



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ «ΕΠΙΣΤΗΜΗ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»

Εκτίμηση χωρικής κατανομής κλιματικών δεικτών στην περιοχή της Αττικής

Σεπετζή Ευστρατία

Επιβλέπων:
Ε. Μπαλτάς, Αναπληρωτής Καθηγητής

«ΕΠΙΣΤΗΜΗ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ»

Αθήνα, Οκτώβριος 2014

Πίνακας περιεχομένων

Extended Summarrý	7
Περίληψη.....	12
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή.....	13
1.1 Σκοπός της εργασίας	13
1.2 Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών	13
1.2.1 Μέθοδοι χωρικής παρεμβολής	14
1.3 Διάρθρωση της εργασίας.....	15
Κεφάλαιο 2 Μεθοδολογία.....	16
2.1 Κλιματικοί δείκτες	16
2.2 Δείκτες ξηρασίας / ξηρότητας.....	17
2.2.1 Δείκτης SPI.....	17
2.2. 2 Δείκτης ξηρότητας (De Martonne).....	18
2.2. 3 Δείκτης ξηρότητας (Pinna).....	19
2.3 Βιοκλιματικά χαρακτηριστικά	19
2.3.1 Ομβροθερμικό πηλίκo Emburger, Q2	20
2.3.2 Κλιματική κατάταξη κατά UNESCO - FAO	22
2.3.2.1 Ομβροθερμικό διάγραμμα Gausssen & Bagnouls	22
2.3.2.2 Ξηροθερμικός δείκτης Xm.....	23
2.4 Δείκτες ηπειρωτικότητας.....	24
2.4.1 Δείκτης ηπειρωτικότητας Kerner	24
2.4.2 Δείκτης ηπειρωτικότητας Johansson.....	25
2.5 Παράμετροι κατάταξης Koppen.....	25
2.5.1 Τύπος A : Υγρό τροπικό (Humid tropical).....	26
2.5.2 Τύπος B : Ξηρό (Dry).....	28
2.5.3 Τύπος C : Υγρό με ήπιους χειμώνες (Moist with mild winters)	30
2.5.4 Τύπος D : Υγρό με ψυχρούς χειμώνες (Moist with cold winters)	31
2.5.5 Τύπος E : Πολικό (Polar)	33
2.5.6 Τύπος H : Ορεινό (Highlands)	34
3 Περιοχή Μελέτης	35

3.1: Η Αττική και το κλίμα της	35
3.2 Ανάλυση δεδομένων περιοχής μελέτης	37
3.3 Διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα	40
3.3.1 Θερμοκρασιακά δεδομένα	40
3.3.2 Βροχομετρικά δεδομένα.....	43
4 Αποτελέσματα	45
4.1 Η επιλογή των δεικτών.....	45
4.2 Δείκτης ξηρότητας De Martonne	45
4.2.1 Δείκτης ξηρότητας De Martonne σε ετήσιο βήμα	46
4.2.2 Δείκτης ξηρότητας De Martonne σε μηνιαίο βήμα.....	48
4.3 Δείκτης ξηρότητας Pinna	52
4.4 Βιοκλιματικά χαρακτηριστικά	54
4.4.1 Ομβροθερμικό πηλίκιο Emberger Q_2	54
4.5 Ομβροθερμικό Διάγραμμα Bagnouls - Gausson	57
4.6 Δείκτης ηπειρωτικότητας Kerner (k)	70
4.7 Δείκτης ηπειρωτικότητας Johansson.....	72
4.8 Κλιματική κατάταξη Korppen	74
5 Συμπεράσματα.....	78
5.1 Γενικά Συμπεράσματα.....	78
5.2 Ειδικότερα Συμπεράσματα.....	78
5.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	82
Βιβλιογραφικές Αναφορές	83

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 1: Αντιστοίχιση έντασης ξηρασίας και τιμής του δείκτη SPI	18
Πίνακας 2: Αντιστοίχιση έντασης ξηρασίας και τιμής του δείκτη De Martonne	19
Πίνακας 3: Θέσεις εγκατάστασης και περίοδος λειτουργίας Μετεωρολογικών Σταθμών	40
Πίνακας 4: Μέση ετήσια θερμοκρασία °C	41
Πίνακας 5: Τιμές μέσης ετήσιας βροχόπτωσης.....	43
Πίνακας 6: Τιμές ετήσιου δείκτη De Martonne για τους υπό μελέτη Μετεωρολογικούς σταθμούς.....	46
Πίνακας 7: Μηνιαίες τιμές δείκτη De Martonne για τους υπό μελέτη Μετεωρολογικούς σταθμούς.....	49
Πίνακας 8: Τιμές ετήσιου δείκτη Pinna για τους υπό μελέτη Μετεωρολογικούς Σταθμούς.....	53
Πίνακας 9: Κατάταξη σε βιοκλιματικούς ορόφους και υποορόφους των Μετεωρολογικών Σταθμών Ε.Μ.Υ. της περιοχής μελέτης.....	55
Πίνακας 10: Τιμές διαφοράς P-2T των υπό μελέτη Μετεωρολογικών Σταθμών	58
Πίνακας 11: Δείκτης Ηπειρωτικότητας Kerner (k).....	70
Πίνακας 12: Δείκτης ηπειρωτικότητας Johansson.....	73
Πίνακας 13: Κλιματική κατάταξη Korpen	77
Πίνακας 14: Σύγκριση κατάταξης ετήσιου δείκτη ξηρασίας De Martonne και Pinna	79
Πίνακας 15: Σύγκριση κατάταξης ετήσιου δείκτη ηπειρωτικότητας Johansson και Kerner	80

Περιεχόμενα Σχημάτων

Σχήμα 1: Τροποποιημένο κατά Μαυρομάτη κλιματόγραμμα του Emburger για την Ελλάδα	21
Σχήμα 2: Ομβροθερμικό διάγραμμα Bagnouls & Gausse.....	22
Σχήμα 3: Χάρτης περιοχής μελέτης	35
Σχήμα 4: Τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής μελέτης με τη μέθοδο της σκίασης (hillshade)	37
Σχήμα 5: Μετεωρολογικοί Σταθμοί περιοχής μελέτης.....	39
Σχήμα 6: Μέση ετήσια θερμοκρασία (°C) στην περιοχή μελέτης	42
Σχήμα 7: Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm) στην περιοχή μελέτης.....	44
Σχήμα 8: Απεικόνιση με χωρική παρεμβολή ετήσιου δείκτη De Martonne για τους υπό μελέτη Μετεωρολογικούς Σταθμούς	47
Σχήμα 9: Απεικόνιση με χωρική παρεμβολή μηνιαίου δείκτη De Martonne για τους υπό μελέτη Μετεωρολογικούς σταθμούς	51
Σχήμα 10: Απεικόνιση με χωρική παρεμβολή ετήσιου δείκτη Pinna για τους υπό μελέτη Μετεωρολογικούς Σταθμούς.....	54
Σχήμα 11: Κλιματικό διάγραμμα Emburger	56
Σχήμα 12: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gausse & Bagnouls M.Σ. Αγ. Κοσμά.....	58
Σχήμα 13: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gausse & Bagnouls M.Σ. Ανω Γλυφάδας.....	59
Σχήμα 14: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gausse & Bagnouls M.Σ. Ανω Λιοσίων.....	59
Σχήμα 15: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gausse & Bagnouls M.Σ. Γαλασίου.....	60
Σχήμα 16: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gausse & Bagnouls M.Σ. Ηλιούπολης	60
Σχήμα 17: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gausse & Bagnouls M.Σ. Μάνδρας	61
Σχήμα 18: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gausse & Bagnouls M.Σ. Πικερμίου.....	61
Σχήμα 19: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gausse & Bagnouls M.Σ. Μενιδίου	62
Σχήμα 20: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gausse & Bagnouls M.Σ. Πεντέλης	62
Σχήμα 21: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gausse & Bagnouls M.Σ. Ψυτάλλειας	63
Σχήμα 22: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gausse & Bagnouls M.Σ. Ζωγράφου	63
Σχήμα 23: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gausse & Bagnouls M.Σ. Ζωγράφου 2	64
Σχήμα 24: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gausse & Bagnouls M.Σ. Ελευσίνας.....	64
Σχήμα 25: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gausse & Bagnouls M.Σ. Ελληνικού	65
Σχήμα 26: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gausse & Bagnouls M.Σ. Πειραιά	65
Σχήμα 27: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gausse & Bagnouls M.Σ. Σπάτων	66
Σχήμα 28: Εξέλιξη ξηρασίας σύμφωνα με τα ομβροθερμικά διαγράμματα Gausse & Bagnouls σε μηνιαίο βήμα	69
Σχήμα 29: Χαρακτηρισμός ηπειρωτικότητας σύμφωνα με δείκτη Kerner	71
Σχήμα 30: Χαρακτηρισμός ηπειρωτικότητας σύμφωνα με δείκτη Johannson	74

Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό για μένα να ευχαριστήσω όλα τα άτομα που με τον τρόπο τους συνέβαλαν, ο καθένας ξεχωριστά, στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειάς μου.

Πρώτα από όλα θέλω να ευχαριστήσω τον κ. Βαγγέλη Μπαλτά, ο οποίος ανέλαβε την επίβλεψη της εργασίας μου και την καθοδήγησή μου μέχρι το τελικό στάδιο. Παρόλο τον φόρτο εργασίας του ήταν πάντα διατεθειμένος να προσφέρει την επιστημονική του γνώση και την ακαδημαϊκή πείρα του. Χάρη στις έγκυρες υποδείξεις του έγιναν οι απαραίτητες τελικές διορθώσεις.

Ξεχωριστές ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω στον κ. Γιώργο Μπαριάμη, υποψήφιο διδάκτορα του Ε.Μ.Π και συνεργάτη του Εργαστηρίου Υδρολογίας και Διαχείρισης Υδατικών Πόρων για την παροχή του ψηφιακού χαρτογραφικού υποβάθρου της περιοχής μελέτης. Επίσης, ευχαριστώ το προσωπικό της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας για την παροχή των χρονοσειρών μετεωρολογικών δεδομένων.

Θέλω τέλος, να ευχαριστήσω το σύζυγο μου και τα παιδιά μου, για την υπομονή τους, την κατανόηση και τη συμπαράσταση που μου έδειξαν όλο αυτό το διάστημα.

Extended Summary

Introduction

The objective

This postgraduate thesis deals with the climatic and bioclimatic examination of Attica, in Greece.

The map formation raised by the need for identification and grouping of the climatic conditions that prevail in an area, since all the activities that take place are directly connected and interactive with the natural environment's territorial and time differentiations. Consequently, classified knowledge of the predominant climatic and bioclimatic characteristics, especially for an urban environment, might become the tool for understanding and improving the day-to-day life of the citizens, for developing the land-planning policy as well as the effective urban planning.

The necessity for the Index application

Climatic Indices

Climatic indices standardize the climatic conditions that prevail in a specific area. The parameters below, are taken into account in order to quantify them.

T_{ε} : Mean annual temperature ($^{\circ}\text{C}$)

R_{ε} : Mean annual precipitation (mm)

φ : Latitude ($^{\circ}$)

T_{ψ} : Mean temperature of the coldest month ($^{\circ}\text{C}$)

T_{θ} : Mean temperature of the warmest month ($^{\circ}\text{C}$)

$H_{\Theta E}$: Daily temperature amplitude. It is equal to the highest minus the lowest air temperature in a 24hour period.

$E_{\Theta E}$: Annual temperature amplitude. It is equal to the mean temperature of the warmest month minus the mean temperature of the coldest one.

A typical reference to specific climate indices follows:

Drought/Dryness Indices

SPI (Standardized Precipitation Index)

IDM (Dryness Index of Martone)

Pinna Index

Bioclimatic Indices

Ombrothermic Quotient of Emberger (Q2)

Ombrothermic diagram of Gaussen & Bagnouls

Xerothermic Index of Gaussen (X)

Continental Indices

Kerner

Johansson

Koppen

Description of the studied areas

Attica is the most densely populated prefecture in Greece. The basin of Attica is a plain, where the Athens metropolitan area has been developed, with a surface of 427 square kilometers. The Athenian climate is dry, Mediterranean and generally mild most of the year. Yet, there is important difference at the temperature amplitudes between summer and winter.

In climatological terms, the year can be broadly subdivided into two main seasons: The cold and rainy period lasting from mid-October until the end of March, and the warm and dry season lasting from April until September. During the first period the coldest months are January and February, with, a mean minimum temperature ranging, on average, 8-10 degrees Celsius.

Long stretches of consecutive rainy days are infrequent in Attiki, even during the winter, and the sky does not remain cloudy for more than a few days in a row, as it does in other regions

of the world. “Bad weather” days in winter are often interrupted, during January and the first fortnight of February, with sunny days, known as ‘Halcyon days’ since ancient times.

During the warm and dry period the weather is usually stable, the sky is clear, the sun is bright and there is generally no rainfall. There are, however, infrequent and brief intervals of rapid rain or thunderstorms chiefly over mainland areas. The warmest period occurs during the last ten days of July and the first ten days of August, when the mean maximum temperature lies between 32.0 and 37.0 degrees Celsius

The selection of the climatic and bioclimatic indices

For the purposes of this study hydrometeorological data were collected (time series of air temperature and precipitation) from twelve (12) weather stations of the National Technical University of Athens NTUA and six (6) weather stations of the Hellenic National Meteorological Service (HNMS). The selection of the indices was based on the available hydrometeorological data. The indices that were finally quantified and mapped were:

Drought/Dryness Indices

IDM (Dryness Index of Martone) , Pinna Index

Bioclimatic Indices

Ombrothermic Quotient of Emberger (Q2), Ombrothermic diagram of Gaussen & Bagnouls

Xerothermic Index of Gaussen (X)

Continental Indices

Kerner, Johansson, Koppen

Conclusions

General conclusions

Quantification of indices prevails climatic conditions in the region of Attica. They are influenced by meteorological phenomena that develop around (rainfall for example), the morphology of the area (distance from the sea, altitude) and the air temperature prevailing.

The indicators are therefore able to characterize the microclimate of an area, and give illustrative findings. to determine the general climate as calculated in annual basis. However, the climate classification would require time series of climate parameters at least thirty years for the entire study area in order to extract relevant results.

Special Conclusions

The drought indices de Martonne (IDM) and Pinna, can possibly inform about how dry or moist the climate is considered in each region. Table a shows the ranking of each Meteorological Station for both indicators. According to the Pinna index most of the regions are characterized by a dry climate.

Table a: Comparison of Martonne and Pinna climatic Index

Meteorological Station	Altitude Z (m)	De Martonne classification	Pinna classification
Ag. Kosmas	5,00	dry	dry
Ano Glyfada	185,00	Semidry-Mediterranean	dry
Ano liosia	184,00	Semidry-Mediterranean	Semidry-Mediterranean
Galatsi	176,00	Semidry-Mediterranean	dry
Ilioupoli	206,00	Semidry-Mediterranean	dry
Mandra	258,00	Medium wet	Semidry-Mediterranean
Menidi	248,00	Medium wet	Semidry-Mediterranean ó
Penteli	729,00	Medium wet	Semidry-Mediterranean
Pikermi	133,00	Semidry-Mediterranean	dry
Psittalia	20,00	dry	dry
Zografou	181,00	Semidry-Mediterranean	dry
Zografou 2	219,00	dry	Semidry-Mediterranean
Elefsina	31,00	dry	dry
Elliniko	15,00	dry	dry
Filadelphia	138,00	dry	dry
Peiraias	5,00	dry	dry
Spata	68,00	dry	dry
Tatoi	235,00	Semidry-Mediterranean	dry

Oceanic Indicators are based on the allegation that the marine climate the spring months have lower temperatures of winter. In Table b is obvious that the climate of the study area is generally classified as a marine at Johansson and Kerner.

Table b: Comparison of Kerner and Johansson continental Index

Meteorological Station	Altitude Z (m)	Kerner classification	Johansson classification
Ag. Kosmas	5,00	marine	marine
Ano Glyfada	185,00	marine	marine
Ano liosia	184,00	marine	continental
Galatsi	176,00	marine	marine
Ilioupoli	206,00	marine	marine
Mandra	258,00	marine	continental
Menidi	248,00	marine	continental
Penteli	729,00	marine	marine
Pikermi	133,00	marine	marine
Psittalia	20,00	marine	marine
Zografou	181,00	marine	marine
Zografou 2	219,00	marine	marine
Elefsina	31,00	marine	marine
Elliniko	15,00	marine	marine
Filadelphia	138,00	marine	continental
Peiraias	5,00	marine	marine
Spata	68,00	marine	marine
Tatoi	235,00	marine	marine

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η διερεύνηση των κλιματικών και βιοκλιματικών χαρακτηριστικών της Αττικής. Αρχικά, επιχειρήθηκε μια ανάλυση και εμβάθυνση των σχετικών με την εργασία εννοιών, με σκοπό την κατανόησή τους αλλά και μια βιβλιογραφική ανασκόπηση των κλιματικών και βιοκλιματικών δεικτών, που χρησιμοποιούνται σε όλο τον κόσμο. Σκοπός είναι η ανάδειξη της αναγκαιότητας των δεικτών αποδεικνύοντας το ευρύ φάσμα εφαρμογής τους και τη χρησιμότητά τους. Κατόπιν επιλέχθηκαν οι δείκτες που περιγράφουν καλύτερα την περιοχή μελέτης. Η επιλογή τους έγινε με βάση τα διαθέσιμα υδρομετεωρολογικά δεδομένα. Η έρευνα βασίστηκε σε υδρομετεωρολογικά δεδομένα (χρονοσειρές) θερμοκρασίας και βροχόπτωσης. Τα στοιχεία συλλέχθηκαν από 12 μετεωρολογικούς σταθμούς του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου Ε.Μ.Π. (<http://hoa.ntua.gr/>) και έξι μετεωρολογικούς σταθμούς της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας Ε.Μ.Υ.. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ανάλυση των χρονοσειρών ώστε να εξαχθούν οι μέσες μηνιαίες και μέσες ετήσιες τιμές θερμοκρασίας και βροχόπτωσης.

Τελικός σκοπός ήταν να υπολογιστούν κλιματικοί δείκτες ξηρασίας, βιοκλιματικά χαρακτηριστικά και δείκτες ηπειρωτικότητας για κάθε μετεωρολογικό σταθμό (σημειακές τιμές) ώστε να προκύψουν συμπεράσματα για την κλιματική κατάσταση της Αττικής σύμφωνα με τους δείκτες αυτούς. Υπολογίστηκαν οι εξής δείκτες: Δείκτης ξηρότητας De Martonne σε μηνιαίο και ετήσιο βήμα και Pinna σε ετήσιο βήμα, δείκτης ηπειρωτικότητας Kerner και Johansson σε ετήσιο βήμα. Τα βιοκλιματικά χαρακτηριστικά προσεγγίστηκαν υπολογίζοντας το ομβροθερμικό πηλίκο Emberger και αναλύοντας τα ομβροθερμικά διαγράμματα Gausson & Bagnouls για τους υπό μελέτη Μετεωρολογικούς Σταθμούς. Τέλος, έγινε η κλιματική κατάσταση κατά Korpen.

Οι δείκτες υπολογίστηκαν σε σημειακό επίπεδο αλλά για την εκτίμηση των συνθηκών που επικρατούν στις περιοχές ήταν απαραίτητη η χωρική ολοκλήρωσή τους. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον ArcMap σε λογισμικό GIS, ενώ για την παρεμβολή εφαρμόστηκε η μέθοδος των σταθμισμένων αντιστρόφων αποστάσεων IDW. Από τους χάρτες που προέκυψαν, οι οποίοι απεικόνιζαν πλέον τις διαβαθμίσεις των τιμών των δεικτών, στο σύνολο των εκτάσεων των περιοχών, προέκυψαν τα συμπεράσματα για τις επικρατούσες κλιματικές και βιοκλιματικές συνθήκες.

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

1.1 Σκοπός της εργασίας

Στην παρούσα εργασία στόχος είναι η διερεύνηση των κλιματικών συνθηκών στην περιοχή της Αττικής. Η έρευνα που έγινε βασίστηκε σε υδρομετεωρολογικά δεδομένα (χρονοσειρές) θερμοκρασίας και βροχόπτωσης. Τα στοιχεία συλλέχθηκαν από 12 μετεωρολογικούς σταθμούς του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου Ε.Μ.Π. (<http://hoa.ntua.gr/>) και έξι μετεωρολογικούς σταθμούς της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας Ε.Μ.Υ.. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ανάλυση των χρονοσειρών ώστε να εξαχθούν οι μέσες μηνιαίες και μέσες ετήσιες τιμές θερμοκρασίας και βροχόπτωσης.

Τελικός σκοπός είναι να υπολογιστούν κλιματικοί δείκτες ξηρασίας, βιοκλιματικά χαρακτηριστικά και δείκτες ηπειρωτικότητας για κάθε μετεωρολογικό σταθμό (σημειακές τιμές) ώστε να προκύψουν συμπεράσματα για την κλιματική κατάσταση της Αττικής σύμφωνα με τους δείκτες αυτούς. Υπολογίστηκαν οι εξής δείκτες: Δείκτης ξηρότητας De Martonne σε μηνιαίο και ετήσιο βήμα και Pinna σε ετήσιο βήμα, δείκτης ηπειρωτικότητας Kerner και Johansson σε ετήσιο βήμα. Τα βιοκλιματικά χαρακτηριστικά προσεγγίστηκαν υπολογίζοντας το ομβροθερμικό πηλίκο Emberger και αναλύοντας τα ομβροθερμικά διαγράμματα Gausson & Bagnouls για τους υπό μελέτη Μετεωρολογικούς Σταθμούς. Τέλος, έγινε η κλιματική κατάσταση κατά Korpen. Την ανάλυση των δεδομένων μέσω δεικτών και διαγραμμάτων ακολούθησε η επιφανειακή ολοκλήρωση τους με μεθόδους χωρικής παρεμβολής ώστε να προκύψουν κλιματικοί χάρτες.

1.2 Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών

Η χωρική παρεμβολή των τιμών στο δίκτυο των Μετεωρολογικών Σταθμών της περιοχής μελέτης έγινε μέσω του Συστήματος Γεωγραφικής Πληροφορίας ArcGIS της ESRI. Το ArcGIS αποτελείται από τρεις βασικές εφαρμογές το ArcMap, το ArcToolbox και το ArcCatalog. Το ArcMap είναι ουσιαστικά ένα desktop GIS πακέτο μέσω του οποίου μπορούν να δημιουργηθούν χάρτες από επίπεδα χωρικής πληροφορίας, να αναλυθούν χωρικές σχέσεις και να επιλεγούν χωρικά και μη χωρικά στοιχεία μέσα από αναζητήσεις. Επίσης, μπορούν να δημιουργηθούν διαφορετικές απεικονίσεις ενός χάρτη, επιλέγοντας την εκάστοτε κατάλληλη χαρτογραφική απόδοση. Το ArcToolbox περιέχει διάφορα εργαλεία χωρικής ανάλυσης όπως

εργαλεία γεωεπεξεργασίας, μετατροπής δεδομένων, διαχείρισης χαρτογραφικών φύλλων, αλληλεπίθεση επιπέδων κλπ. ενώ το ArcCatalog είναι μια εφαρμογή διαχείρισης γεωγραφικών δεδομένων.

1.2.1 Μέθοδοι χωρικής παρεμβολής

Οι μέθοδοι χωρικής ολοκλήρωσης της σημειακής πληροφορίας που εξετάστηκαν προς εφαρμογή στο πλαίσιο του Σ.Γ.Π., είναι η Kriging, και σταθμισμένων αντιστρόφων αποστάσεων Inverse Distance Weighted, IDW.

Και οι δύο αποτελούν μεθόδους παρεμβολής, που στην ουσία προσαρμόζουν μια επιφάνεια, η οποία διέρχεται ακριβώς από τα σημεία της διαθέσιμης πληροφορίας (τη θέση των σταθμών μέτρησης). Η επιφάνεια αυτή συνίσταται από ψηφίδες (pixels), όπου σε καθεμιά υπολογίζεται η τιμή της μεταβλητής.

Η προσέγγιση της πιο αξιόπιστης και περισσότερο αντιπροσωπευτικής επιφάνειας καθορίζεται από τη βέλτιστη επιλογή των παραμέτρων για καθεμιά από τις μεθόδους παρεμβολής. Τελικά επιλέχθηκε η μέθοδος άμεσης ολοκλήρωσης IDW για τη γεωγραφική κατανομή των υδρομετεωρολογικών μεταβλητών της παρούσας εργασίας.

Τα αρχεία raster των μεταβλητών και των δεικτών δημιουργήθηκαν μέσω της εντολής 'Interpolation to Raster', Inverse Distance Weighted function (IDW), η οποία περιλαμβάνεται στην επιλογή Spatial Analyst προέκταση του ArcMap.

Η Μέθοδος αντιστρόφων σταθμισμένων αποστάσεων Inverse Distance Weighted – IDW αποτελεί μια πολύ διαδεδομένη μέθοδο παρεμβολής, κατά την οποία κάθε σημειακό δεδομένο έχει τοπική επιρροή (βάρος) λι προς την παρατηρημένη τιμή, η οποία μειώνεται με την απόσταση. Η μέθοδος περιγράφεται από τη σχέση:

$$W(d) = 1 / d^p \quad (3.2.1.a)$$

Τα βάρη είναι ανάλογα της δύναμης p στην οποία υψώνεται η απόσταση d . Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, όσο αυξάνεται η απόσταση, τα βάρη να μειώνονται. Ο ρυθμός της μείωσης του βάρους εξαρτάται από την τιμή της δύναμης p . Δηλαδή, όσο πιο κοντά βρίσκεται το σημείο παρεμβολής στο σημείο για το οποίο υπάρχει μέτρηση τόσο περισσότερο επηρεάζει την παρεμβολή στην απόδοση βαρών.

