Σημειώσεις Μαθήματος Εισαγωγή Στην Έρευνα Κοιτασμάτων, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

Ιστοσελίδες

1. www.meteo.gr
2. https://sofixanthi.blogspot.com/2016/11/blog-post_79.html