Οι παράμετροι της μεθόδου IDW που ορίστηκαν είναι το μέγεθος κελιού (cell size), η δύναμη (Power) και Αναζήτηση Τύπου Ακτίνας (Search Radius Type). Το μέγεθος του κελιού καθορίζει την ανάλυση του χάρτη. Όσο μικρότερο είναι, τόσο μεγαλύτερη είναι η ανάλυση του χάρτη. Το μέγεθος του κελιού (cell size) ορίστηκε στα 50m..

Ορίζοντας υψηλή τιμή για τη δύναμη, μεγαλύτερη έμφαση δίνεται στις πλησιέστερα σημεία, και η προκύπτουσα επιφάνεια έχει περισσότερες λεπτομέρειες (δηλ. είναι λιγότερο ομαλή). Ορίζοντας μικρότερη τιμή για τη δύναμη δίνεται μεγαλύτερη επιρροή στα σημεία που βρίσκονται πιο απομακρυσμένα, με αποτέλεσμα να προκύπτει μια ομαλότερη επιφάνεια. Στο πεδίο της δύναμης δόθηκε η τιμή 2.

Η παράμετρος ακτίνα ορίζει ποια γνωστά σημεία θα χρησιμοποιηθούν για να δημιουργήσουν με τη χωρική παρεμβολή την τιμή για κάθε κελί του raster επιπέδου εξόδου. Υπάρχουν δύο τρόποι που μπορεί να λειτουργήσει η ακτίνα: Σταθερά ή μεταβλητά. Στην προκειμένη περίπτωση, επελέγη ο τύπος μεταβλητής ακτίνας αναζήτησης. Η μεταβλητή ακτίνα μεταβάλλεται ώστε να βρει τον αριθμό των σημείων που απαιτείται για τη χωρική παρεμβολή. Δεν ορίστηκε μέγιστη απόσταση αναζήτησης ενώ ορίστηκε ο αριθμός των κοντινότερων σημείων που θα περιέχει η μεταβλητή ακτίνα ορίστηκε ίσος με 12.

1.3 Διάρθρωση της εργασίας

Η εργασία διαρθρώνεται ως εξής: Το παρόν κεφάλαιο περιγράφει το αντικείμενο της εργασίας καθώς και τη μέθοδο χωρικής παρεμβολής που επιλέχθηκε. Στο δεύτερο κεφάλαιο επιχειρείται η βιβλιογραφική επισκόπηση των κλιματικών δεικτών που έχουν γίνει δεκτοί από την επιστημονική κοινότητα και ολοκληρώνεται η παρουσίαση των θεωρητικών εννοιών με στόχο την αποτελεσματική κατανόησή τους από τον αναγνώστη.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναπτύσσεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε. Περιγράφονται τα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης και τα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα. Το τέταρτο κεφάλαιο έχει στόχο να συνοψίσει τα αποτελέσματα της έρευνας ώστε η ανάλυση δεδομένων που έγινε στο τρίτο κεφάλαιο να σχηματιστεί. Στα αποτελέσματα παρουσιάζεται η χωρική απεικόνιση των δεικτών, δηλαδή οι κλιματικοί χάρτες που δημιουργήθηκαν για την περιοχή μελέτης. Το πέμπτο κεφάλαιο, είναι το σημαντικότερο, αφού σε αυτό αναφέρονται τα εξαγόμενα συμπεράσματα για τις κλιματικές συνθήκες στην περιοχή της Αττικής.

Κεφάλαιο 2 Μεθοδολογία

2.1 Κλιματικοί δείκτες

Για το χαρακτηρισμό του κλίματος χρησιμοποιούνται συνήθως οι παράγοντες θερμοκρασία και κατακρήμνιση είτε για τον υπολογισμό αριθμοδεικτών ή για την απεικόνιση σχετικών κλιματικών διαγραμμάτων.

Προκειμένου να επιτευχθεί η κωδικοποιημένη περιγραφή των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν σε μια περιοχή προτείνεται η χρήση κλιματικών δεικτών από σημαντικό αριθμό ερευνητών. Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος καθορίζει την έννοια του δείκτη ως *''μία παράμετρο ή μία τιμή που προσδιορίζεται από δεδομένα και η οποία παρέχει πληροφορίες για ένα φαινόμενο. Οι δείκτες είναι ποσοτικές πληροφορίες που βοηθούν να εξηγηθεί πώς αλλάζουν με το χρόνο και πώς μεταβάλλονται στο χώρο τα πράγματα. Οι δείκτες απλοποιούν γενικά την πραγματικότητα προκειμένου να προσδιορίσουν ποσοτικά σύνθετα φαινόμενα, έτσι ώστε οι πληροφορίες να μπορούν να είναι μεταδιδόμενες''*. Δεδομένου ότι οι περισσότεροι από τους κλιματικούς δείκτες της βιβλιογραφίας έχουν αναπτυχθεί με βάση κλιματικά δεδομένα που επικρατούν σε άλλες περιοχές της γης, επιλέχθηκαν οι δείκτες που προσαρμόζονται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο στις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην Αττική. Οι κλιματικές κατατάξεις που προτείνουν βασίζονται στην επίδραση του κλίματος σε ποικίλους παράγοντες, όπως το θερμοκρασιακό και βροχομετρικό καθεστώς της περιοχής, η βλάστηση, η ανθρώπινη αντίδραση κ.α. (Μαμάσης & Κουτσογιάννης, 2003).

Για τον υπολογισμό των κλιματικών δεικτών λαμβάνονται υπόψη οι εξής παράμετροι:

T_e : Μέση ετήσια θερμοκρασία σε $^{\circ}\text{C}$

R_e : Μέση ετήσια κατακρήμνιση σε mm

φ : Γεωγραφικό πλάτος σε μοίρες ($^{\circ}$)

T_{ψ} : Μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα σε $^{\circ}\text{C}$

T_{θ} : Μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα σε $^{\circ}\text{C}$

$H_{\theta E}$: Ημερήσιο Θερμοκρασιακό Εύρος. Η διαφορά μεταξύ της μεγαλύτερης και μικρότερης θερμοκρασίας αέρα σε ένα 24ωρο

ΕΘΕ : Ετήσιο Θερμοκρασιακό Εύρος. Η διαφορά μεταξύ της μέσης θερμοκρασίας του θερμότερου και ψυχρότερου μήνα

Με τον υπολογισμό τους σε σημειακή βάση (στους σταθμούς όπου έχουν συλλεχθεί τα μετεωρολογικά δεδομένα) και στη συνέχεια με την επιφανειακή ολοκλήρωσή τους στην ευρύτερη περιοχή μελέτης, επιτυγχάνεται η κατηγοριοποίηση της περιοχής ανάλογα με τις τιμές του εκάστοτε δείκτη και ο άμεσος χαρακτηρισμός της (Παπαδοπούλου, 2006). Η χωρική απεικόνιση των κλιματικών δεικτών, οι οποίοι σχετίζονται άμεσα με την επίδραση του κλίματος στον άνθρωπο και σε συναφείς με αυτόν δραστηριότητες, μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο στο χωρικό προγραμματισμό και στην ισορροπημένη ανάπτυξη μιας αστικής περιοχής (Παπαδοπούλου, 2006).

Παρακάτω αναφέρονται κάποιοι από τους σημαντικότερους κλιματικούς δείκτες.

2.2 Δείκτες ξηρασίας / ξηρότητας

Οι δείκτες ξηρασίας είναι σημαντικά στοιχεία της παρακολούθησης και του προσδιορισμού της ξηρασίας (ξηρότητας), αφού απλοποιούν τη συσχέτιση του κλίματος και των κλιματικών παραμέτρων. Η πληροφορία που δίνουν είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τον προγραμματισμό και τον σχεδιασμό του αναπτυξιακού πλάνου για τους υδατικούς πόρους σε σχέση με τη γεωργία, τη διοίκηση και το περιβάλλον.

2.2.1 Δείκτης SPI

Πρόκειται για τον πιο γνωστό ευρέως δείκτη ξηρασίας, ο οποίος σχεδιάστηκε από τον McKee και τους συνεργάτες του στο Πανεπιστήμιο του Κολοράντο (McKee, et.al, 1993). Ο δείκτης SPI επιτρέπει τον προσδιορισμό της σπανιότητας μιας περιόδου ξηρασίας για μια δεδομένη χρονική κλίμακα για οποιαδήποτε θέση δεδομένης μιας ικανοποιητικής σειράς βροχοπτώσεων (Υπουργείο Γεωργίας, Κύπρος, 2011). Ο Thom (1958) υποστήριξε ότι η κατανομή Gamma προσαρμόζεται ικανοποιητικά στα μηνιαία βροχομετρικά δεδομένα. Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της κατανομής Gamma δίνεται από τη σχέση:

$$f(x) = \frac{x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\alpha} \Gamma(\alpha)} \quad (2.1)$$

Η κατανομή Gamma είναι διπαραμετρική, ορίζεται για θετικές τιμές του χ (μηνιαίες βροχοπτώσεις) όπου $\alpha (>0)$ η παράμετρος του σχήματος και $\beta (<0)$ η παράμετρος κλίμακας. Οι τιμές των παραμέτρων υπολογίζονται με βάση μαθηματικές σχέσεις όπως προκύπτουν από τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας (Υπουργείο Γεωργίας, Κύπρος, 2011). Ο υπολογισμός του δείκτη προκύπτει από τη μετατροπή της συνάρτησης κατανομής (αθροιστική μορφή της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας) σε ίσης πιθανότητας τιμή της τυποποιημένης κανονικής κατανομής, δηλαδή με μέσο όρο 0 και τυπική απόκλιση 1 (Υπουργείο Γεωργίας, Κύπρος, 2011).

Ο υπολογισμός του SPI κατά αυτόν τον τρόπο έχει τις ακόλουθες επιθυμητές ιδιαιτερότητες :

α) Είναι απαράμιλλα συνδεδεμένος με την πιθανότητα

β) Η κατακρήμνιση που χρησιμοποιείται για τον SPI μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υπολογίσει το έλλειμμα της κατακρήμνισης για τη συγκεκριμένη περίοδο καθώς και το ποσοστό του μέσου όρου της κατακρήμνισης και (Υπουργείο Γεωργίας, Κύπρος, 2011)

γ) Ο SPI μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για υγρές όσο και για ξηρές περιόδους (Tsakiris & Pangalou, 2005)

Πίνακας 1: Αντιστοίχιση έντασης ξηρασίας και τιμής του δείκτη SPI

SPI	Χαρακτηρισμός
0 - (-0,99)	Ηπια ξηρασία
(-0,99) - (1,49)	Μέτρια ξηρασία
(-1,49) - (2,00)	Σοβαρή ξηρασία
>(-2,00)	Εξαιρετική ξηρασία

Ωστόσο, βασικό μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι η εκτίμηση του δείκτη προϋποθέτει μεγάλο αριθμό χρονοσειρών βροχόπτωσης (Υπουργείο Γεωργίας, Κύπρος, 2011). Ο SPI έχει χρησιμοποιηθεί επιχειρησιακά για να παρακολουθεί τις συνθήκες σε ολόκληρο το Κολοράντο, από το 1994 (McKee et al., 1995).

2.2. 2 Δείκτης ξηρότητας (De Martonne)

Οι τιμές για το δείκτη ξηρότητας (Dryness Index of Martonne, IDM) υπολογίζονται με βάση τις σχέσεις (2.2) και (2.3) που εφαρμόζονται για ετήσιο και μηνιαίο βήμα αντίστοιχα (De Martonne, 1926):

$$I = P_e / (T_e + 10) \quad (2.2)$$

$$I = 12 * P / (T + 10) \quad (2.3)$$

όπου P_e , P η ετήσια και μηνιαία κατακρήμνιση σε mm

και T_e , T η ετήσια και μηνιαία θερμοκρασία αέρα σε °C.

Τα όρια που ερμηνεύουν το δείκτη IDM και χαρακτηρίζουν το κλίμα της περιοχής είναι:

Πίνακας 2: Αντιστοίχιση έντασης ξηρασίας και τιμής του δείκτη De Martonne

De Martonne	Χαρακτηρισμός	Βροχόπτωση P (mm)
0 - 5	πολύ ξηρό	$P < 200$
5-15	ξηρό	$200 < P < 400$
15-20	ημίξηρο-μεσογειακό	$400 < P < 500$
20-30	μέτρια υγρό	$500 < P < 600$
30-60	υγρό	$700 < P < 800$
>60	πολύ υγρό	$P > 800$

2.2. 3 Δείκτης ξηρότητας (Pinna)

Οι τιμές για το δείκτη ξηρότητας Pinna υπολογίζονται με βάση τη σχέση:

$$I = 1/2 * (P_e / (T_e + 10) + (12 * P_{\xi} / (T_{\xi} + 10)) \quad (2.4)$$

όπου P_{ξ} , P_e η βροχόπτωση του ξηρότερου μήνα και η μέση ετήσια βροχόπτωση σε mm αντίστοιχα και T_{ξ} , T_e η θερμοκρασία του ξηρότερου μήνα και η ετήσια θερμοκρασία αέρα σε °C αντίστοιχα.

Όταν οι τιμές του δείκτη είναι

$I < 10$, τότε το κλίμα χαρακτηρίζεται ως ξηρό, ενώ όταν ισχύει

$10 \leq I \leq 20$, τότε το κλίμα χαρακτηρίζεται ως ημίξηρο-μεσογειακό (Μπαλτάς,2007).

2.3 Βιοκλιματικά χαρακτηριστικά

Με τον όρο βιοκλίμα εννοείται η σύνθεση των κλιματικών παραγόντων που έχουν πρωταρχική σημασία για τη βλάστηση και η συσχέτιση τους με αυτή (Μαυρομμάτης, 1980). Για την περιοχή της Μεσογείου κάποιες από τις περισσότερο αποδεκτές προσεγγίσεις προσδιορισμού του βιοκλίματος είναι:

- I. Η μέθοδος των βιοκλιματικών ορόφων με βάση το ομβροθερμικό πηλίκο του Emberger και το κλιματικό διάγραμμα για το μεσογειακό κλίμα των Emberger – Sauvage.
- II. Η μέθοδος διάκρισης των χαρακτήρων του μεσογειακού κλίματος της UNESCO-FAO (1963) με βάση τη διάρκεια και την ένταση της ξηρής περιόδου και
- III. Η μέθοδος διάκρισης των χαρακτήρων του μεσογειακού βιοκλίματος (Gausson & Bagnouls).

2.3.1 Ομβροθερμικό πηλίκο Emberger, Q₂

Για την περιοχή της Μεσογείου καλά αποτελέσματα δίνει ο τύπος του ομβροθερμικού πηλίκου του Emberger (Q₂) (Emberger, 1930). όπως παρουσιάζεται στην εξίσωση που ακολουθεί :

$$Q_2 = \frac{1000 \times P}{\frac{(M+m)}{2} \times (M-m)} \quad (2.5)$$

όπου:

P = η ετήσια βροχόπτωση σε mm,

M = η μέση τιμή των μέγιστων θερμοκρασιών του θερμότερου μήνα του έτους σε απόλυτους βαθμούς (273,2 °K=0°C),

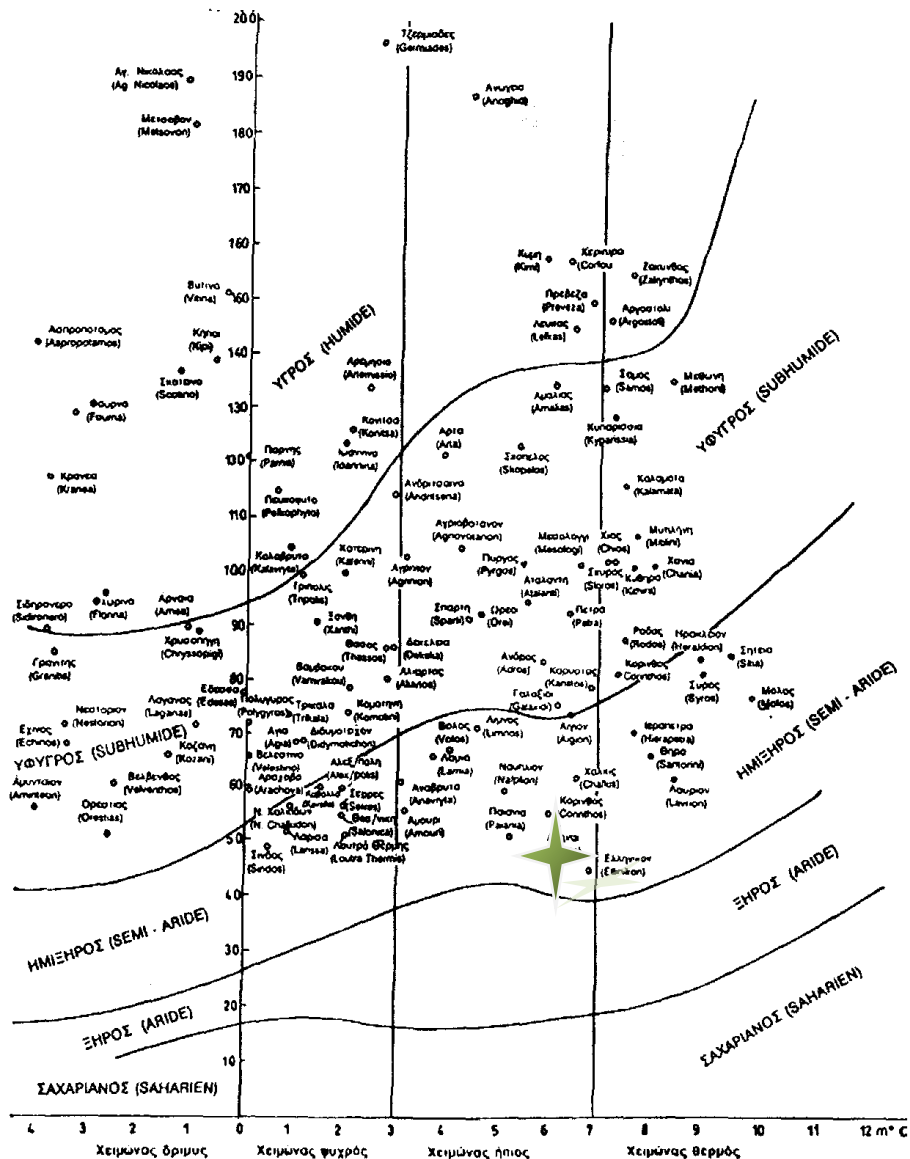
m = η μέση τιμή των ελάχιστων θερμοκρασιών του ψυχρότερου μήνα του έτους σε απόλυτους βαθμούς (273,2 °K=0°C).

Με βάση την τιμή του Q₂ και του m συντάσσεται το βιοκλιματικό διάγραμμα. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται το κλιματόγραμμα του Emberger (1955), όπως τροποποιήθηκε από τον Sauvage (1961). Στη χώρα μας έχουν γίνει βιοκλιματικά διαγράμματα με τους υπάρχοντες σταθμούς (Μαυρομάτης, 1980). Με βάση τις συντεταγμένες Q₂ και m ο Μαυρομάτης διακρίνει:

- τέσσερις βιοκλιματικούς ορόφους, Υγρό, Ύψυγρο, Ξηρό και Ημίξηρο και

- τέσσερις υποορόφους με βάση την τιμή του m ($^{\circ}\text{C}$) σε χειμώνα θερμό ($m > 7^{\circ}\text{C}$), χειμώνα ήπιο ($3^{\circ}\text{C} < m < 7^{\circ}\text{C}$), χειμώνα ψυχρό ($0^{\circ}\text{C} < m < 3^{\circ}\text{C}$) και χειμώνα δριμύ ($-10^{\circ}\text{C} < m < 0^{\circ}\text{C}$).

Όσο μικρότερος είναι ο δείκτης Q_2 , τόσο ξηρότερο είναι το κλίμα. Με βάση τις τιμές του Q_2 και την τιμή του m συντάσσει ο Emburger τα λεγόμενα κλιματικά διαγράμματα. Σύμφωνα με το διάγραμμα που ακολουθεί η Αθήνα ανήκει στον ημίξηρο βιοκλιματικό όροφο με χειμώνα ήπιο.



Σχήμα 1: Τροποποιημένο κατά Μαυρομάτη κλιματόγραμμα του Emburger για την Ελλάδα

(Πηγή: Χαραλαμπίδης, 2006)

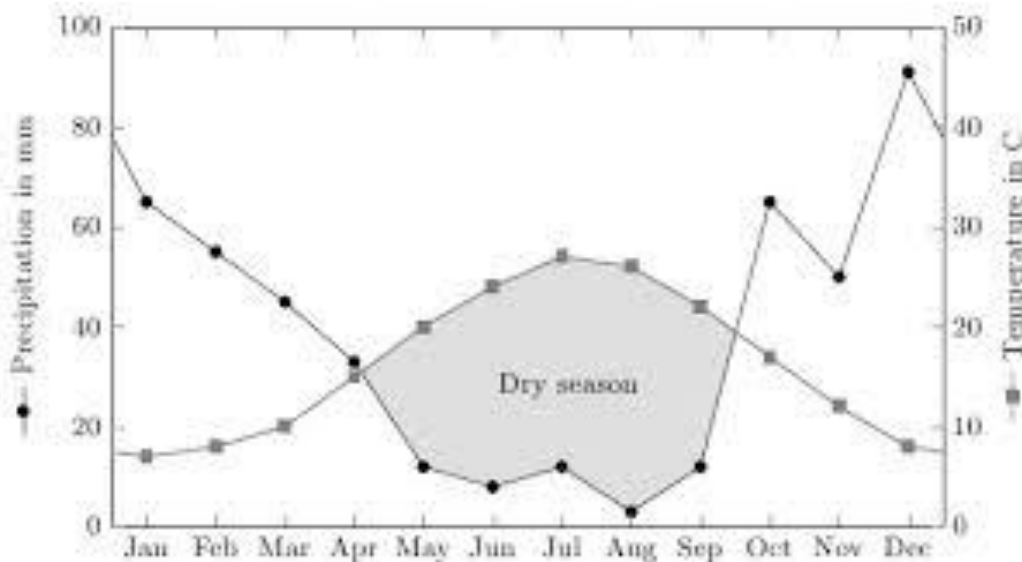
2.3.2 Κλιματική κατάταξη κατά UNESCO - FAO

Σημαντική όμως είναι και η διάρκεια της ξηρής περιόδου εκτός από τον βαθμό ξηρότητας του κλίματος μιας περιοχής. Ο χαρακτήρας του βιοκλίματος κατά UNESCO – FAO ορίζεται με βάση το ομβροθερμικό διάγραμμα Gaussen & Bagnouls (1957) και τον ξηροθερμικό δείκτη.

2.3.2.1 Ομβροθερμικό διάγραμμα Gaussen & Bagnouls

Οι Gaussen & Bagnouls (1957) απεικονίζουν γραφικά το κλίμα της περιοχής με το ομβροθερμικό διάγραμμα. Το διάγραμμα καταρτίζεται σύμφωνα με την πορεία, μήνα προς μήνα, της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας T σε $^{\circ}\text{C}$ και του μέσου μηνιαίου ύψους βροχής P σε mm με κλίμακα όμως θερμοκρασιών διπλάσια της βροχόπτωσης $P=2T$.

Τα σημεία όπου οι καμπύλες θερμοκρασίας και βροχόπτωσης τέμνονται παριστάνουν μια συνθήκη όπου η ποσότητα νερού που χάνεται είναι σχεδόν ίση με την ποσότητα του νερού που κερδίζεται μέσω της βροχόπτωσης. Αν δηλαδή οι βροχοπτώσεις θεωρηθούν ως κέρδος στο υδατικό ισοζύγιο, τότε οι θερμοκρασίες εμμέσως εκφράζουν τις απώλειες από την εξάτμιση και τη διαπνοή.



Σχήμα 2: Ομβροθερμικό διάγραμμα Bagnouls & Gaussen

Η επιφάνεια που περικλείεται από τις δύο καμπύλες μεταξύ των δύο σημείων των τομών ($P=2T$) δείχνει τη διάρκεια και την ένταση της ξηράς περιόδου. Ένας μήνας χαρακτηρίζεται ως ξηρός, όταν το σύνολο των κατακρημνίσεων του μήνα αυτού είναι ίσο ή μικρότερο από το διπλάσιο της μέσης θερμοκρασίας του ($P_{\text{mm}} \leq 2T$ $^{\circ}\text{C}$) (Gaussen & Bagnouls, 1957).

Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν γίνεται απότομη μετάβαση από ένα υγρό μήνα σε ένα ξηρό και αντίστροφα. Η μετάβαση γίνεται με ένα μήνα που χαρακτηρίζεται ως υπόξηρος και καθορίζεται όταν οι βροχοπτώσεις είναι μεγαλύτερες από το διπλάσιο της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας αλλά μικρότερες από το τριπλάσιό της (Gaussen & Bagnouls, 1957):

$$2T(^{\circ}\text{C}) < P(\text{mm}) < 3T(^{\circ}\text{C})$$

Οι υπόξηροι μήνες παρουσιάζονται κυρίως, στις περιοχές όπου το κλίμα είναι μεταβατικό από το μεσογειακό προς άλλα εύκρατα "αξηρικά" κλίματα(Gaussen & Bagnouls, 1957). Οι μήνες που χαρακτηρίζονται από τα ομβροθερμικά διαγράμματα ως ξηροί, δεν παρουσιάζουν πάντοτε την ίδια ένταση ξηρασίας μεταξύ τους (Gaussen & Bagnouls, 1957). Ακριβώς γι' αυτό καθορίστηκε ο "ξηροθερμικός δείκτης" για κάθε μήνα της ξηράς περιόδου, δηλαδή ο δείκτης ξηρασίας σε σχέση με τη θερμότητα. Ο μηνιαίος αυτός δείκτης X_m χαρακτηρίζει την ένταση της ξηρασίας του ξηρού μήνα και ορίζεται ως ο αριθμός των ημερών του μήνα αυτού που θεωρούνται ως ξηρές από βιολογικής άποψης.

2.3.2.2 Ξηροθερμικός δείκτης X_m

Ο ξηροθερμικός δείκτης X_m ορίζεται ως το άθροισμα των βιολογικά ξηρών ημερών των μηνών της ξηράς περιόδου (από τον Μάιο μέχρι και τον Σεπτέμβριο) και υπολογίζεται εμπειρικά ως εξής:

$$X_m = (J_m - (J_p + J_{r,b} / 2))f_h \quad (2.6)$$

Όπου :

X_m : μηνιαίος ξηροθερμικός δείκτης,

J_m : συνολικός αριθμός ημερών του μήνα (30 ή 31),

J_p : ημέρες βροχής του μήνα,

$J_{r,b}$: ημέρες δρόσου ή ομίχλης του μήνα (μία ημέρα δρόσου ή ομίχλης θεωρείται ως μισή μέρα βροχής),

f_h : συντελεστής σχετικής υγρασίας του μήνα, όπου για σχετική υγρασία (H%):

40% < H < 60%, τότε ο fh=0,9

60% < H < 80%, fh=0,8

80% < H < 90%, fh=0,7

H > 90%, fh=0,6

Δηλαδή όταν η σχετική υγρασία περιλαμβάνεται μεταξύ 40% και 60%, η χωρίς βροχή ημέρα του ξηρού μήνα υπολογίζεται ως 9/10 ξηρά, όταν η σχετική υγρασία είναι μεταξύ 60% και 80%, ως 8/10 ξηρά και ούτω καθεξής. Ο ξηροθερμικός δείκτης της ξηράς περιόδου x είναι το άθροισμα των ξηροθερμικών δεικτών ΣΧm των ξηρών μηνών της ξηράς περιόδου.

2.4 Δείκτες ηπειρωτικότητας

2.4.1 Δείκτης ηπειρωτικότητας Kerner

Ο δείκτης ηπειρωτικότητας του Kerner βασίζεται στον ισχυρισμό ότι στο θαλάσσιο κλίμα οι ανοιξιάτικοι μήνες έχουν χαμηλότερες θερμοκρασίες από τους χειμερινούς (Gavilan, 2005) και υπολογίζεται με βάση τη σχέση :

$$\kappa = 100 * (T_o - T_a) / E\Theta E \quad (2.7)$$

όπου :

T_o, η μέση θερμοκρασία Οκτωβρίου

T_a, η μέση θερμοκρασία Απριλίου και

EΘE, το ετήσιο Θερμοκρασιακό Εύρος, δηλαδή η διαφορά μεταξύ της μέσης θερμοκρασίας του θερμότερου και ψυχρότερου μήνα

για μικρές ή αρνητικές τιμές του κ, το κλίμα χαρακτηρίζεται ηπειρωτικό

για μεγάλες τιμές του κ, το κλίμα χαρακτηρίζεται θαλάσσιο (Ζαμβάκας, 1992)

2.4.2 Δείκτης ηπειρωτικότητας Johansson

Ο δείκτης ηπειρωτικότητας του Johansson υπολογίζεται με βάση τη σχέση (Φλόκας, 1994, Χρονοπούλου - Σερέλη, 1996.) :

$$\kappa = 17 * \text{ΕΘΕ} / \eta\mu\phi - 20.4 \quad (2.8)$$

όπου :

ϕ , το γεωγραφικό πλάτος σε μοίρες (°)

ΕΘΕ, το ετήσιο Θερμοκρασιακό Εύρος, δηλαδή η διαφορά μεταξύ της μέσης θερμοκρασίας του θερμότερου και ψυχρότερου μήνα

για τιμές του κ ,

$0 < \kappa < 33$ το κλίμα χαρακτηρίζεται θαλάσσιο

$34 < \kappa < 66$ το κλίμα χαρακτηρίζεται ηπειρωτικό

$67 < \kappa < 100$ το κλίμα χαρακτηρίζεται εξαιρετικά ηπειρωτικό

Υπάρχουν και άλλες μέθοδοι για τον προσδιορισμό του δείκτη ηπειρωτικότητας μιας περιοχής, ο δείκτης Johansson όμως βρίσκει εφαρμογή σε περισσότερες περιπτώσεις (Kumari & Lal, 2010), (Sjogersten & Wookey, 2004).

2.5 Παράμετροι κατάταξης Korpen

Η εργασία του Γερμανού κλιματολόγου W. Korpen (1918) είναι ένα από τα βασικότερα παραδείγματα κλιματικής κατάταξης βασισμένης στη στατιστική ανάλυση της επίδρασης του κλίματος σε ποικίλους παράγοντες, όπως το θερμοκρασιακό και βροχομετρικό καθεστώς της περιοχής, τη βλάστηση, την ανθρώπινη αντίδραση κ.α. Οι παράμετροι κατάταξης Korpen βασίζονται στον υπολογισμό των ακόλουθων τιμών (Μαμάσης & Μιμίκου, 2006):

Μέσες ετήσιες τιμές

R: κατακρήμνιση σε χιλιοστά (mm)

T: θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$)

Μέσες εξαμηνιαίες τιμές

R6ψ: μέσο ύψος κατακρήμνισης του ψυχρού εξαμήνου σε χιλιοστά (mm)

R6θ: μέσο ύψος κατακρήμνισης του θερμού εξαμήνου σε χιλιοστά (mm)

Μέσες μηνιαίες τιμές

Tψ : θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα σε βαθμούς Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$)

Tθ : θερμοκρασία του θερμότερου μήνα σε βαθμούς Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$)

Tμ : θερμοκρασία ενός μήνα σε βαθμούς Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$)

Rξ: ύψος κατακρήμνισης του ξηρότερου μήνα σε χιλιοστά (mm)

Rυ: ύψος κατακρήμνισης του υγρότερου μήνα σε χιλιοστά (mm)

Rξθ: ύψος κατακρήμνισης του ξηρότερου μήνα του θερμού εξαμήνου σε χιλιοστά (mm)

Rυθ: ύψος κατακρήμνισης του υγρότερου μήνα του θερμού εξαμήνου σε χιλιοστά (mm)

Rξψ: ύψος κατακρήμνισης του ξηρότερου μήνα του ψυχρού εξαμήνου σε χιλιοστά (mm)

Rυξ: ύψος κατακρήμνισης του υγρότερου μήνα του ψυχρού εξαμήνου σε χιλιοστά (mm)

Στηριζόμενοι στις παραπάνω παραμέτρους και στα παράγωγά τους προκύπτουν οι κλιματικοί τύποι κατά Koppen.

2.5.1 Τύπος Α : Υγρό τροπικό (Humid tropical)

Κριτήριο : $T\psi > 18^{\circ}\text{C}$

Γενική περιγραφή : Το υγρό τροπικό κλίμα επικρατεί στις περιοχές βόρεια και νότια του Ισημερινού μέχρι τα γεωγραφικά πλάτη 15° - 25° . Χαρακτηρίζεται από υψηλές θερμοκρασίες όλες τις εποχές και άφθονη βροχόπτωση ($R > 1500$ mm). Στις συνθήκες αυτές ευνοείται η έντονη βλάστηση και αναπτύσσονται τροπικά δάση που περιλαμβάνουν πολλά είδη φυτών

προσαρμοσμένων στη μεταβλητή (ανάλογα με το ύψος βλάστησης) εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία. Τα τροπικά δάση υπάρχουν κυρίως στις λεκάνες των ποταμών Αμαζονίου και Κονγκό και στη ζώνη από τη Σουμάτρα μέχρι τη Νέα Γουινέα.

Υποκατηγορίες :

f: Υγρό τροπικό (Tropical wet)

Κριτήριο: $R_{\xi} \geq 60 \text{ mm}$

w: Υγρό και ξηρό-Σαβάννα (Tropical wet and dry-savanna)

Κριτήριο: $R_{\xi} < 10 - R/250$

m: Τροπικό Μουσσονικό (Tropical monsoon)

Κριτήριο: $10 - R/250 \leq R_{\xi} < 60 \text{ mm}$

Ο τύπος Af χαρακτηρίζεται από $EΘE < 3^{\circ}C$ αφού το ύψος του ηλίου και οι ώρες ηλιοφάνειας είναι σταθερές όλο το έτος. Ο καιρός είναι μονότονος και αποπνικτικός με περίπου ίδια θερμοκρασία κάθε ημέρα. Σχεδόν κάθε απόγευμα νέφη τύπου Cumulus προκαλούν τοπικές ισχυρές και μικρές σε διάρκεια βροχοπτώσεις. Το βράδυ ο ουρανός είναι καθαρός και η ψύξη του εδάφους προκαλεί δρόσο και ομίχλη. Η υψηλή υγρασία και νέφωση διατηρεί τις μέγιστες θερμοκρασίες σε χαμηλά επίπεδα σε σχέση με αυτές των μεσαίων πλατών. Συνήθως $R > 1500 \text{ mm}$ ενώ στις προσήνεμες περιοχές είναι δυνατόν $R > 4000 \text{ mm}$.

Ο τύπος Aw επικρατεί στις περιοχές που βρίσκονται στα όρια του τύπου Af και προς τους πόλους. Εκεί η ετήσια βροχόπτωση μειώνεται και επικρατεί μια διαχωρισμένη ξηρή περίοδος το χειμώνα (όταν οι περιοχές αυτές είναι κάτω από την επίδραση των υποτροπικών αντικυκλώνων). Αν και $R > 1000 \text{ mm}$, η ξηρή περίοδος διαρκεί περισσότερο από δύο μήνες ($R_{\xi} < 60 \text{ mm}$). Επειδή το τροπικό δάσος απαιτεί βροχόπτωση όλο το έτος, επικρατεί υψηλό σκληρό χορτάρι Σαβάννας με διασκορπισμένα, χαμηλά φυλλοβόλα δένδρα, ανθεκτικά σε αυτή την ολιγόμηνη 'ξηρασία'. Το καλοκαίρι η ITCZ κινείται προς τους πόλους, και φέρνει ισχυρές βροχοπτώσεις με την μορφή θερινών καταιγίδων. Ακόμη η βροχή ενισχύεται και από το πέρασμα ασθενών υφέσεων. Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι μικρότερη από αυτή του τύπου Af και παρουσιάζει μεγαλύτερη διασπορά.

Ο τύπος Am επικρατεί στη Νοτιοανατολική Ασία, Ινδία, Νοτιοανατολική και Νότια Αμερική. Χαρακτηρίζεται από μικρή ξηρή περίοδο ($R_{ξ} < 60\text{mm}$) αλλά $R > 1500\text{mm}$ και έτσι διατηρούνται τα τροπικά δάση. Η υπερβολική βροχόπτωση στη διάρκεια μερικών μηνών συνδέεται με τη δράση των μουσώνων.

2.5.2 Τύπος Β : Ξηρό (Dry)

Κριτήριο : $R < R_1$, όπου $R_1 = 20 \cdot T + 280$ αν $R_{6\theta} > 0.70 \cdot R$ (ξηρός χειμώνας)

$R_1 = 20 \cdot T$ αν $R_{6\psi} > 0.70 \cdot R$ (ξηρό καλοκαίρι)

$R_1 = 20 \cdot T + 140$ αν υπάρχει ισοκατανομή κατακρήμνισης

Γενική περιγραφή : Το ξηρό κλίμα επικρατεί στις περιοχές μεταξύ των γεωγραφικών πλατών 15° - 25° όπου επικρατούν οι αντικυκλώνες, στις ηπειρωτικές περιοχές των μεσαίων πλατών που είναι μακριά από πηγές υγρασίας και στις υπήνεμες πλευρές μεγάλων οροσειρών λόγω της ομβροσκιάς. Χαρακτηρίζεται από μικρή βροχόπτωση με μεγάλη μεταβλητότητα.

Υποκατηγορίες :

Τύποι δεύτερης κατηγορίας

S: Υμιάνυδρο - στέπας (Semiarid-steppe)

Κριτήριο: $R_1/2 < R < R_1$

W: Άνυδρο-ερήμου (Arid-desert)

Κριτήριο: $R < R_1/2$

Τύποι τρίτης κατηγορίας

h: Θερμό και ξηρό (Hot and dry)

Κριτήριο: $T > 18^\circ\text{C}$

k: Δροσερό και ξηρό (Cool and dry)

Κριτήριο: $T < 18^\circ\text{C}$

Τα κριτήρια κατάταξης του ξηρού κλίματος στηρίζονται εκτός από τη βροχή και στη θερμοκρασία. Έτσι 350 mm ετήσιας βροχής σε ένα ζεστό κλίμα θα υποστηρίξουν αραιή βλάστηση αλλά σε ψυχρό κλίμα (π.χ στον Καναδά) ένα δάσος κωνοφόρων. Ακόμη μια περιοχή με μικρή βροχή κατατάσσεται ως ξηρή αν η περισσότερη βροχή πραγματοποιείται την θερμή περίοδο όπου η εξάτμιση είναι μεγαλύτερη. Η βροχή στα ξηρά κλίματα είναι μικρή και ακανόνιστη.

Για παράδειγμα σε σταθμό με μέση ετήσια βροχή 50 mm είναι δυνατόν να μην πραγματοποιηθεί βροχή για 2 χρόνια και σε μια ξαφνική νεροποντή να πέσουν 100 mm. Η βλάστηση αν και μικρή εξαρτάται από την ακανόνιστη βροχή (λίγες έρημοι δεν έχουν καθόλου βλάστηση). Επικρατούν τα ξηρόφυτα, ποικίλες μορφές κάκτων και φυτών που αναπτύσσονται και ζουν μόνο κατά την περίοδο των βροχών.

Ο τύπος BW επικρατεί στο 12% των ηπειρωτικών περιοχών της γης και συγκεκριμένα στην Δυτική ακτή της Νότιας Αμερικής και της Αφρικής, στο εσωτερικό της Αυστραλίας, από την βορειοδυτική Αφρική μέχρι την κεντρική Ασία και από το Βόρειο Μεξικό μέχρι τις Νότιες ΗΠΑ. Η βροχή είναι ακανόνιστη και πραγματοποιείται με τη μορφή απογευματινών θερινών καταιγίδων.

Ο τύπος BWh εμφανίζεται στις έρημους των χαμηλών πλατών όπου η έντονη ηλιακή ακτινοβολία αναπτύσσει μεγάλη θερμοκρασία στο κατάξερο έδαφος. Οι θερμοκρασίες αέρα είναι μεγαλύτερες από οπουδήποτε αλλού και το χειμώνα η μέγιστη θερμοκρασία μπορεί να φτάσει τους 50°C. Η σχετική υγρασία είναι 5-25% και αυτό επιτρέπει την γρήγορη ψύξη του εδάφους τις βραδινές ώρες. Υπάρχει μεγάλο ΕΘΕ και το χειμώνα οι ελάχιστες θερμοκρασίες μπορεί να είναι μικρότερες από 0°C.

Ο τύπος BWk επικρατεί σε περιοχές των μεσαίων πλατών όπου οι μέσες ετήσιες θερμοκρασίες είναι μικρότερες από την προηγούμενη κατηγορία. Τα καλοκαίρια είναι θερμά και οι απογευματινές θερμοκρασίες φτάνουν τους 40°C. Οι χειμώνες είναι πολύ ψυχροί και οι ελάχιστες θερμοκρασίες πέφτουν και από τους -35°C. Πολλές από αυτές τις έρημους είναι στην ομβροσκία μεγάλων οροσειρών (Σιέρρα Νεβάδα, Ιμαλία, Άνδεις). Η ισχνή βροχή προέρχεται από θερινές καταιγίδες ή από χειμερινούς σποραδικούς κυκλώνες.

Ο τύπος BS επικρατεί γύρω από τα όρια των άνυδρων εκτάσεων όπου το κλίμα σταδιακά αλλάζει σε ημιάνυδρο. Οι περιοχές αυτές περιλαμβάνουν στέπες που συνήθως η βλάστησή

τους αποτελείται από κοντό χορτάρι, διασκορπισμένους θάμνους και μικρά δένδρα. Οι βόρειες περιοχές έχουν χαμηλότερες θερμοκρασίες και συχνότερες χιονοπτώσεις και η μέση ετήσια βροχή είναι μεταξύ 200 και 400 mm. Βορειότερα η βροχή αυξάνει και έτσι οι ημιάνυδρες περιοχές είναι αυτές που διαχωρίζουν τις ξηρές από τις υγρές περιοχές.

2.5.3 Τύπος C : Υγρό με ήπιους χειμώνες (Moist with mild winters)

Κριτήριο : $T_{\theta} > 10^{\circ}\text{C}$ και $-3^{\circ}\text{C} < T_{\psi} < 18^{\circ}\text{C}$

Γενική περιγραφή : Το υγρό κλίμα με ήπιους χειμώνες επικρατεί στις ανατολικές και δυτικές περιοχές των ηπείρων μεταξύ των γεωγραφικών πλατών 25° - 40° . Χαρακτηρίζεται από ήπιους χειμώνες και αρκετή βροχή (ώστε να μην κατατάσσεται ως ξηρό), ενώ η θερμή και η ψυχρή περίοδος είναι διαχωρισμένες.

Υποκατηγορίες :

Τύποι δεύτερης κατηγορίας

w: Ξηρός χειμώνας (Dry winter)

Κριτήριο: $R_{\xi\psi} < R_{\nu\theta} / 10$

s: Ξηρό καλοκαίρι (dry summer)

Κριτήρια: $R_{\xi\theta} < 40 \text{ mm}$ και $R_{\xi\theta} < R_{\nu\psi} / 3$

f: Υγρό όλο το χρόνο (wet all seasons)

Κριτήριο: Δεν ισχύουν τα προηγούμενα

Τύποι τρίτης κατηγορίας

a: Μεγάλο και θερμό καλοκαίρι (summer long and hot)

Κριτήρια: $T_{\theta} > 22^{\circ}\text{C}$ και $T_{\mu} > 10^{\circ}\text{C}$ για 4 τουλάχιστον μήνες

b: Μεγάλο και δροσερό καλοκαίρι (summer long and cool)

Κριτήρια: $T_{\theta} < 22^{\circ}\text{C}$ και $T_{\mu} > 10^{\circ}\text{C}$ για 4 τουλάχιστον μήνες

c: Μικρό και δροσερό καλοκαίρι (summers short and cool)

Κριτήρια: $T_{\theta} < 22^{\circ}\text{C}$ και $T_{\mu} > 10^{\circ}\text{C}$ για 1-3 μήνες

Ο τύπος Cfa εμφανίζεται στις ανατολικές ακτές των ηπείρων μεταξύ των πλατών 25° - 40° και συγκεκριμένα στις Νοτιοανατολικές ΗΠΑ, Ανατολική Κίνα, Νότια Ιαπωνία, Νοτιοανατολική και Νότια Αμερική και στις Νοτιοανατολικές ακτές της Αφρικής και της Αυστραλίας. Χαρακτηρίζεται από θερμό και υγρό καλοκαίρι με υψηλές θερμοκρασίες δρόσου ακόμη και μέσα στην ημέρα. Η υψηλή θερμοκρασία συνδυασμένη με την υψηλή υγρασία παράγει αποπνικτικές συνθήκες όπως στους τροπικούς. Οι χειμώνες είναι ήπιοι και στα χαμηλότερα πλάτη η θερμοκρασία δεν πέφτει συχνά κάτω από τους 0°C . Στα βορειότερα πλάτη οι χειμώνες είναι ψυχρότεροι και παρουσιάζονται σποραδικές χιονοπτώσεις. Ο καιρός είναι μεταβλητός αφού σε σχεδόν καλοκαιρινές συνθήκες διέρχονται κυκλώνες μεσαίων πλατών. Η βροχόπτωση (μεταξύ 800mm και 1.650 mm) είναι κατανομημένη σε όλο το έτος ενώ η περισσότερη θερινή βροχή πέφτει το απόγευμα σαν καταιγίδα.

Ο τύπος Cfb αντιπροσωπεύει το θαλάσσιο κλίμα που χαρακτηρίζεται από χαμηλά σύννεφα, ομίχλη και ψιλή βροχή όλο το χρόνο που συνδέεται με τις υγρές θαλάσσιες αέριες μάζες.

Ο τύπος Cfc χαρακτηρίζεται από σύντομα και δροσερά καλοκαίρια.

Ο τύπος Cs αντιπροσωπεύει το Μεσογειακό κλίμα που χαρακτηρίζεται από ήπιους υγρούς χειμώνες και ήπια, ζεστά και ξηρά καλοκαίρια λόγω της επιρροής των υποτροπικών αντικυκλώνων. Η ετήσια βροχή κυμαίνεται μεταξύ 300-900 mm αλλά μπορεί και να είναι περισσότερη στα γύρω υψώματα.

Ο τύπος Csa παρουσιάζεται στις ηπειρωτικές περιοχές και χαρακτηρίζεται από τα ζεστά καλοκαίρια και χειμώνες ψυχρότερους από τις παράκτιες περιοχές.

Ο τύπος Csb εμφανίζεται στις παράκτιες περιοχές με συχνά χαμηλά σύννεφα, ομίχλη και δροσερό καλοκαίρι.

Ο τύπος Cw χαρακτηρίζεται από μουσωνικό καθεστώς (ξηρός χειμώνας-υγρό καλοκαίρι).

2.5.4 Τύπος D : Υγρό με ψυχρούς χειμώνες (Moist with cold winters)

Κριτήριο : $T_{\theta} > 10^{\circ}\text{C}$ και $T_{\psi} < -3^{\circ}\text{C}$

Γενική περιγραφή : Το υγρό κλίμα με ψυχρούς χειμώνες παρουσιάζεται μόνο στο Βόρειο Ημισφαίριο (σχετίζεται άμεσα με τις ηπειρωτικές αέριες μάζες), βορειότερα των περιοχών που χαρακτηρίζονται από τον κλιματικό τύπο C και μεταξύ των γεωγραφικών πλατών 40°-70°. Χαρακτηρίζεται από θερμά έως δροσερά καλοκαίρια και κρύους εκτεταμένους χειμώνες, με χιονοπτώσεις και δυνατούς ανέμους.

Υποκατηγορίες :

Τύποι δεύτερης κατηγορίας (οι ίδιοι με της κατηγορίας C)

w (ξηρός χειμώνας), s (ξηρό καλοκαίρι) και f (υγρό όλο το χρόνο)

Τύποι τρίτης κατηγορίας(περιλαμβάνονται οι τρεις της κατηγορίας C)

a (μεγάλο και θερμό καλοκαίρι), b (μεγάλο και δροσερό καλοκαίρι), c (μικρό και δροσερό καλοκαίρι)

d: Δριμείς χειμώνες και δροσερά καλοκαίρια (summers cool, winters severe)

Κριτήριο: $T_{\psi} < -38^{\circ}\text{C}$

Οι τύποι Dfa και Dfb εμφανίζονται μεταξύ των πλατών 40°-50° (60° στην Ευρώπη). Η βροχόπτωση είναι αρκετή (μεταξύ 500-1.000 mm) και κατανεμημένη στο έτος. Η βλάστηση των υγρότερων περιοχών περιλαμβάνει δάση από έλατα, πεύκα και βαλανιδιές.

Ο τύπος Dfa χαρακτηρίζεται από ζεστά και υγρά καλοκαίρια, ενώ η χωρίς πάγο εποχή διαρκεί 5-6 μήνες με αποτέλεσμα να φύεται ποικιλία φυτών. Οι χειμώνες είναι κρύοι με χιόνι και άνεμο.

Ο τύπος Dfb επικρατεί βορειότερα με τα καλοκαίρια να είναι μικρότερα, ψυχρότερα και ξηρότερα. Η εποχή χωρίς πάγο διαρκεί 3-5 μήνες. Οι χειμώνες είναι κρύοι με χιόνι και άνεμο και δεν είναι σπάνιο η θερμοκρασία να πέσει κάτω από -30°C ή να μείνει κάτω από -18°C για εβδομάδες. Ακόμη, ο τύπος αυτός χαρακτηρίζεται από μεγάλο ΕΘΕ.

Ο τύπος Dfc συναντάται στις περιοχές από τις οποίες προέρχονται οι πολικές αέριες μάζες (Καναδάς, Αλάσκα, Νορβηγία, Σιβηρία). Χαρακτηρίζεται από εκτεταμένους χειμώνες και μικρά και δροσερά καλοκαίρια. Μόνο για 1-3 μήνες η θερμοκρασία περνάει τους 10°C . Η

ετήσια βροχόπτωση είναι μικρή (<500 mm) ιδιαίτερα στις ηπειρωτικές περιοχές και ένα μεγάλο ποσοστό προέρχεται από τις θερινές υφέσεις. Η χιονόπτωση δεν είναι μεγάλη αλλά οι χαμηλές θερμοκρασίες έχουν αποτέλεσμα να υπάρχει χιονοκάλυψη πολλούς μήνες. Οι χαμηλές θερμοκρασίες προκαλούν μικρή εξάτμιση και έτσι υπάρχει αρκετή υγρασία για να επιβιώσουν τα δάση των κωνοφόρων (taiga).

2.5.5 Τύπος E : Πολικό (Polar)

Κριτήριο : $T_{\theta} < 10^{\circ}\text{C}$

Γενική περιγραφή : Το πολικό κλίμα επικρατεί στις Βόρειες ακτές της Αμερικής και της Ευρασίας, στην Γροιλανδία και στην Ανταρκτική. Χαρακτηρίζεται από χαμηλές θερμοκρασίες όλο τον χρόνο.

Υποκατηγορίες :

T: Τούντρα (Tundra)

Κριτήριο: $0^{\circ}\text{C} < T_{\theta} < 10^{\circ}\text{C}$

F: Παγοκάλυψη (Ice cap)

Κριτήριο: $T_{\theta} < 0^{\circ}\text{C}$

Ο τύπος ET χαρακτηρίζεται από έδαφος που είναι μόνιμα παγωμένο, ενώ το καλοκαίρι όπου ο θερμός καιρός λειώνει τον πάγο που υπάρχει στο ανώτερο εδαφικό στρώμα, η τούνδρα γίνεται βαλτώδης και λασπώδης. Η μέση ετήσια βροχή είναι μικρή (<200mm) και σε χαμηλότερα πλάτη το κλίμα θα χαρακτηριζόταν ξηρό, αλλά η πολύ μικρή εξάτμιση έχει αποτέλεσμα να υπάρχει αρκετή υγρασία στην ατμόσφαιρα. Παρά το γεγονός ότι στις περιοχές αυτές το καλοκαίρι υπάρχει μεγάλη ηλιοφάνεια, η γωνία του ηλίου και η ανακλαστικότητα του εδάφους έχουν αποτέλεσμα τα πολύ δροσερά καλοκαίρια. Το ΕΘΕ είναι μεγάλο.

Ο τύπος EF εμφανίζεται στο εσωτερικό της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής όπου οι περιοχές είναι μόνιμα καλυμμένες από χιόνι και πάγο πάχους εκατοντάδων μέτρων και η ανάπτυξη φυτών είναι αδύνατη. Η θερμοκρασία ποτέ δεν ξεπερνάει τους 0°C , ακόμη και το καλοκαίρι. Στον τύπο αυτό συναντώνται τα ψυχρότερα μέρη του κόσμου. Η μέση ετήσια

κατακρήμιση είναι πολύ μικρή (<100 mm) και η περισσότερη πέφτει σαν χιόνι κατά τη θερμή περίοδο.

Ο τύπος Η χαρακτηρίζει το πολικό κλίμα που συναντάται στα μεγάλα υψόμετρα δεδομένου ότι η θερμοκρασία μειώνεται με το υψόμετρο. Έχει εκτιμηθεί ότι η μεταβολή στα κλιματικά χαρακτηριστικά για υψομετρική μετακίνηση κατά 330 μέτρα, ισοδυναμεί στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη με οριζόντια μετακίνηση 320 km (3^ο πλάτους).

2.5.6 Τύπος Η : Ορεινό (Highlands)

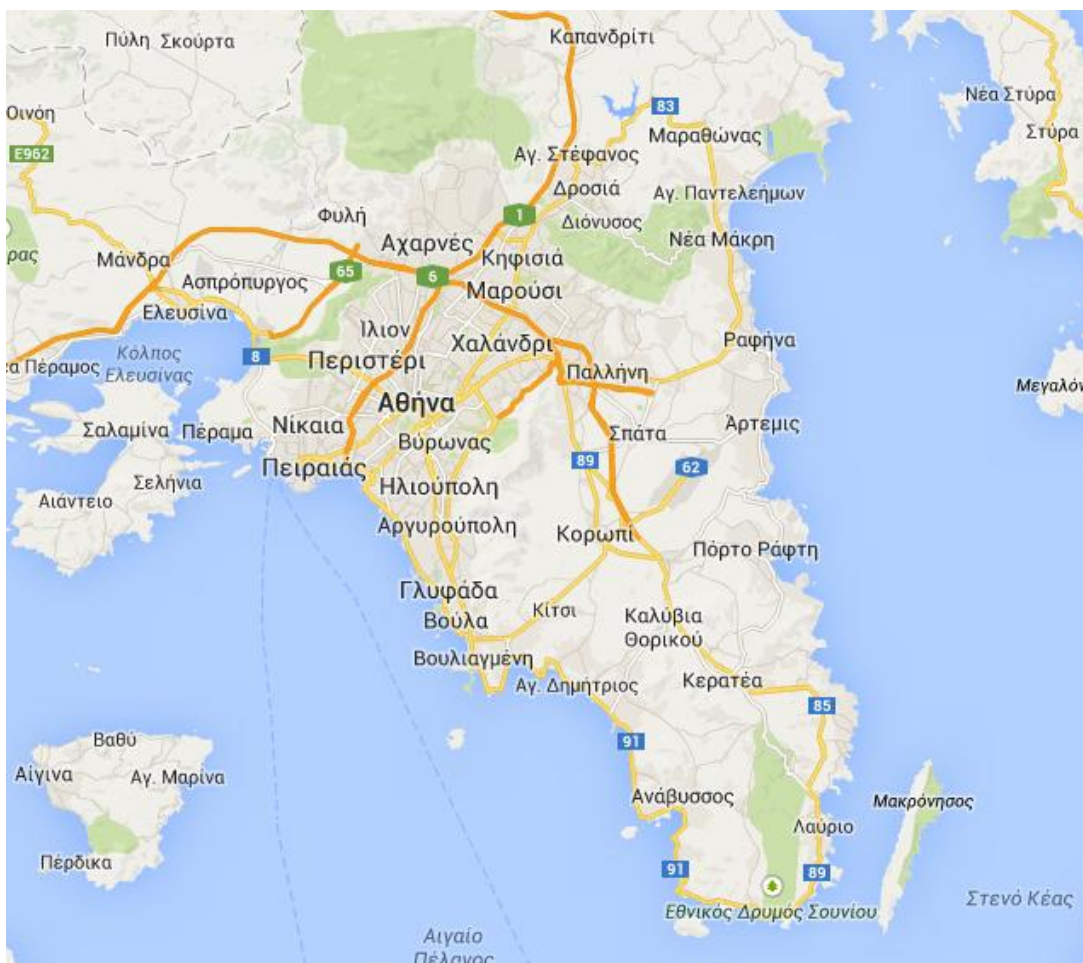
Κριτήριο : $T_{\theta} < 10^{\circ}\text{C}$

Γενική περιγραφή : Οι κλιματολόγοι μετά τον Koppen πρόσθεσαν και μια έκτη κατηγορία κλιμάτων που αποτελεί παραλλαγή της Ε (αφού έχει το ίδιο κριτήριο) και χαρακτηρίζει τα κλίματα με μεγάλο υψόμετρο (γενικά πάνω από τα 1500 m), ανεξάρτητα από το γεωγραφικό πλάτος.

3 Περιοχή Μελέτης

3.1: Η Αττική και το κλίμα της

Αποτελεί μία από τις ιστορικότερες περιοχές της Ελλάδας και όχι μόνο, όντας ένα από τα κέντρα του λαμπρού αρχαίου Ελληνικού πολιτισμού. Ο Νομός Αττικής είναι ο πιο πυκνοκατοικημένος νομός της Ελλάδος, εφόσον σε αυτόν ανήκουν η πρωτεύουσα Αθήνα και η πόλη του Πειραιά.. Χωρίζεται στη δυτική, βόρεια και ανατολική Αττική, τα νησιά του Σαρωνικού καθώς και την επαρχία Τροιζηνίας που βρίσκεται στην Πελοπόννησο. Το Λεκανοπέδιο Αττικής είναι πεδιάδα στο κέντρο της Αττικής στην οποία έχει αναπτυχθεί το πολεοδομικό συγκρότημα της Αθήνας και του Πειραιά, ενώ στα νότια βρέχεται από τον Σαρωνικό Κόλπο. Στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης συνολικής έκτασης περίπου 750 km². Η περιοχή ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής.



Σχήμα 3: Χάρτης περιοχής μελέτης

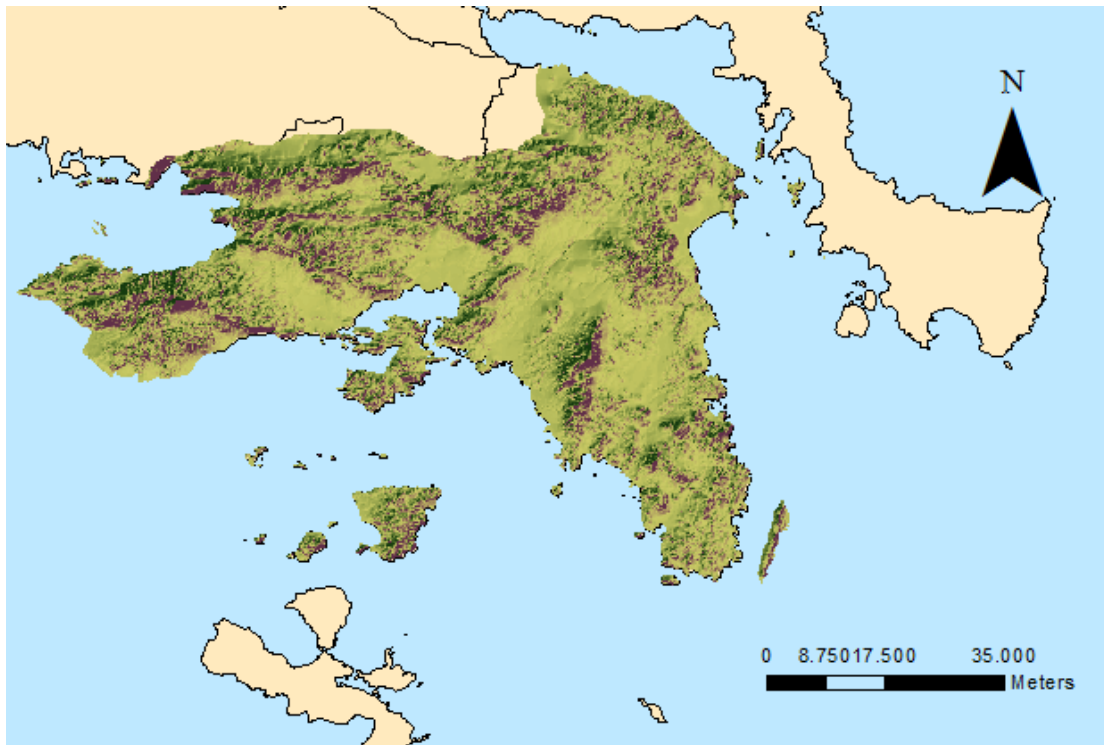
(Πηγή: <https://www.google.gr/maps/>)

Το κλίμα της Αττικής είναι μεσογειακό, με τις νοτιότερες περιοχές στα όρια του υποερημικού (Ahrens, 1999). Ήπιοι και υγροί χειμώνες, σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια και γενικά, μακρές περίοδοι ηλιοφάνειας κατά την μεγαλύτερη διάρκεια του έτους.

Από κλιματολογικής πλευράς το έτος μπορεί να χωριστεί κυρίως σε δύο εποχές: Την ψυχρή και βροχερή χειμερινή περίοδο που διαρκεί από τα μέσα του Οκτωβρίου και μέχρι το τέλος Μαρτίου και τη θερμή και άνομβρη εποχή που διαρκεί από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο (www.hnms.gr). Κατά την πρώτη περίοδο οι ψυχρότεροι μήνες είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος, όπου κατά μέσον όρο η μέση ελάχιστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 8-10⁰C.

Οι βροχές στην Αττική ακόμη και τη χειμερινή περίοδο δεν διαρκούν για πολύ και ο ουρανός της δεν μένει συννεφιασμένος για αρκετές συνεχόμενες ημέρες, όπως συμβαίνει σε άλλες περιοχές της γης (www.hnms.gr). Οι χειμερινές κακοκαιρίες διακόπτονται συχνά κατά τον Ιανουάριο και το πρώτο δεκαπενθήμερο του Φεβρουαρίου από ηλιόλουστες ημέρες, τις γνωστές από την αρχαιότητα “ Αλκυονίδες ημέρες” (www.hnms.gr).. Κατά τη θερμή και άνομβρη εποχή ο καιρός είναι σταθερός, ο ουρανός σχεδόν αίθριος, ο ήλιος λαμπερός και δεν βρέχει εκτός από σπάνια διαλείμματα με ραγδαίες βροχές ή καταιγίδες μικρής όμως διάρκειας(www.hnms.gr). Η θερμότερη περίοδος είναι το τελευταίο δεκαήμερο του Ιουλίου και το πρώτο του Αυγούστου οπότε η μέση μεγίστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 30⁰C μέχρι 34⁰C. Η Άνοιξη έχει μικρή διάρκεια , διότι ο μεν Χειμώνας είναι όψιμος, το δε καλοκαίρι αρχίζει πρώιμα. Το Φθινόπωρο είναι μακρύ και θερμό και πολλές φορές παρατείνεται στη Νότια Ελλάδα και μέχρι τα μισά του Δεκεμβρίου (www.hnms.gr).

Παρά ταύτα, το ποικίλο ανάγλυφο με πολλούς λόφους και πολλά ρέματα σε συνδυασμό με το γεγονός ότι φιλοξενεί σχεδόν τον μισό πληθυσμό της Ελλάδας και την οικιστική ανάπτυξη και ανθρώπινη δραστηριότητα που αυτό συνεπάγεται, έχουν σαν αποτέλεσμα η μελέτη του κλίματος στο νομό Αττικής να έχει αυξημένο ενδιαφέρον. Στην περιοχή περιλαμβάνονται τέσσερα βουνά με υψόμετρο πάνω από 1.000 m. Η Πάρνηθα με 1.413 m., ο Κιθαιρώνας με 1.401 m., η Πεντέλη με 1.108 m. και ο Υμηττός με 1.025 m., ενώ οι περισσότερες πεδινές εκτάσεις βρίσκονται στην παράκτια ζώνη. Ακολουθεί το Σχήμα 4, όπου αναπαρίσταται το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής μελέτης με τη μέθοδο της σκίασης (hillshade).



Σχήμα 4: Τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής μελέτης με τη μέθοδο της σκίασης (hillshade)

3.2 Ανάλυση δεδομένων περιοχής μελέτης

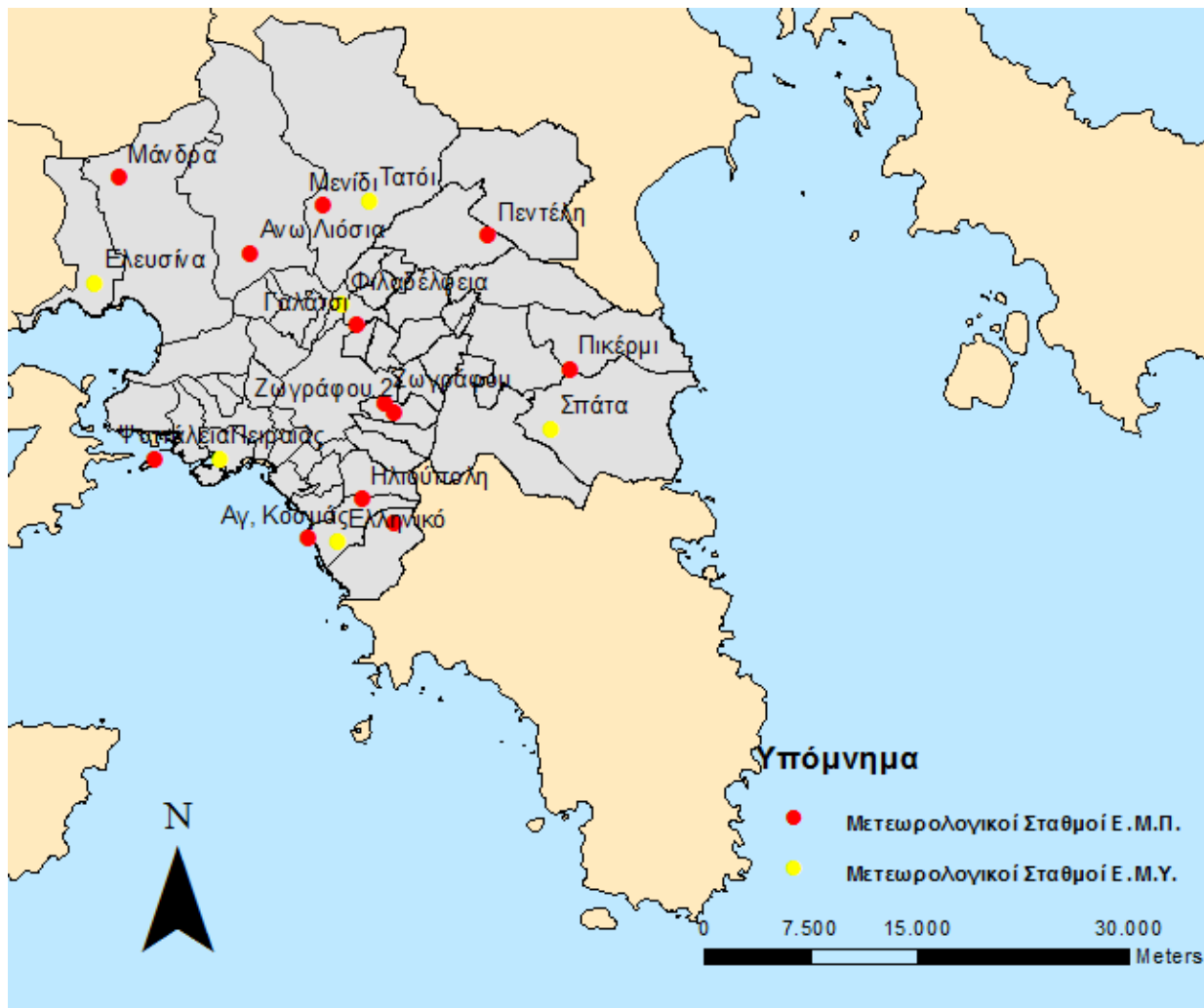
Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας συλλεχθήκαν υδρομετεωρολογικά δεδομένα (χρονοσειρές θερμοκρασίας αέρα και κατακρήμνισης) από 12 μετεωρολογικούς σταθμούς του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου Ε.Μ.Π και έξι μετεωρολογικούς σταθμούς της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας Ε.Μ.Υ. Όλοι οι Μετεωρολογικοί Σταθμοί βρίσκονται στο Ν. Αττικής. Στο Σχήμα 5 φαίνεται η χωρική κατανομή των Μετεωρολογικών Σταθμών στην Αττική. Ο αριθμός των ετών στον οποίο αναφέρονται τα δεδομένα που αναλύονται καθώς και οι γεωγραφικές θέσεις των σταθμών σε συντεταγμένες προβολικού συστήματος ΕΓΣΑ'87 παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

Το δίκτυο του Ε.Μ.Π. αναπτύχθηκε από το Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Περιλαμβάνει 12 αυτόματους τηλεμετρικούς μετεωρολογικούς σταθμούς, οι οποίοι φαίνονται στο Σχήμα 4 με κόκκινο χρώμα. Το δίκτυο είναι εγκατεστημένο ώστε να καλύπτει την ευρύτερη περιοχή του λεκανοπεδίου Αττικής. Λειτουργεί από το 2005 και σε κάθε σταθμό είναι εγκατεστημένοι αισθητήρες μέτρησης των σημαντικότερων υδρομετεωρολογικών παραμέτρων (βροχόπτωσης, θερμοκρασίας, υγρασίας, συνιστωσών του ανέμου κλπ) (Μαμάσης, Παπαθανασίου, Μιμίκου, 2008) . Η εγκατάσταση των σταθμών έγινε σύμφωνα με τις

προδιαγραφές του Διεθνούς Μετεωρολογικού Οργανισμού (WMO, 1983) (Μαμάσης, Παπαθανασίου, Μιμίκου, 2008).

Τα υπό μελέτη δεδομένα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας των Μετεωρολογικών Σταθμών του Ε.Μ.Π. προέρχονται από δεκάλεπτες χρονοσειρές μετρήσεων όπως ακριβώς καταγράφηκαν από τα όργανα μέτρησης και αποθηκεύονται σε βάση δεδομένων. Οι χρονοσειρές είναι προσβάσιμες από το διαδίκτυο, στο δικτυακό τόπο hoa.ntua.gr/. Οι περισσότεροι από τους μετεωρολογικούς σταθμούς του Ε.Μ.Π. ξεκίνησαν τη λειτουργία τους το 2005 με εξαίρεση τον σταθμό Άνω Λιοσίων και Πικερμίου που ξεκίνησε το 2006 και της Άνω Γλυφάδας που ξεκίνησε το 2012. Τις σύνθετες ανάγκες επεξεργασίας των δεδομένων κάλυψε το λογισμικό ΥΔΡΟΓΝΩΜΩΝ, έτσι υπολογίστηκαν οι χρονοσειρές θερμοκρασίας και βροχόπτωσης σε μηνιαία βάση. Ίσως τα δεδομένα επτά ετών να φαίνονται λίγα, με δεδομένο ότι ο καιρός υπάρχει πολύ περισσότερα χρόνια, ωστόσο, στην παρούσα μελέτη, μπορούν να δώσουν μία ικανοποιητική εικόνα.

Με κίτρινο χρώμα στο Σχήμα 4 συμβολίζονται οι μετεωρολογικοί σταθμοί που ανήκουν στην Ε.Μ.Υ. Από την Ε.Μ.Υ. δόθηκαν επεξεργασμένες χρονοσειρές κλιματολογικών δεδομένων που αφορούν τη δεκαετία 1950 έως και 2000 περίπου. Στα μετεωρολογικά δεδομένα των σταθμών της Ε.Μ.Υ. οι χρονοσειρές ήταν ήδη υπολογισμένες σε μηνιαία βάση.



Σχήμα 5: Μετεωρολογικοί Σταθμοί περιοχής μελέτης

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 3 τα έτη λειτουργίας των μετεωρολογικών σταθμών ποικίλουν και κυμαίνονται από 2 έως και 42 έτη. Με μιας τέτοιας τάξης απόκλιση είναι εύλογη η διαφορετική ποιότητα και αξιοπιστία των δεδομένων. Παρόλα αυτά, στην παρούσα εργασία, επιλέχθηκε να αξιοποιηθούν τα δεδομένα όλων των μετεωρολογικών σταθμών με την ίδια απόδοση βάρους παρατήρησης.

Πίνακας 3: Θέσεις εγκατάστασης και περίοδος λειτουργίας Μετεωρολογικών Σταθμών

Μετεωρολογικός Σταθμός	Συντεταγμένες ΕΓΣΑ '87		Υψόμετρο	Περίοδος αναφοράς μετεωρολογικών δεδομένων που επεξεργάστηκαν
	X (m)	Y (m)	Z (m)	
Αγ, Κοσμάς	475.060,31	4.193.690,01	5,00	25/2/2005-03/2014
Ανω Γλυφάδα	481.869,03	4.192.261,82	185,00	21/2/2012-03/2014
Ανω Λιόσια	470.967,74	4.213.918,14	184,00	20/2/2006-03/2014
Γαλάτσι	478.563,95	4.208.803,49	176,00	15/6/2005-03/2014
Ηλιούπολη	478.837,90	4.196.512,17	206,00	20/5/2005-03/2014
Μάνδρα	461.615,13	4.219.262,43	258,00	6/7/2005-03/2014
Μενίδι	476.079,59	4.217.304,74	248,00	25/2/2005-03/2014
Πεντέλη	487.812,68	4.215.149,93	729,00	8/11/2005-03/2014
Πικέρμι	493.583,15	4.205.666,35	133,00	21/12/2005-03/2014
Ψυττάλεια	464.231,00	4.199.302,32	20,00	25/2/2005-03/2014
Ζωγράφου	480.493,49	4.203.306,04	181,00	6/9/2001 - 03/2014
Ζωγράφου 2	481.211,94	4.202.651,62	219,00	1/2/2000 - 03/2014
Ελευσίνα	459.938,92	4.211.784,40	31,00	1958-2011
Ελληνικό	477.237,75	4.193.430,74	15,00	1958-2011
Φιλαδέλφεια	477.404,63	4.210.247,77	138,00	1955-2008
Πειραιάς	468.852,58	4.199.303,13	5,00	1956-2004
Σπάτα	492.263,59	4.201.455,64	68,00	1974-2004
Τατόι	479.441,64	4.217.634,19	235,00	1956-2011

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ανάλυση των χρονοσειρών ώστε να εξαχθούν οι μέσες μηνιαίες και μέσες ετήσιες τιμές θερμοκρασίας και βροχόπτωσης. Υπολογίστηκε ο αριθμητικός μέσος όρος όλων των ετών για κάθε μήνα του χρόνου και με τις τιμές αυτές υπολογίστηκαν οι ζητούμενοι κλιματικοί δείκτες είτε σε μηνιαίο είτε σε ετήσιο βήμα.

3.3 Διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα

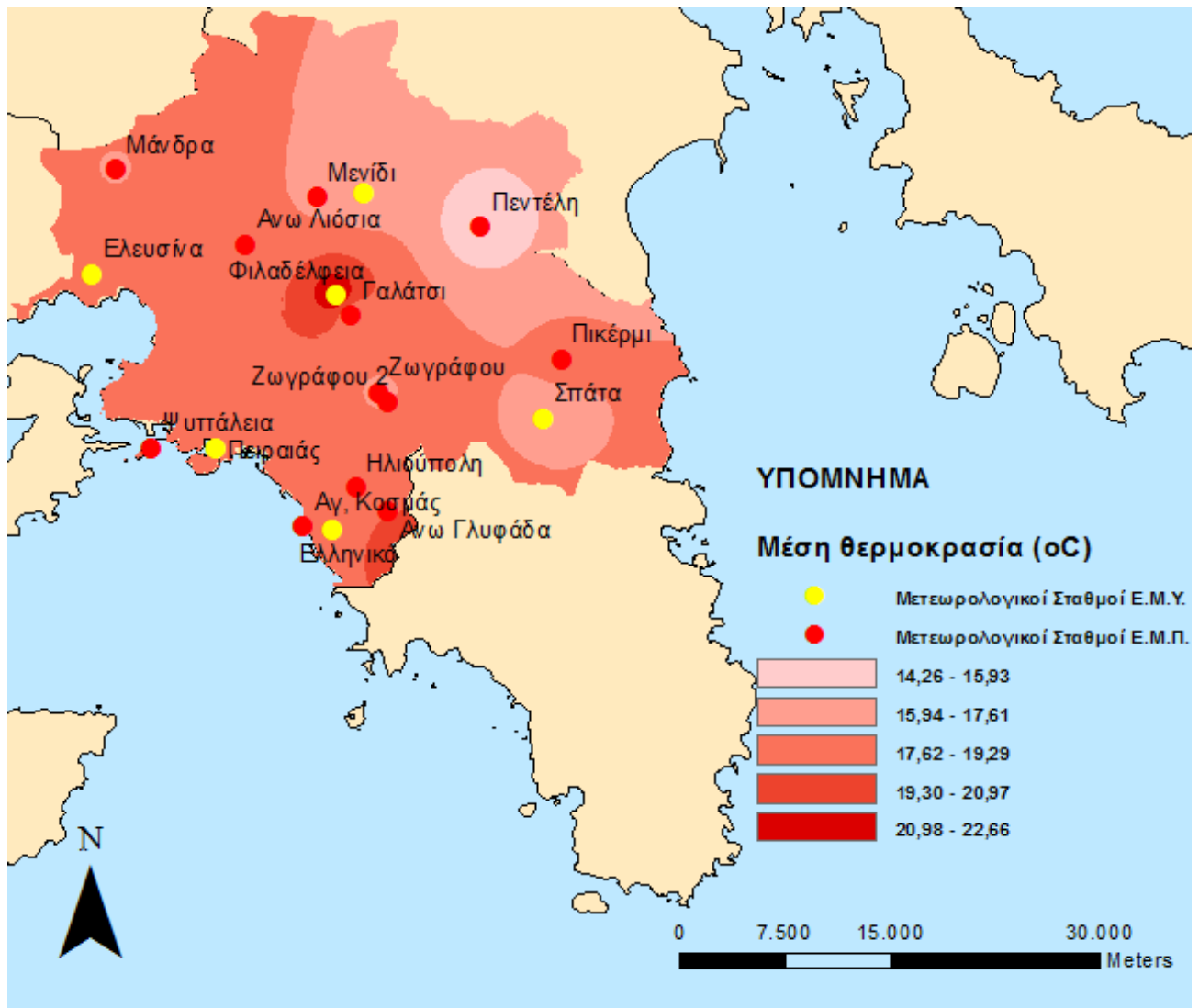
3.3.1 Θερμοκρασιακά δεδομένα

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των χρονοσειρών μέσης ετήσιας θερμοκρασίας του αέρα για τον κάθε Μετεωρολογικό Σταθμό παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 4 που ακολουθεί. Για την καλύτερη απόδοση των σημειακών τιμών της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας στο Σχήμα 6 με την μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής δημιουργήθηκαν πέντε θερμοκρασιακές κλάσεις με ίσο εύρος.

Για τους μετεωρολογικούς σταθμούς της Ε.Μ.Υ. επαναλαμβάνεται ότι χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα που καλύπτουν την χρονική περίοδο από το 1950 έως το 2011 περίπου. Προκειμένου να εξαχθεί ασφαλέστερο συμπέρασμα για τις θερμοκρασιακές μεταβολές στο σύνολο της περιόδου αποφασίστηκε να μελετηθούν οι σταθμοί σε δύο ίσες υποπεριόδους. Όπως φαίνεται και στον πίνακα δεν προκύπτουν σημαντικές θερμοκρασιακές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στις δύο υποπεριόδους.

Πίνακας 4: Μέση ετήσια θερμοκρασία °C

Μετεωρολογικός Σταθμός	Μέση ετήσια θερμοκρασία περιόδου (°C)	A Υποπερίοδος Μέση ετήσια θερμοκρασία (°C)	B Υποπερίοδος Μέση ετήσια θερμοκρασία (°C)	Περίοδος αναφοράς στοιχείων που επεξεργάστηκαν
Αγ. Κοσμάς	19,07			25/2/2005-03/2014
Ανω Γλυφάδα	20,28			21/2/2012-03/2014
Ανω Λιόσια	17,91			20/2/2006-03/2014
Γαλάτσι	18,14			15/6/2005-03/2014
Ηλιούπολη	18,49			20/5/2005-03/2014
Μάνδρα	17,59			6/7/2005-03/2014
Μενίδι	17,39			25/2/2005-03/2014
Πεντέλη	14,27			8/11/2005-03/2014
Πικέρμι	17,85			21/12/2005-03/2014
Ψυττάλεια	18,86			25/2/2005-03/2014
Ζωγράφου	17,38			6/9/2001 - 03/2014
Ζωγράφου 2	17,63			1/2/2000 - 03/2014
Ελευσίνα	18,33	18,31	18,35	1958-2011
Ελληνικό	18,62	18,50	18,75	1958-2011
Φιλαδέλφεια (22,67	22,56	22,81	1955-2008
Πειραιάς	18,94	18,63	19,26	1956-2004
Σπάτα	17,12	16,98	17,12	1974-2004
Τατόι	16,52	16,43	16,62	1956-2011



Σχήμα 6: Μέση ετήσια θερμοκρασία (°C) στην περιοχή μελέτης

Από την αξιολόγηση των θερμοκρασιακών δεδομένων προκύπτει ότι:

- Υψηλότερες θερμοκρασίες εμφανίζονται στις περιοχές που βρίσκονται κοντά στη θάλασσα και έχουν χαμηλό υψόμετρο.
- Το κυρίαρχο θερμοκρασιακό εύρος στην υπό μελέτη περιοχή κυμαίνεται από 17,62 °C έως 19,29 °C και καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της.
- Η υψηλότερη μέση ετήσια θερμοκρασία εμφανίζεται στην περιοχή της Φιλαδέλφειας με τιμή 22,67 °C, ενώ ακολουθεί ο μετεωρολογικός σταθμός Ανω Γλυφάδας με μέση ετήσια θερμοκρασία 20,28 °C. Μόνο στους δύο αυτούς σταθμούς παρατηρήθηκαν τιμές μεγαλύτερες από 20 °C.
- Η χαμηλότερη μέση ετήσια θερμοκρασία εμφανίζεται στην Πεντέλη όπου παρατηρείται και το υψηλότερο υψόμετρο. Η τιμή της είναι 14,26 °C.

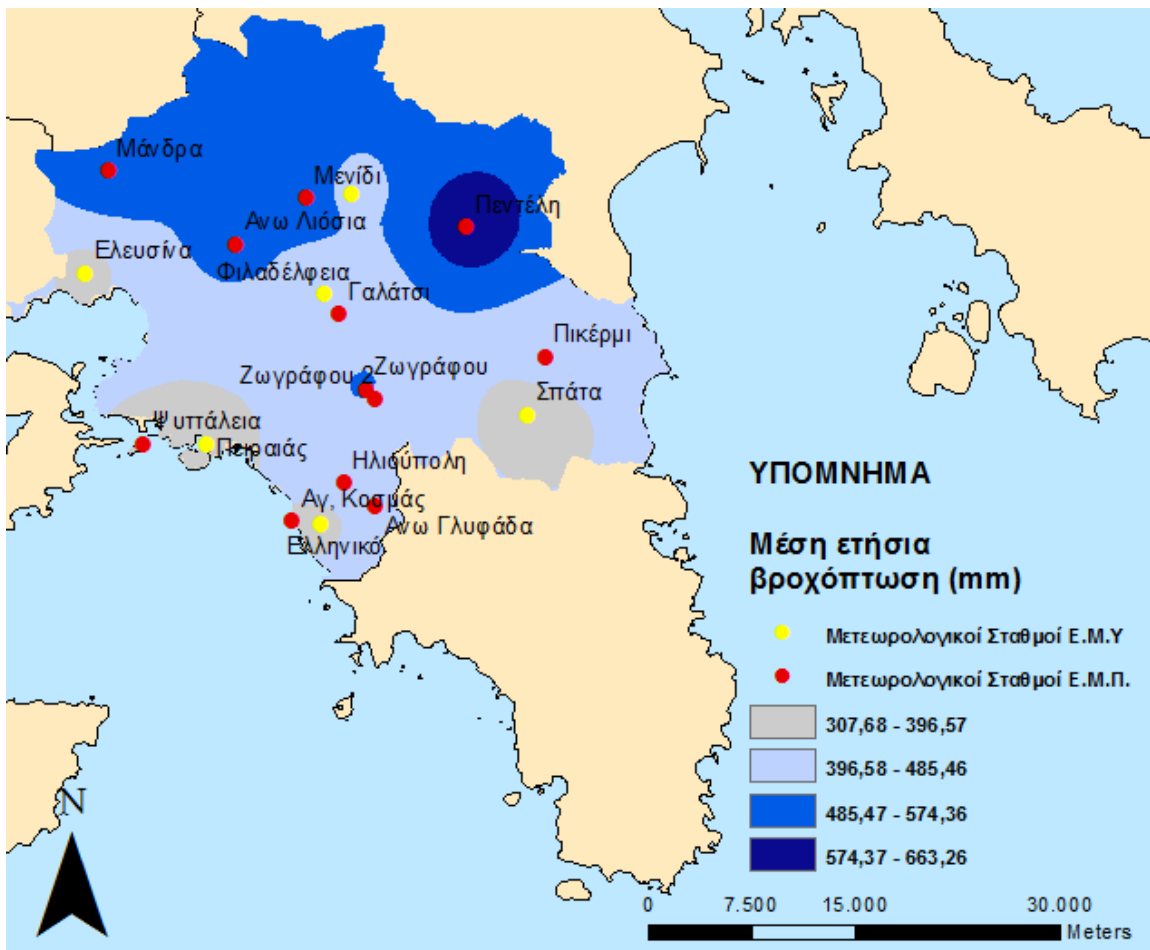
3.3.2 Βροχομετρικά δεδομένα

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των χρονοσειρών βροχόπτωσης για τον κάθε Μετεωρολογικό Σταθμό παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 5 που ακολουθεί. Για την καλύτερη απόδοση των σημειακών τιμών της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης στο Σχήμα 7 με την μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής δημιουργήθηκαν πέντε κλάσεις με ίσο εύρος.

Για τους μετεωρολογικούς σταθμούς της Ε.Μ.Υ. επαναλαμβάνεται ότι χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα που καλύπτουν την περίοδο από το 1950 έως το 2011 περίπου. Προκειμένου να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα για το ύψος της βροχόπτωσης στο σύνολο της περιόδου αποφασίστηκε να μελετηθούν οι σταθμοί σε δύο ίσες υποπεριόδους.

Πίνακας 5: Τιμές μέσης ετήσιας βροχόπτωσης

Μετεωρολογικός Σταθμός	Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)	A Υποπερίοδος Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)	B Υποπερίοδος Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)	Περίοδος αναφοράς στοιχείων που επεξεργάστηκαν
Αγ. Κοσμάς	392,43			25/2/2005-03/2014
Ανω Γλυφάδα	483,85			21/2/2012-03/2014
Ανω Λιόσια	518,28			20/2/2006-03/2014
Γαλάτσι	427,72			15/6/2005-03/2014
Ηλιούπολη	472,09			20/5/2005-03/2014
Μάνδρα	554,45			6/7/2005-03/2014
Μενίδι	565,80			25/2/2005-03/2014
Πεντέλη	663,28			8/11/2005-03/2014
Πικέρμι	465,54			21/12/2005-03/2014
Ψυττάλεια	392,51			25/2/2005-03/2014
Ζωγράφου	524,49			6/9/2001 - 03/2014
Ζωγράφου 2	410,12			1/2/2000 - 03/2014
Ελευσίνα	378,55	413,35	346,07	1958-2011
Ελληνικό	367,01	356,46	365,41	1958-2011
Φιλαδέλφεια	403,20	418,27	391,75	1955-2008
Πειραιάς	333,10	354,41	309,04	1956-2004
Σπάτα	307,68	220,9	410,72	1974-2004
Τατόι	454,05	479,22	437,26	1956-2011



Σχήμα 7: Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm) στην περιοχή μελέτης

Από την αξιολόγηση των θερμοκρασιακών δεδομένων προκύπτει ότι:

- Υψηλότερα ύψη βροχοπτώσεων εμφανίζονται στις περιοχές που έχουν υψηλότερο υψόμετρο.
- Το κυρίαρχο βροχομετρικό εύρος στην υπό μελέτη περιοχή κυμαίνεται από 400mm έως 480mm και καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της Αττικής.
- Η υψηλότερη μέση ετήσια βροχόπτωση εμφανίζεται στην περιοχή της Πεντέλης με τιμή 663,28mm, ενώ ακολουθεί ο μετεωρολογικός σταθμός Μενιδίου με μέση ετήσια βροχόπτωση 565,80mm.
- Δεν προκύπτουν σημαντικές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στις δύο υποπεριόδους, με μόνη εξαίρεση το Μετεωρολογικό Σταθμό των Σπάτων, όπου ο μέσος όρος βροχόπτωσης την Α υποπερίοδο είναι 210,90mm ενώ στη Β υποπερίοδο είναι 410,72mm. Αποτέλεσμα είναι, ο μέσος όρος να διαμορφώνεται στα 307,68mm, αρκετά χαμηλά δηλαδή σε σχέση με τους υπόλοιπους σταθμούς. Η τιμή αυτή είναι και η χαμηλότερη που εμφανίζεται στο σύνολο των Μετεωρολογικών Σταθμών.

4 Αποτελέσματα

4.1 Η επιλογή των δεικτών

Με τον υπολογισμό των δεικτών, αρχικά σημειακά στους σταθμούς μέτρησης και συλλογής των υδρομετεωρολογικών δεδομένων και στη συνέχεια με την επιφανειακή ολοκλήρωσή τους στην ευρύτερη έκταση των περιοχών μελέτης, επετεύχθη η κατηγοριοποίηση των περιοχών σε βαθμίδες. Οι βαθμίδες αυτές αποτελούν την ερμηνεία των αριθμητικών αποτελεσμάτων του εκάστοτε δείκτη και παράλληλα παραπέμπουν στον άμεσο χαρακτηρισμό της κάθε περιοχής, ανάλογα με το αν ο δείκτης περιγράφει την ηπειρωτικότητα ή την ξηρότητα.. Οι μαθηματικές συναρτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των δεικτών, καθώς και οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη, αναλύονται στο Κεφάλαιο 2 όπου επιχειρείται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση των σημαντικότερων και συνηθέστερων κλιματικών δεικτών. Βασίζόμενοι στα διαθέσιμα στοιχεία, και τα χαρακτηριστικά της περιοχής επιλέχθηκαν για περαιτέρω ανάλυση οι εξής κλιματικοί δείκτες:

Δείκτης ξηρότητας De Martonne

Δείκτης ξηρότητας Pinna

Ομβροθερμικό πηλίκιο Emberger Q_2

Ομβροθερμικό διάγραμμα Gaussen - Bagnouls

Δείκτης ηπειρωτικότητας Kerner

Δείκτης ηπειρωτικότητας Johansson

Παρακάτω περιγράφεται η διαδικασία, που ακολουθήθηκε για τον υπολογισμό των δεικτών και απεικονίζονται τα συγκεντρωτικά τους αποτελέσματα.

4.2 Δείκτης ξηρότητας De Martonne

Ο δείκτης ξηρασίας de Martonne (IDM), είναι δυνατό, να δώσει μια εικόνα για το πόσο ξηρό ή υγρό θεωρείται το κλίμα στην κάθε περιοχή. Για τον υπολογισμό του δείκτη ξηρότητας De Martonne στην περιοχή της Αττικής χρησιμοποιήθηκαν τα σημειακά ιστορικά δεδομένα θερμοκρασίας περιβάλλοντος και βροχόπτωσης, που προκύπτουν για κάθε έναν από τους μετεωρολογικούς σταθμούς που αναλύθηκαν.

Τα όρια που ερμηνεύουν το δείκτη IDM, βάσει των οποίων προκύπτει ο χαρακτηρισμός του κλίματος, αναφέρονται στον Πίνακα 4 του 2ου Κεφαλαίου του παρόντος τεύχους:

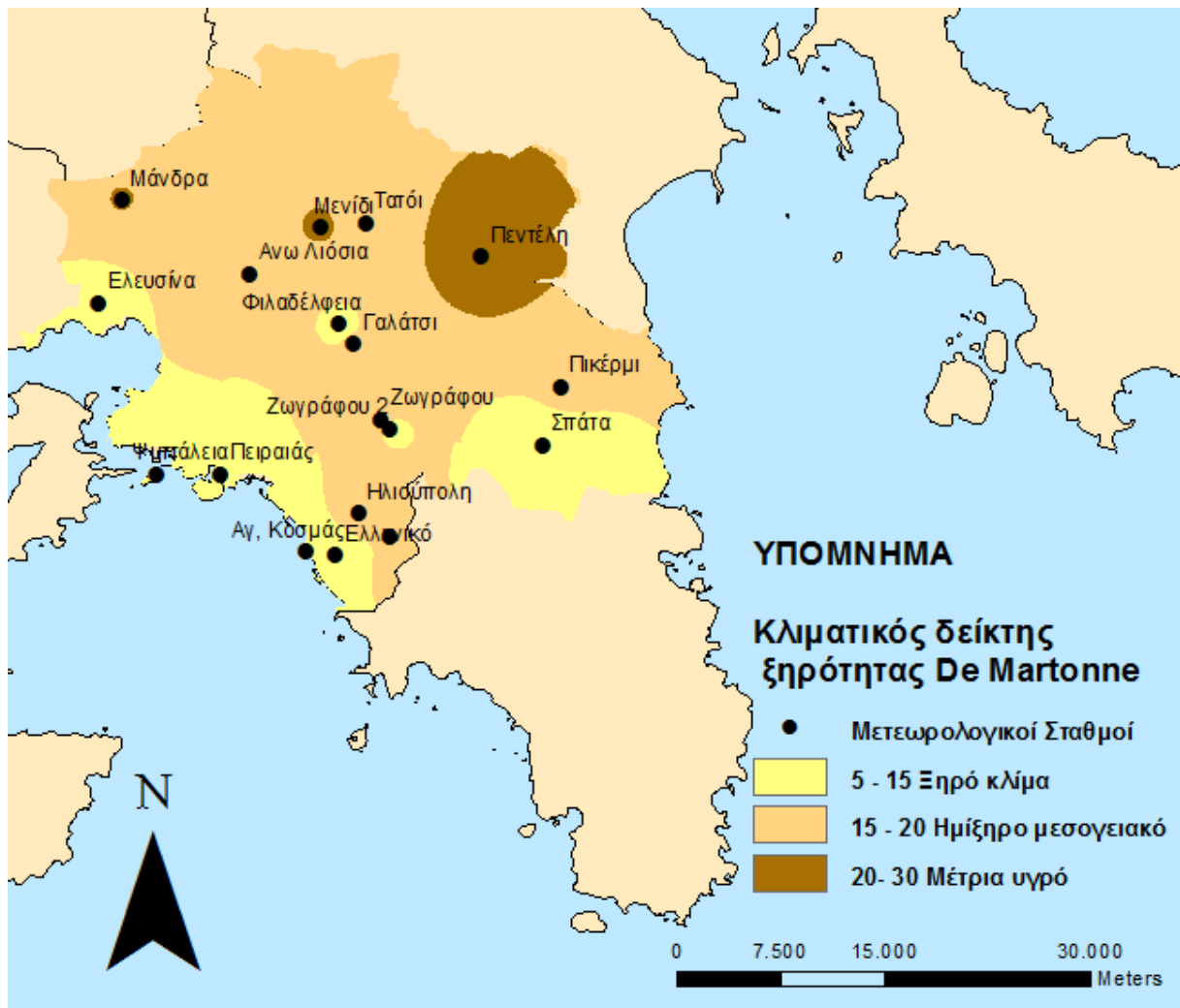
4.2.1 Δείκτης ξηρότητας De Martonne σε ετήσιο βήμα

Οι ετήσιες τιμές του δείκτη για τους Μετεωρολογικούς Σταθμούς της Αττικής την περίοδο μελέτης παρουσιάζονται στον Πίνακα 6. Συσχετίζεται η τιμή του δείκτη με την μέση ετήσια βροχόπτωση ώστε να χαρακτηριστεί το κλίμα.

Πίνακας 6: Τιμές ετήσιου δείκτη De Martonne για τους υπό μελέτη Μετεωρολογικούς σταθμούς

Μετεωρολογικός Σταθμός	Υψόμετρο Z (m)	Ετήσιος Δείκτης ξηρότητας DE MARTONNE	Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)	Χαρακτηρισμός κλίματος	Περίοδος αναφοράς μετεωρολογικών δεδομένων που επεξεργάστηκαν
Αγ. Κοσμάς	5,00	13,50	392,43	ξηρό	25/2/2005-03/2014
Ανω Γλυφάδα	185,00	16,02	483,85	ημίξηρο-μεσογειακό	21/2/2012-03/2014
Ανω Λιόσια	184,00	19,04	518,28	ημίξηρο-μεσογειακό	20/2/2006-03/2014
Γαλάτσι	176,00	15,20	427,72	ημίξηρο-μεσογειακό	15/6/2005-03/2014
Ηλιούπολη	206,00	16,58	472,09	ημίξηρο-μεσογειακό	20/5/2005-03/2014
Μάνδρα	258,00	20,14	554,45	μέτρια υγρό	6/7/2005-03/2014
Μενίδι	248,00	20,68	565,80	μέτρια υγρό	25/2/2005-03/2014
Πεντέλη	729,00	27,42	663,28	μέτρια υγρό	8/11/2005-03/2014
Πικέρμι	133,00	16,74	465,54	ημίξηρο-μεσογειακό	21/12/2005-03/2014
Ψυττάλεια	20,00	13,61	392,51	ξηρό	25/2/2005-03/2014
Ζωγράφου	181,00	18,68	524,49	ημίξηρο-μεσογειακό	6/9/2001 - 03/2014
Ζωγράφου 2	219,00	13,39	410,12	ξηρό	1/2/2000 - 03/2014
Ελευσίνα	31,00	12,58	378,55	ξηρό	1958-2011
Ελληνικό	15,00	13,24	367,01	ξηρό	1958-2011
Φιλαδέλφεια	138,00	14,06	403,20	ξηρό	1955-2008
Πειραιάς	5,00	11,27	333,10	ξηρό	1956-2004
Σπάτα	68,00	9,77	307,68	ξηρό	1974-2004
Τατόι	235,00	16,97	454,05	ημίξηρο-μεσογειακό	1956-2011

Για την καλύτερη απόδοση των σημειακών τιμών του δείκτη De Martonne σε ετήσιο βήμα στο Σχήμα 8 με την μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής δημιουργήθηκαν τρεις κλάσεις τιμών ανάλογα με τον χαρακτηρισμό που προσδόθηκε στον Πίνακα 6 .



Σχήμα 8: Απεικόνιση με χωρική παρεμβολή ετήσιου δείκτη De Martonne για τους υπό μελέτη Μετεωρολογικούς Σταθμούς

Από την εκτίμηση και αξιολόγηση των δεδομένων προκύπτει ότι:

- Στην Πεντέλη το κλίμα χαρακτηρίστηκε μέτρια υγρό παρόλο που η μέση ετήσια βροχόπτωση ξεπερνά τα 600mm.
- Στο Πικέρμι και την Άνω Γλυφάδα αν και οι σταθμοί μέτρησης βρίσκονται κοντά στη θάλασσα εμφανίζουν τιμή για τον δείκτη De Martonne λίγο μεγαλύτερη από το 15 και το κλίμα τους χαρακτηρίζεται ως ημίξηρο – μεσογειακό. Η αύξηση στην τιμή του δείκτη πιθανό είναι να επηρεάζεται από το υψόμετρο που είναι εγκατεστημένοι οι συγκεκριμένοι Μ.Σ. και είναι μεγαλύτερο από 100,00m..
- Οι σταθμοί Φιλαδέλφειας και Ζωγράφου εμφανίζουν τιμή δείκτη De Martonne μεταξύ 14 και 15, προσεγγίζουν λοιπόν οριακά το κάτω άκρο της κατηγορίας του ημίξηρου – μεσογειακού κλίματος.

- Αντίστοιχα, οι σταθμοί Μενιδίου και Μάνδρας έχουν τιμές δείκτη μεταξύ 20 και 21 ομοίως λοιπόν προσεγγίζουν οριακά το άνω άκρο του ημίξηρου μεσογειακού κλίματος.
- Σε γενικές γραμμές η χωρική κατανομή του δείκτη είναι σε συμφωνία με τη χωρική κατανομή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης.

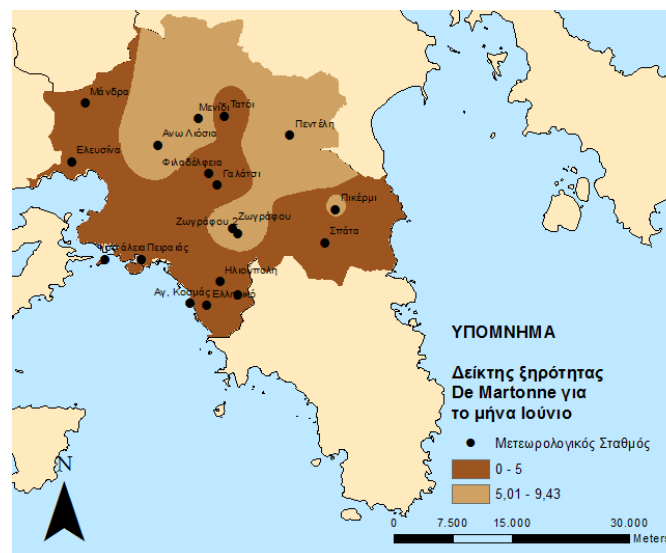
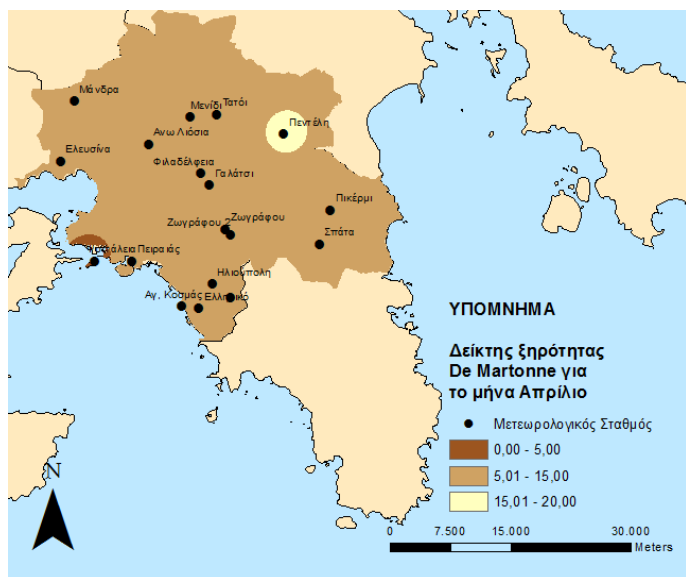
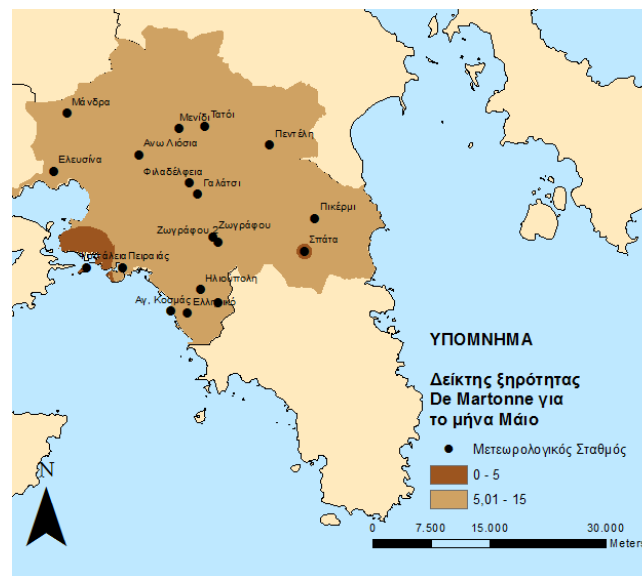
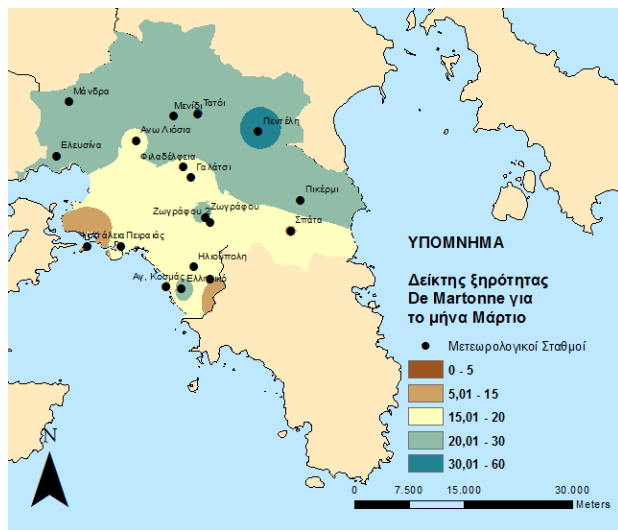
Γενικεύοντας αναφέρεται ότι το μεγαλύτερο τμήμα της Αττικής κατατάσσεται στην κατηγορία του ημίξηρου μεσογειακού κλίματος σύμφωνα με το δείκτη De Martonne. Εξάιρεση αποτελούν οι παραθαλάσσιες περιοχές που έχουν ξηρό κλίμα καθώς και η περιοχή της Πεντέλης που έχει μέτρια υγρό κλίμα και σημαντικά μεγαλύτερο υψόμετρο από τους υπόλοιπους Μετεωρολογικούς Σταθμούς (729,00m).

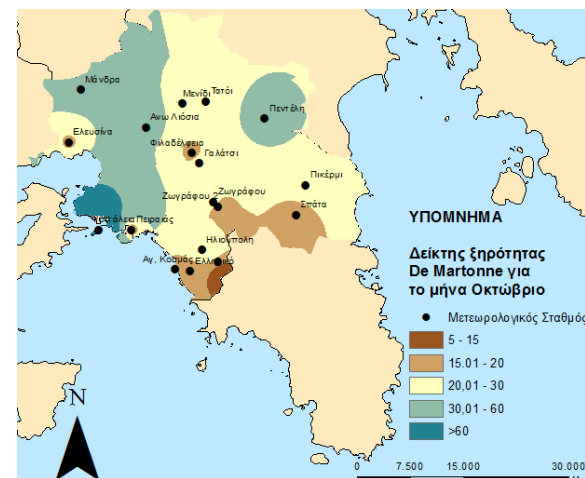
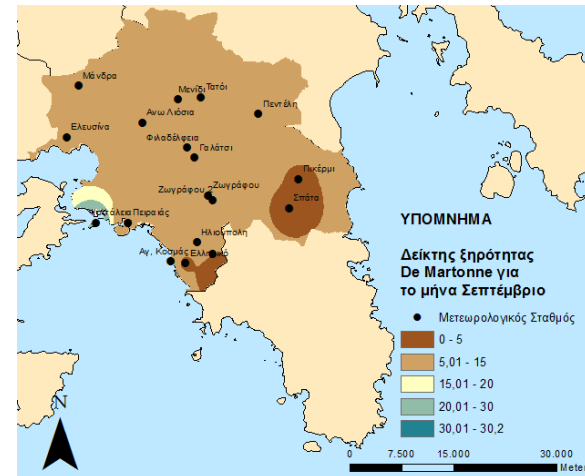
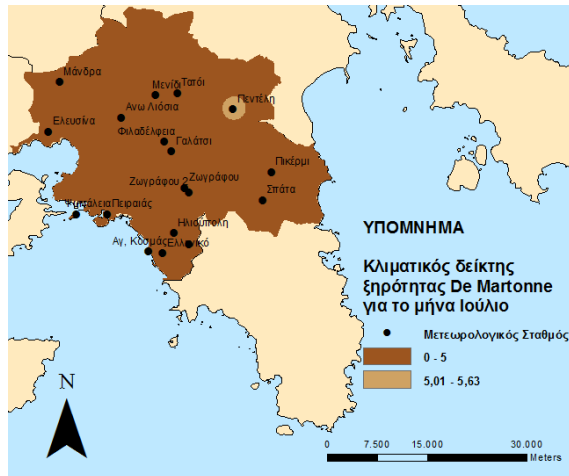
4.2.2 Δείκτης ξηρότητας De Martonne σε μηνιαίο βήμα

Οι μηνιαίες τιμές του δείκτη για τους Μετεωρολογικούς Σταθμούς της Αττικής την περίοδο μελέτης παρουσιάζονται στον Πίνακα 7. Για την καλύτερη απόδοση των σημειακών τιμών του δείκτη De Martonne σε μηνιαίο βήμα στο Σχήμα 9 με την μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής απεικονίζεται η εξέλιξη του φαινομένου της ξηρασίας στους υπό μελέτη Μετεωρολογικούς Σταθμούς για τη χρονική περίοδο των μετρήσεων.

Πίνακας 7: Μηνιαίες τιμές δείκτη De Martonne για τους υπό μελέτη Μετεωρολογικούς σταθμούς

Δείκτης ξηρότητας De Martonne σε μηνιαίο βήμα												
Μετεωρολογικός Σταθμός	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Αγ. Κοσμάς	26,97	36,60	13,85	10,10	7,63	2,58	1,21	0,54	7,65	15,70	23,87	28,08
Ανω Γλυφάδα	35,59	72,73	10,85	11,76	7,34	0,64	0,03	0,03	1,14	6,87	53,42	57,36
Ανω Λιόσια	41,15	49,40	19,08	9,73	9,26	7,60	0,90	1,32	10,18	32,58	33,79	53,50
Γαλάτσι	26,22	36,19	16,84	8,89	6,23	3,96	2,61	0,81	13,35	24,31	34,07	40,10
Ηλιούπολη	36,99	43,68	16,89	9,44	8,36	2,40	1,29	0,26	8,99	26,34	43,41	43,97
Μάνδρα	42,88	51,90	25,77	11,96	9,46	3,97	2,47	2,10	12,10	33,41	36,50	47,50
Μενίδι	39,57	61,68	25,97	12,35	14,31	7,38	1,52	2,43	10,59	30,32	38,96	49,49
Πεντέλη	57,57	75,07	34,17	16,71	13,79	9,42	5,00	0,59	10,87	39,59	31,03	79,30
Πικέρμι	36,00	43,89	24,21	11,75	8,76	5,18	0,59	0,23	4,42	30,13	27,27	42,86
Ψυττάλεια	0,87	15,79	4,99	0,06	0,00	0,00	2,83	1,64	30,17	184,33	0,00	0,00
Ζωγράφου	46,60	50,26	23,26	11,59	8,26	7,27	2,43	0,40	13,29	24,98	44,65	45,45
Ζωγράφου 2	35,15	29,71	14,78	11,96	9,37	5,61	2,34	0,36	7,53	15,62	32,91	44,55
Ελευσίνα	29,53	22,83	22,85	11,93	7,84	2,92	1,84	1,64	5,38	18,90	30,67	37,38
Ελληνικό	28,61	24,72	23,98	12,96	6,52	2,00	2,09	1,84	4,11	16,75	28,93	35,68
Φιλαδέλφεια	26,25	22,00	19,73	11,59	6,79	2,90	1,66	1,76	8,08	16,62	26,33	34,51
Πειραιάς	23,14	20,44	17,77	11,27	5,73	1,85	1,07	1,62	4,65	16,06	22,41	32,54
Σπάτα	18,88	19,41	14,61	8,12	4,64	1,95	1,10	0,94	3,14	15,04	19,88	28,69
Τατόι	46,89	34,81	30,35	12,43	9,50	3,40	3,49	1,85	7,40	22,05	31,78	51,93





Σχήμα 9: Απεικόνιση με χωρική παρεμβολή μηνιαίου δείκτη De Martonne για τους υπό μελέτη Μετεωρολογικούς σταθμούς

Από την εκτίμηση και αξιολόγηση των δεδομένων προκύπτει ότι:

- Η Αττική, χαρακτηρίζεται από μέτρια υγρό Μάρτη και ημίξηρο μεσογειακό Απρίλη και Μάη.
- Το μήνα Μάρτιο οι ξηρές περιοχές καταλαμβάνουν εξαιρετικά μικρή έκταση ενώ τον Απρίλιο η εικόνα αλλάζει σημαντικά καθώς πλέον όλη η επιφάνεια κατατάσσεται στην κατηγορία ημίξηρο – μεσογειακό κλίμα με εξαίρεση το σταθμό της Πεντέλης.
- Τους μήνες Μάιο, Ιούνιο και Ιούλιο η ξηρασία εξελίσσεται με κορύφωση τον Αύγουστο όπου πλέον όλοι οι σταθμοί παρουσιάζουν δείκτη De Martonne μικρότερο από 5.
- Τους μήνες του φθινοπώρου που ακολουθούν η ξηρασία σταδιακά ελαττώνεται.
- Παρατηρώντας τους χάρτες και τον πίνακα τιμών διαπιστώνεται ότι οι διακυμάνσεις των τιμών του δείκτη Martonne στις περιοχές των σταθμών είναι σημαντικές.

4.3 Δείκτης ξηρότητας Pinna

Ο δείκτης ξηρασίας Pinna (I) είναι δυνατό να δώσει μια εικόνα για το πόσο ξηρό ή υγρό θεωρείται το κλίμα στην κάθε περιοχή. Για τον υπολογισμό του δείκτη Pinna στην περιοχή της Αττικής χρησιμοποιήθηκαν τα σημειακά ιστορικά δεδομένα μέσης θερμοκρασίας περιβάλλοντος και βροχόπτωσης, που προκύπτουν για κάθε έναν από τους Μετεωρολογικούς Σταθμούς που αναλύθηκαν.

Τα όρια που ερμηνεύουν το δείκτη Pinna βάσει των οποίων προκύπτει ο χαρακτηρισμός του κλίματος, αναφέρονται στο 2^ο Κεφάλαιο του παρόντος τεύχους. Πιο συγκεκριμένα όταν οι τιμές του δείκτη είναι

$I < 10$, τότε το κλίμα χαρακτηρίζεται ως ξηρό, ενώ όταν ισχύει

$10 \leq I \leq 20$, τότε το κλίμα χαρακτηρίζεται ως ημίξηρο-μεσογειακό (Μπαλάς, 2007).

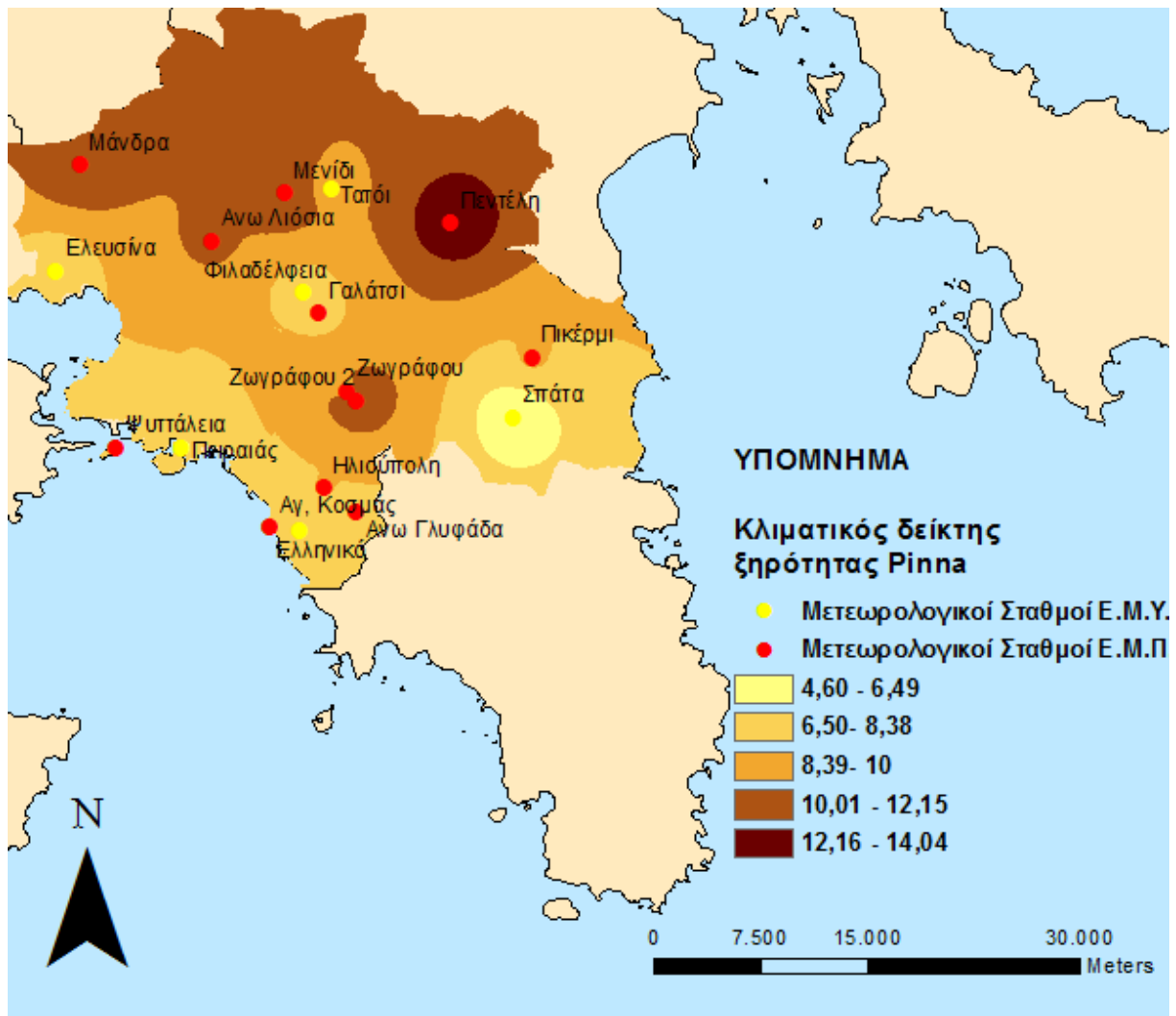
Οι ετήσιες τιμές του δείκτη για τους Μετεωρολογικούς Σταθμούς της Αττικής την περίοδο μελέτης παρουσιάζονται στον Πίνακα 8. Για την καλύτερη απόδοση των σημειακών τιμών του δείκτη στο Σχήμα 10 με την μέθοδο της χωρικής παρεμβολής απεικονίζεται η εξέλιξη του φαινομένου της ξηρασίας στους υπό μελέτη Μετεωρολογικούς Σταθμούς για τη χρονική περίοδο των μετρήσεων.

Πίνακας 8: Τιμές ετήσιου δείκτη Pinna για τους υπό μελέτη Μετεωρολογικούς Σταθμούς

Μετεωρολογικός Σταθμός	Pinna (I)	Χαρακτηρισμός κλίματος	Περίοδος αναφοράς δεδομένων
Αγ. Κοσμάς	7,02	ξηρό	25/2/2005-03/2014
Ανω Γλυφάδα	8,03	ξηρό	21/2/2012-03/2014
Ανω Λιόσια	10,26	Ημίξηρο - μεσογειακό	20/2/2006-03/2014
Γαλάτσι	7,93	ξηρό	15/6/2005-03/2014
Ηλιούπολη	8,43	ξηρό	20/5/2005-03/2014
Μάνδρα	11,41	Ημίξηρο - μεσογειακό	6/7/2005-03/2014
Μενίδι	11,56	Ημίξηρο - μεσογειακό	25/2/2005-03/2014
Πεντέλη	14,04	Ημίξηρο - μεσογειακό	8/11/2005-03/2014
Πικέριμι	8,50	ξηρό	21/12/2005-03/2014
Ψυττάλεια	7,62	ξηρό	25/2/2005-03/2014
Ζωγράφου	9,54	ξηρό	6/9/2001 - 03/2014
Ζωγράφου 2	11,93	Ημίξηρο - μεσογειακό	1/2/2000 - 03/2014
Ελευσίνα	7,41	ξηρό	1958-2011
Ελληνικό	7,17	ξηρό	1958-2011
Φιλαδέλφεια	7,45	ξηρό	1955-2008
Πειραιάς	6,45	ξηρό	1956-2004
Σπάτα	4,61	ξηρό	1974-2004
Τατόι	9,41	ξηρό	1956-2011

Από την εκτίμηση και αξιολόγηση των δεδομένων προκύπτει ότι:

- Τιμές του δείκτη μεγαλύτερες του 10 παρατηρούνται στους σταθμούς Άνω Λιοσίων, Μάνδρας Μενιδίου και Ζωγράφου οπότε το κλίμα στις περιοχές αυτές χαρακτηρίζεται ως ημίξηρο μεσογειακό. Επισημαίνεται όμως ότι οι τιμές που παίρνει ο δείκτης ξεπερνούν λίγο το 10, κυμαίνονται δηλαδή μεταξύ 10 και 11,5. Έτσι, δεδομένης της μικρής απόκλισης από το άνω όριο του 10 θα μπορούσε το σύνολο της περιοχής να προσεγγίσει ικανοποιητικά το ξηρό κλίμα.
- Η τιμή του δείκτη στο σταθμό μέτρησης της Πεντέλης είναι 14,04. Στον σταθμό αυτό εμφανίζεται το μεγαλύτερο υψόμετρο.



Σχήμα 10: Απεικόνιση με χωρική παρεμβολή ετήσιου δείκτη P_{inna} για τους υπό μελέτη Μετεωρολογικούς Σταθμούς

4.4 Βιοκλιματικά χαρακτηριστικά

4.4.10 μβροθερμικό πηλίκιο Emburger Q₂

Με τα διαθέσιμα δεδομένα και χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του Emburger υπολογίστηκε ο δείκτης Q₂ για τους Μετεωρολογικούς Σταθμούς της Ε.Μ.Υ. σύμφωνα με τη σχέση

$$Q_2 = \frac{2000 \times P}{M^2 - m^2} \quad (4.1)$$

Όπου :

P = η ετήσια βροχόπτωση σε mm,

M = η μέση τιμή των μέγιστων θερμοκρασιών του θερμότερου μήνα του έτους σε απόλυτους βαθμούς (273,2 °K=0°C),

m = η μέση τιμή των ελάχιστων θερμοκρασιών του ψυχρότερου μήνα του έτους σε απόλυτους βαθμούς ($273,2^{\circ}\text{K}=0^{\circ}\text{C}$).

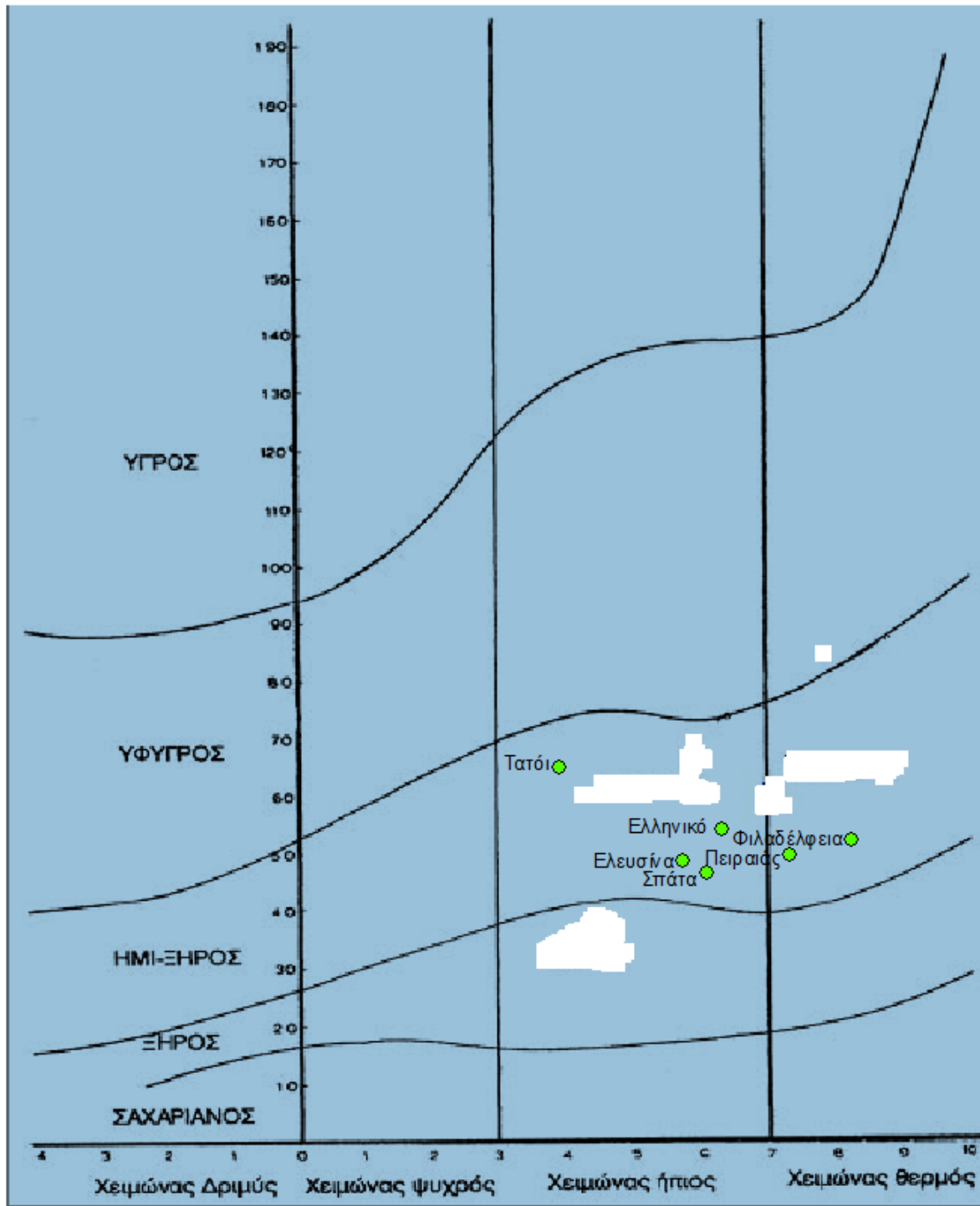
Με βάση την τιμή του Q_2 και του m συντάχθηκε το βιοκλιματικό διάγραμμα. Στόχος είναι ο υπολογισμός των βιοκλιματικών ορόφων και υποορόφων της περιοχής μελέτης. Με βάση τις συντεταγμένες Q_2 και m ο Μαυρομάτης διακρίνει:

- τέσσερις βιοκλιματικούς ορόφους, Υγρό, Ύψυγρο, Ξηρό και Ημίξηρο και
- τέσσερις υποορόφους με βάση την τιμή του m ($^{\circ}\text{C}$) σε χειμώνα θερμό ($m > 7$ $^{\circ}\text{C}$), χειμώνα ήπιο ($3 < m < 7$ $^{\circ}\text{C}$), χειμώνα ψυχρό ($0 < m < 3$ $^{\circ}\text{C}$) και χειμώνα δριμύ ($-10 < m < 0$ $^{\circ}\text{C}$).

Στον Πίνακα 9 επιχειρείται η κατάταξη των Μετεωρολογικών Σταθμών της Ε.Μ.Υ. σε βιοκλιματικούς ορόφους και υποορόφους ανάλογα με τις τιμές Q_2 και m που προέκυψαν στο στάδιο ανάλυσης των δεδομένων. Είναι εμφανές ότι όσο μικρότερος είναι ο δείκτης Q_2 , τόσο ξηρότερο είναι το κλίμα.

Πίνακας 9: Κατάταξη σε βιοκλιματικούς ορόφους και υποορόφους των Μετεωρολογικών Σταθμών Ε.Μ.Υ. της περιοχής μελέτης

Βιοκλιματικός τύπος						
Μετεωρολογικός Σταθμός	Φορέας	m ($^{\circ}\text{C}$)	Q_2	Όροφος	Υποόροφος	Περίοδος αναφοράς μετεωρολογικών δεδομένων Ε.Μ.Υ.
Ελευσίνα	Ε.Μ.Υ.	5,74	774,41	Μεσογειακός ημίξηρος	Χειμώνας ήπιος	1958-2011
Ελληνικό	Ε.Μ.Υ.	6,46	800,11	Μεσογειακός ημίξηρος	Χειμώνας ήπιος	1958-2011
Φιλαδέλφεια	Ε.Μ.Υ.	8,28	665,54	Μεσογειακός ημίξηρος	Χειμώνας ήπιος	1955-2008
Πειραιάς	Ε.Μ.Υ.	7,24	756,82	Μεσογειακός ημίξηρος	Χειμώνας θερμός	1956-2004
Σπάτα	Ε.Μ.Υ.	5,27	736,07	Μεσογειακός ημίξηρος	Χειμώνας θερμός	1974-2004
Τατόι	Ε.Μ.Υ.	3,75	1.045,45	Μεσογειακός ημίξηρος	Χειμώνας ήπιος	1956-2011



Σχήμα 11: Κλιματικό διάγραμμα Emberger

Παρατηρώντας τον Πίνακα 9 και το Σχήμα 11 προκύπτει ότι οι Μετεωρολογικοί Σταθμοί της Αττικής εμφανίζουν παρόμοια βιοκλιματικά χαρακτηριστικά. Παρά ταύτα, οι Μ.Σ. της Φιλαδέλφειας και του Πειραιά παρουσιάζουν την υψηλότερη τιμή του m , και κατατάσσονται στον υποόροφο του θερμού χειμώνα. Για τον Πειραιά είναι αναμενόμενο καθώς βρίσκεται νοτιότερα των υπολοίπων και έχει χαμηλό υψόμετρο. Ο Μ.Σ. στο Τατόι είναι ο πιο απομακρυσμένος από τη θάλασσα και εμφανίζει χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με τους υπόλοιπους. Αποτέλεσμα είναι να προσεγγίζει τον ψυχρό ύφυγρο μεσογειακό χειμώνα.

4.5 Ομβροθερμικό Διάγραμμα Bagnouls - Gaussen

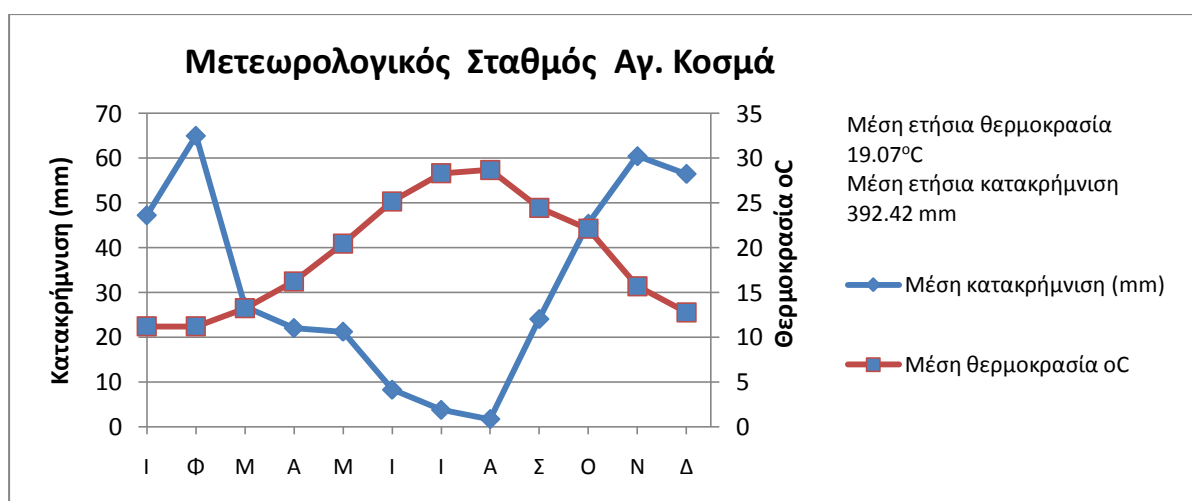
Οι Gaussen και Bagnouls (1957) απεικονίζουν γραφικά το κλίμα της περιοχής με το ομβροθερμικό διάγραμμα. Το διάγραμμα αυτό καταρτίζεται σύμφωνα με την πορεία, μήνα προς μήνα, της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας T σε $^{\circ}\text{C}$ και του μέσου μηνιαίου ύψους βροχής P σε mm με κλίμακα όμως θερμοκρασιών διπλάσια της βροχόπτωσης $P=2T$. Ένας μήνας χαρακτηρίζεται ως ξηρός, όταν το σύνολο των κατακρημνίσεων του μήνα αυτού είναι ίσο ή μικρότερο από το διπλάσιο της μέσης θερμοκρασίας του ($P_{\text{mm}} \leq 2T$ $^{\circ}\text{C}$) (Gaussen & Bagnouls, 1957).

Για τον υπολογισμό του ομβροθερμικού διαγράμματος στην περιοχή της Αττικής χρησιμοποιήθηκαν τα σημειακά ιστορικά δεδομένα θερμοκρασίας περιβάλλοντος και βροχόπτωσης, που προκύπτουν για κάθε έναν από τους μετεωρολογικούς σταθμούς που αναλύθηκαν. Οι ετήσιες τιμές του δείκτη για την Αττική παρουσιάζονται στον Πίνακα 10. Στον πίνακα, με κόκκινο χρώμα και πλάγια γραφή εμφανίζονται οι αρνητικές τιμές που παίρνει ο δείκτης σε κάποιους σταθμούς κατά το μήνα Μάρτιο και Οκτώβριο. Η φυσική ερμηνεία του αρνητικού προσήμου είναι ότι το σύνολο των κατακρημνίσεων του μήνα αυτού είναι μεγαλύτερο από το διπλάσιο της θερμοκρασίας του ($P(\text{mm}) > 2T$ ($^{\circ}\text{C}$)).

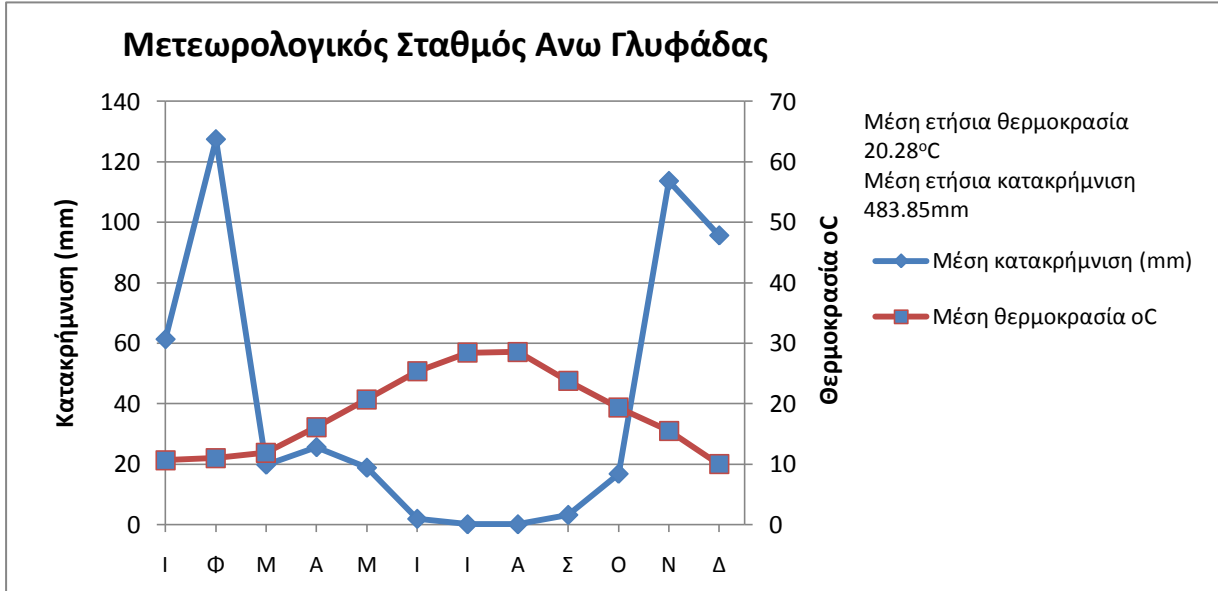
Πίνακας 10: Τιμές διαφοράς P-2T των υπό μελέτη Μετεωρολογικών Σταθμών

Μετεωρολογικός Σταθμός	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος
Αγ. Κοσμάς	-0,36	10,44	19,67	42,05	52,86	55,65	24,87	-1,16
Ανω Γλυφάδα	3,98	6,64	22,64	48,80	56,74	57,04	44,34	21,90
Ανω Λιόσια	-10,95	10,61	17,61	28,47	53,76	52,39	18,49	-40,38
Γαλάτσι	-6,38	13,05	23,90	38,42	48,39	54,20	10,32	-20,36
Ηλιούπολη	-6,56	11,94	17,64	43,98	52,85	56,36	22,77	-24,92
Μάνδρα	-22,43	5,82	13,76	37,22	46,98	47,78	13,18	-41,46
Μενίδι	-18,56	7,10	4,67	28,52	50,85	48,18	17,23	-34,16
Πεντέλη	-35,40	-5,66	-0,45	15,60	31,81	46,05	9,98	-60,87
Πικέρμι	-20,38	6,10	18,40	34,90	53,79	55,18	34,23	-34,61
Ψυττάλεια	-0,48	17,16	19,07	43,19	47,52	51,65	27,91	-10,24
Ζωγράφου	-18,68	6,12	19,44	28,75	48,04	54,30	9,25	-22,26
Ζωγράφου 2	-2,14	5,32	16,37	33,63	48,08	54,65	25,33	0,09
Ελευσίνα	-15,70	4,66	21,66	41,98	46,65	49,14	29,29	-9,66
Ελληνικό	-16,74	7,94	24,74	41,75	44,35	45,87	34,30	-6,34
Φιλαδέλφεια	-11,26	9,37	30,57	51,81	57,43	57,96	33,79	-3,23
Πειραιάς	-8,96	8,08	22,53	40,86	47,60	44,87	31,97	-7,73
Σπάτα	-20,01	4,08	21,79	37,67	43,89	44,33	33,21	-15,09
Τατόι	-27,43	0,62	14,45	37,37	36,19	40,66	16,44	-25,92

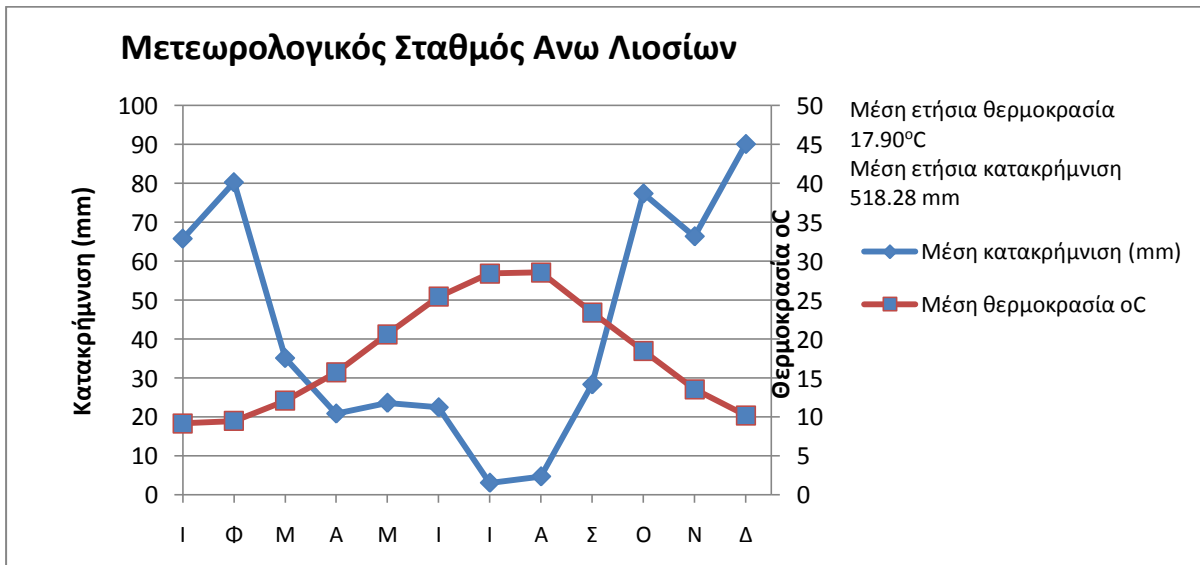
Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται τα ομβροθερμικά διαγράμματα Gaussen & Bagnouls για τους 18 υπό εξέταση Μετεωρολογικούς Σταθμούς.



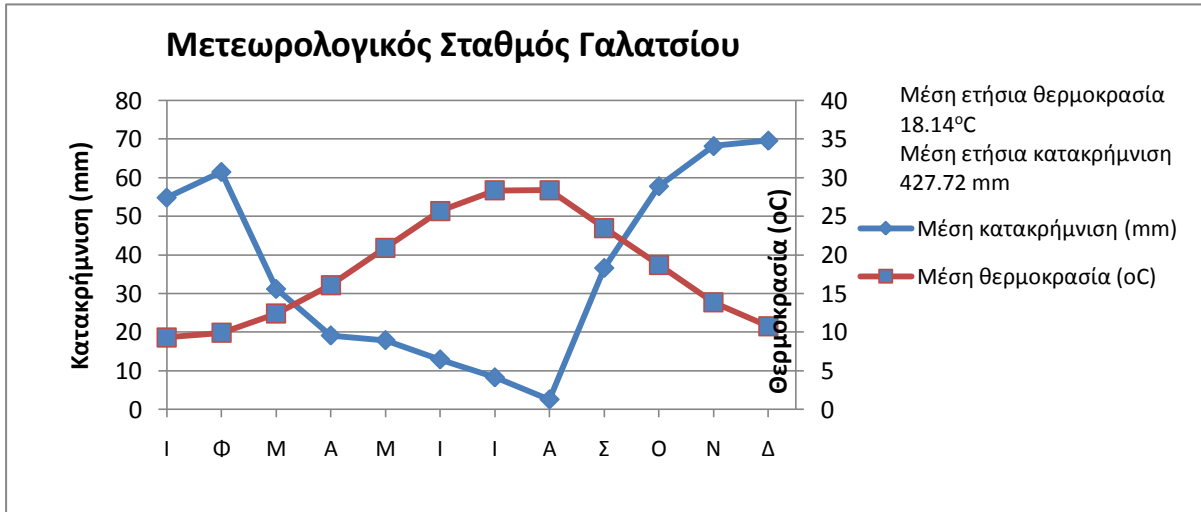
Σχήμα 12: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gaussen & Bagnouls Μ.Σ. Αγ. Κοσμά



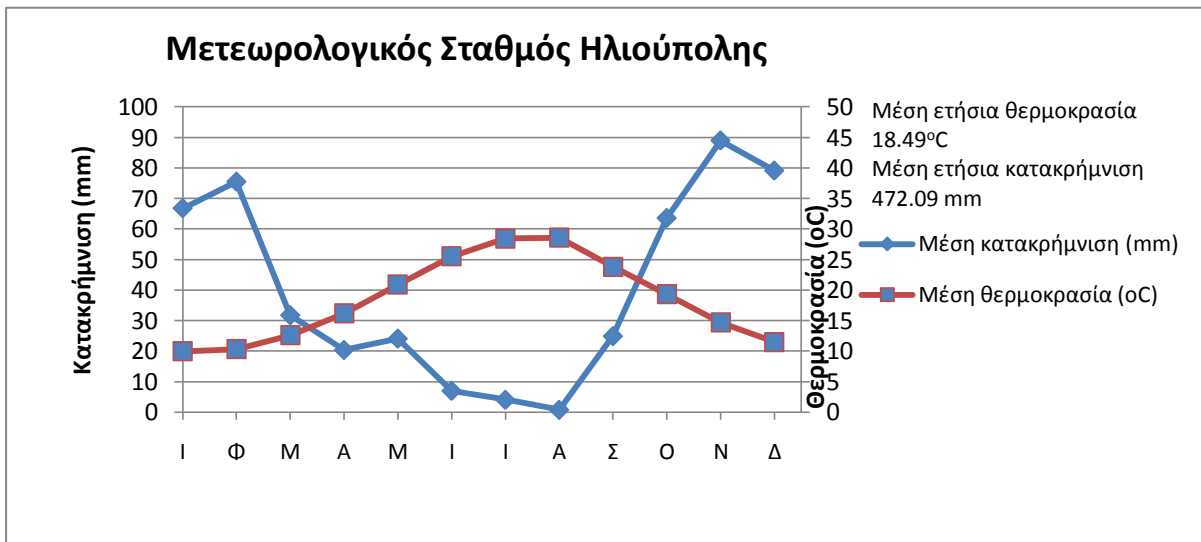
Σχήμα 13: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gaussen & Bagnouls Μ.Σ. Ανω Γλυφάδας



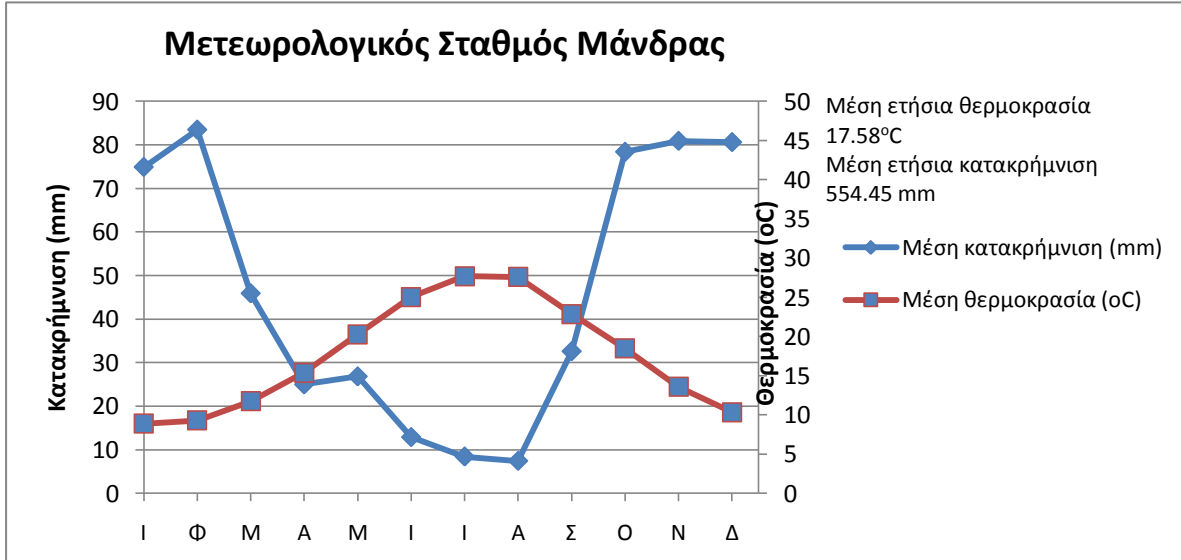
Σχήμα 14: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gaussen & Bagnouls Μ.Σ. Ανω Λιοσίων



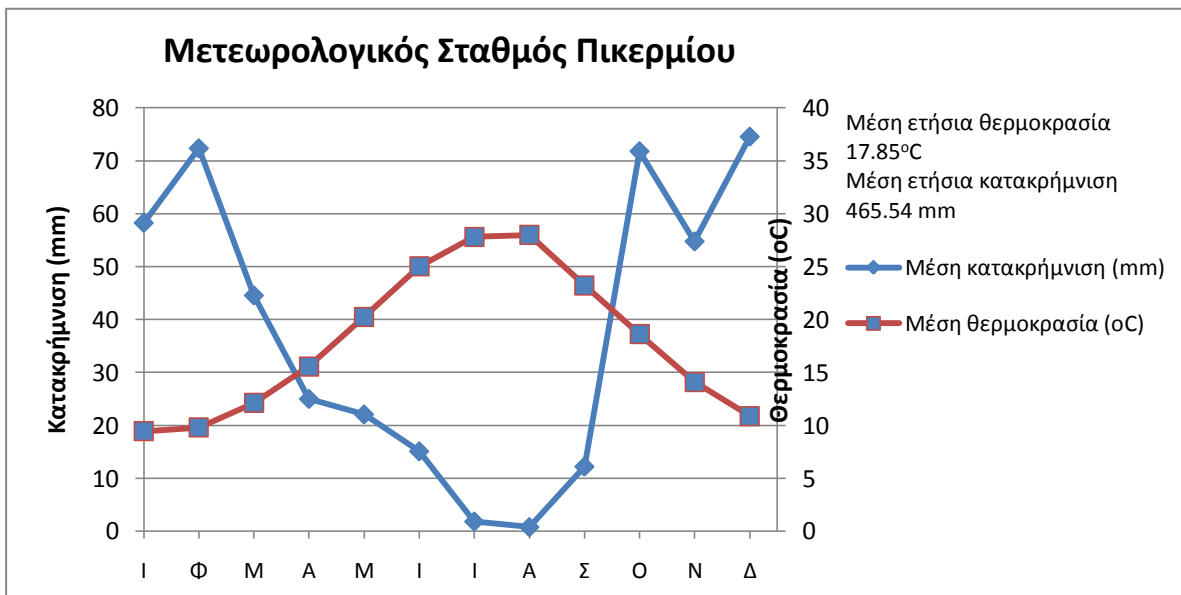
Σχήμα 15: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gaussen & Bagnouls Μ.Σ. Γαλατσίου



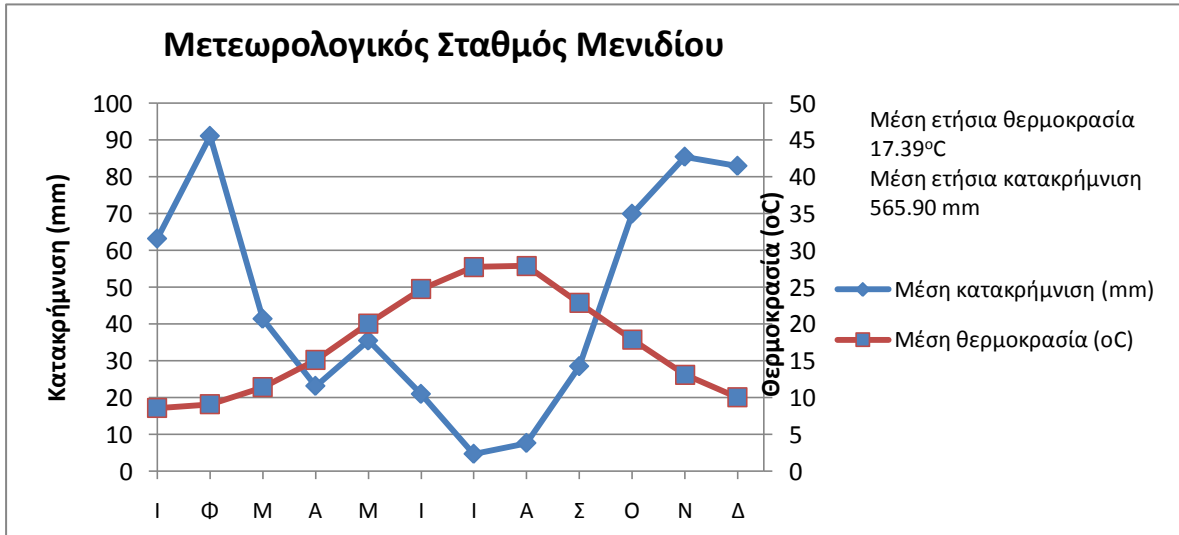
Σχήμα 16: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gaussen & Bagnouls Μ.Σ. Ηλιούπολης



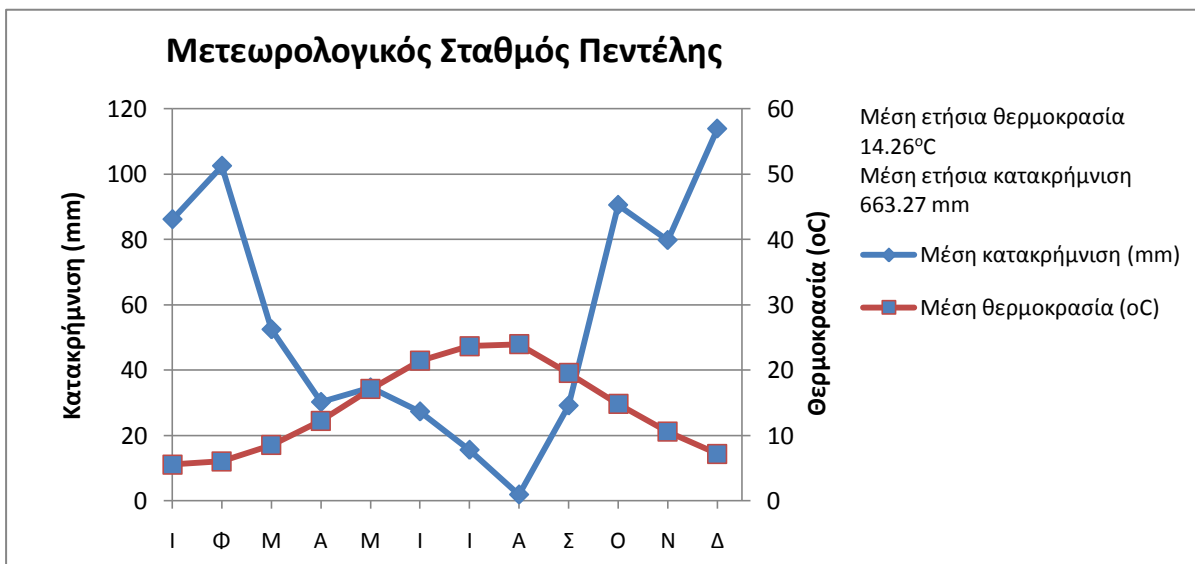
Σχήμα 17: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gaussen & Bagnouls Μ.Σ. Μάνδρας



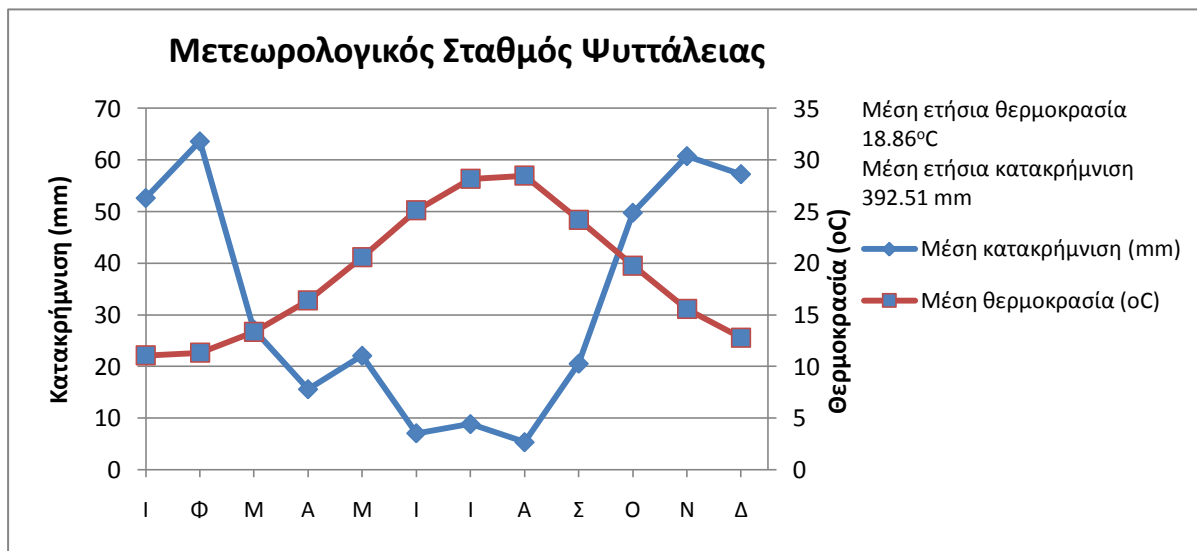
Σχήμα 18: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gaussen & Bagnouls Μ.Σ. Πικερμίου



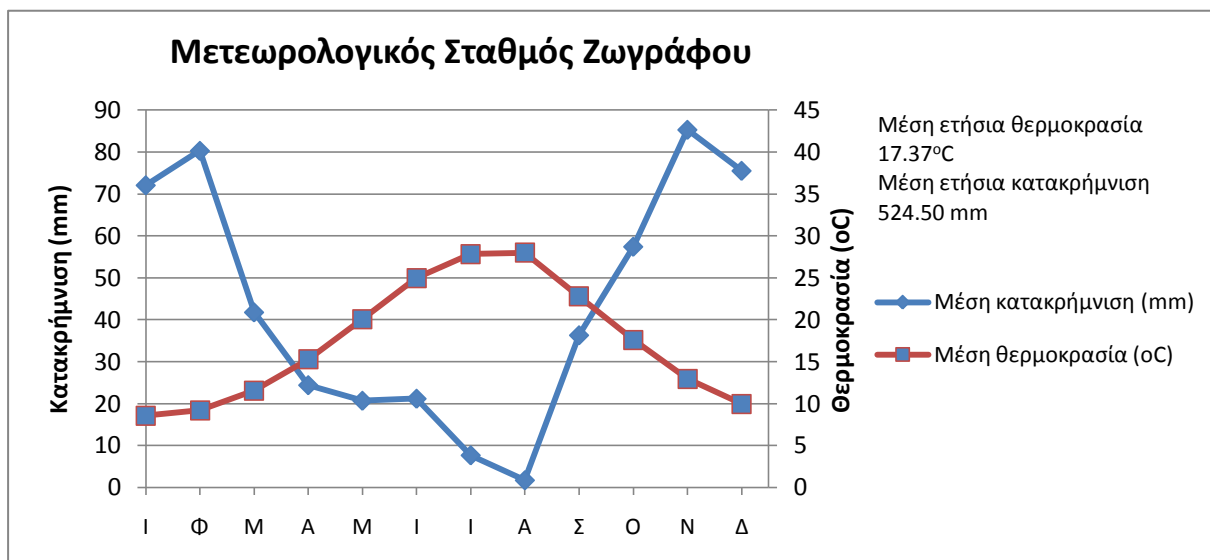
Σχήμα 19: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gaussen & Bagnouls Μ.Σ. Μενιδίου



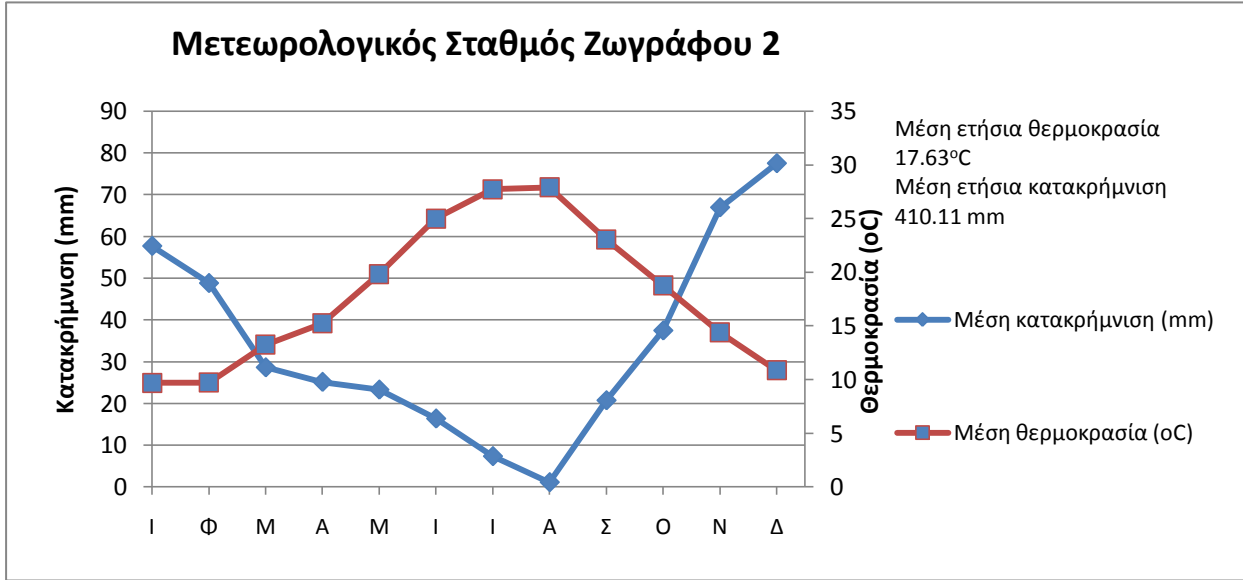
Σχήμα 20: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gaussen & Bagnouls Μ.Σ. Πεντέλης



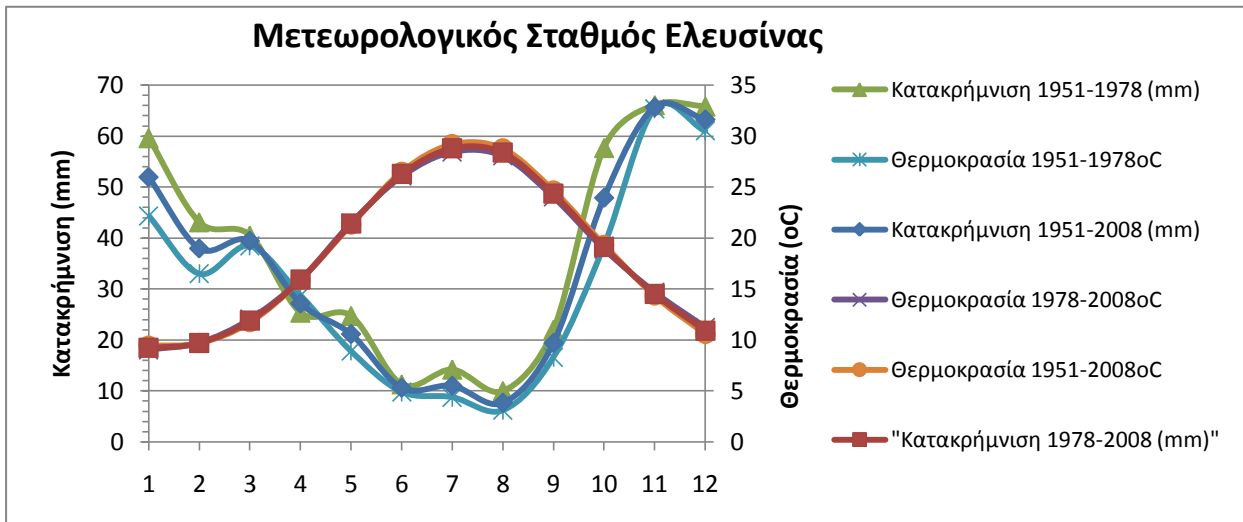
Σχήμα 21: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gaussen & Bagnouls Μ.Σ. Ψυττάλειας



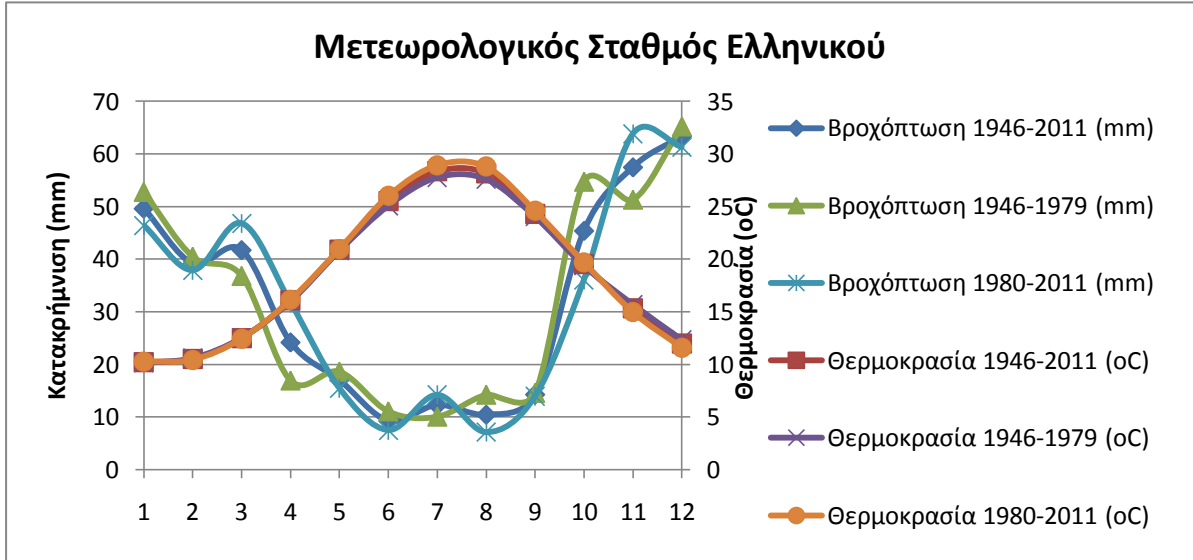
Σχήμα 22: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gaussen & Bagnouls Μ.Σ. Ζωγράφου



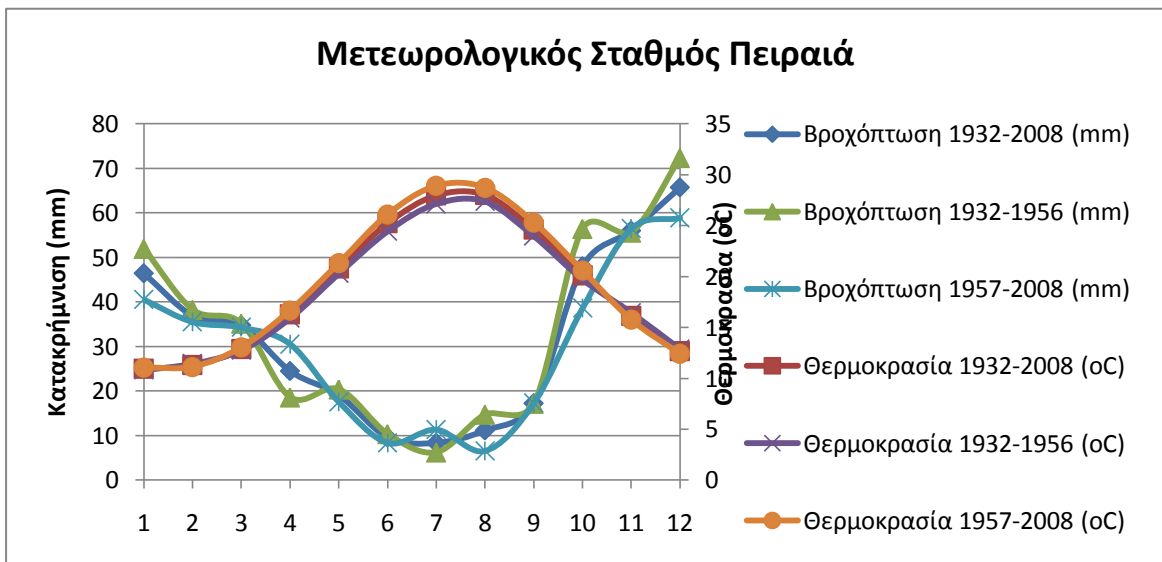
Σχήμα 23: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gaussen & Bagnouls Μ.Σ. Ζωγράφου 2



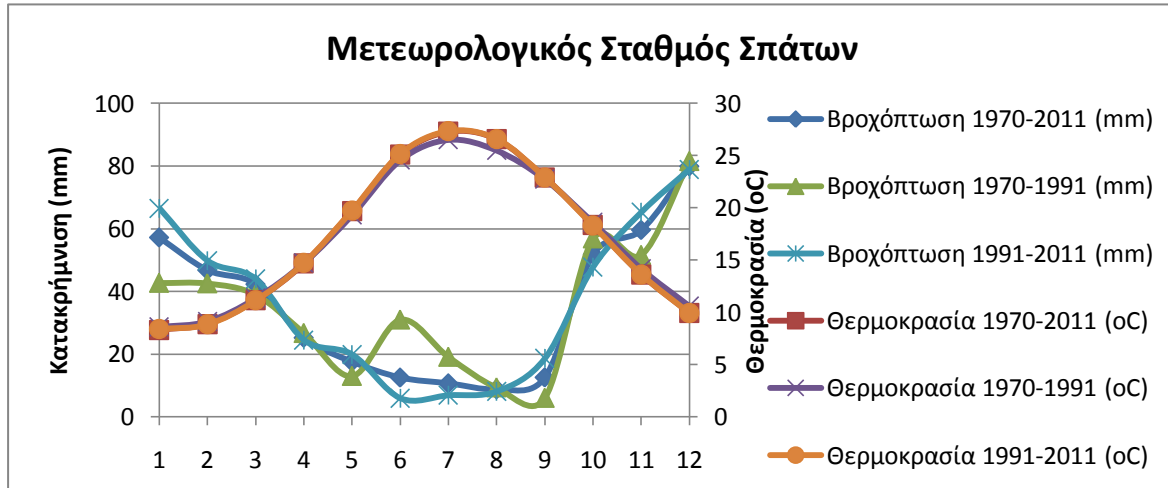
Σχήμα 24: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gaussen & Bagnouls Μ.Σ. Ελευσίνας



Σχήμα 25: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gaussen & Bagnouls Μ.Σ. Ελληνικού



Σχήμα 26: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gaussen & Bagnouls Μ.Σ. Πειραιά



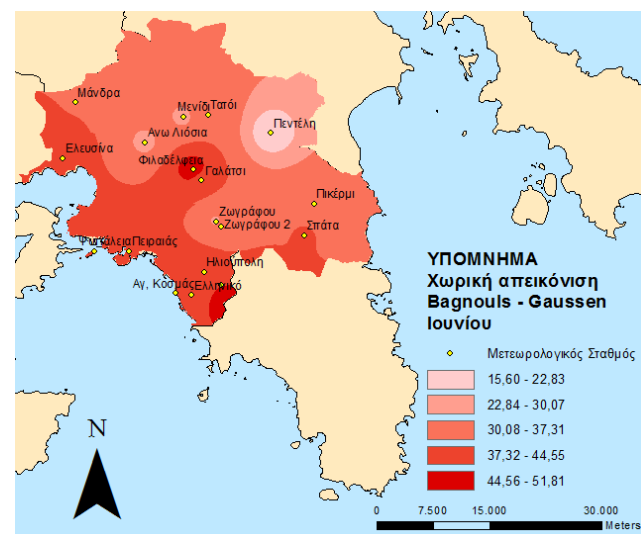
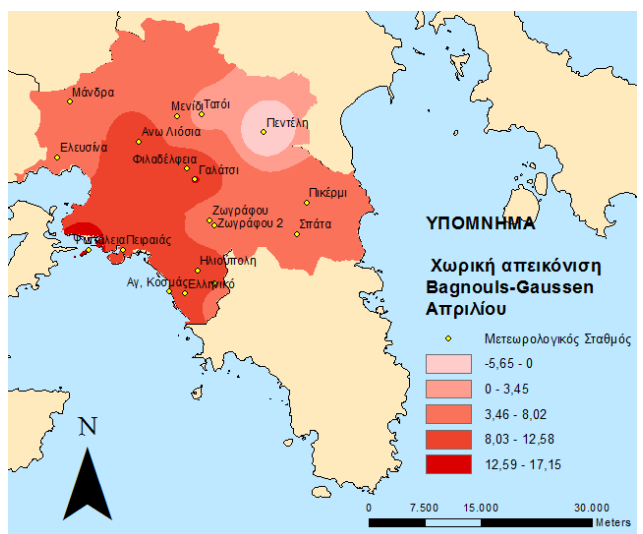
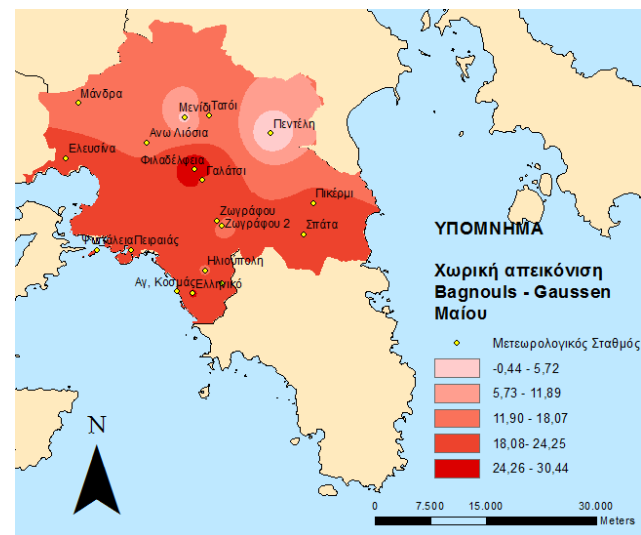
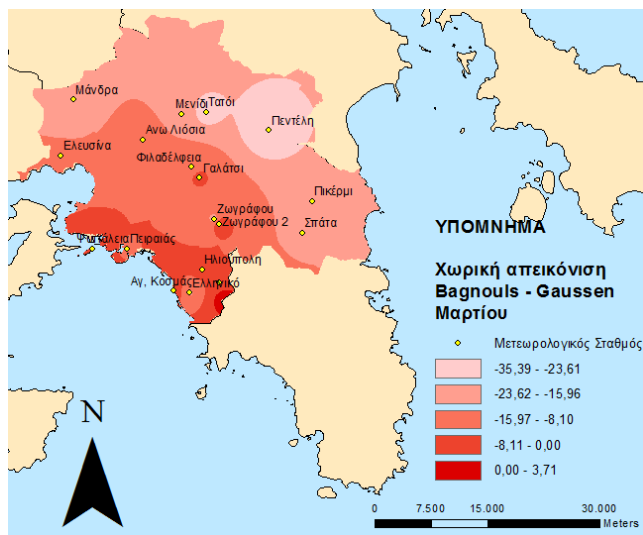
Σχήμα 27: Ομβροθερμικό διάγραμμα Gausse & Bagnouls Μ.Σ. Σπάτων

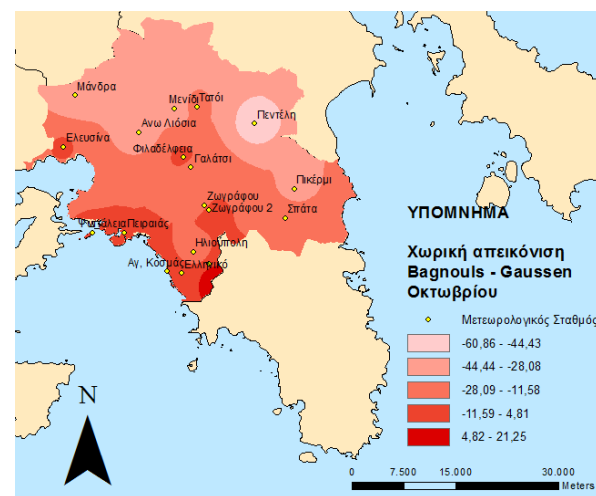
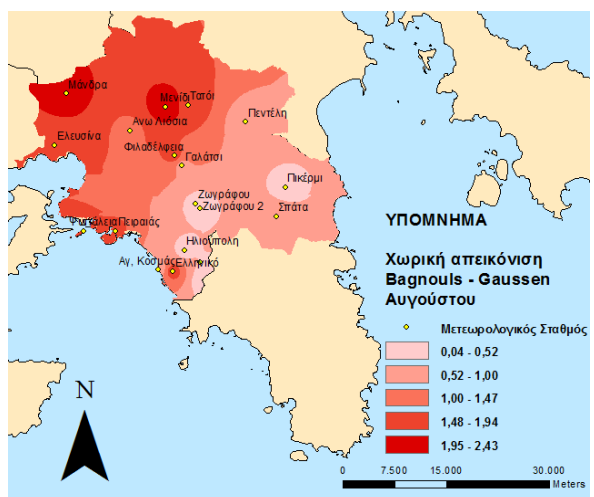
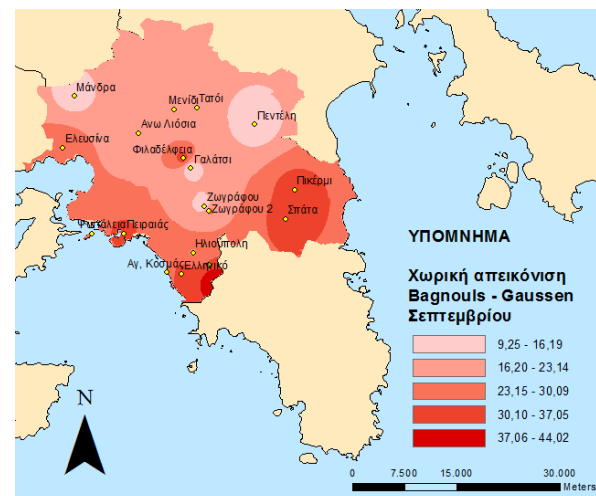
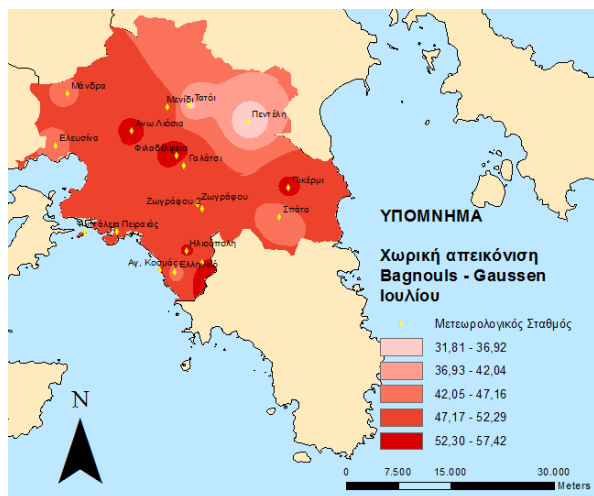
Τα σημεία όπου οι καμπύλες θερμοκρασίας και βροχόπτωσης τέμνονται παριστάνουν μια συνθήκη όπου η ποσότητα νερού που χάνεται είναι σχεδόν ίση με την ποσότητα του νερού που κερδίζεται μέσω της βροχόπτωσης. Αν δηλαδή οι βροχοπτώσεις θεωρηθούν ως κέρδος στο υδατικό ισοζύγιο, τότε οι θερμοκρασίες εμμέσως εκφράζουν τις απώλειες από την εξάτμιση και τη διαπνοή. Η επιφάνεια που περικλείεται από τις δύο καμπύλες μεταξύ των δύο σημείων των τομών ($P=2T$) δείχνει τη διάρκεια και την ένταση της ξηράς περιόδου.

Εξετάζοντας ταυτόχρονα τα ομβροθερμικά διαγράμματα και τον Πίνακα 10 παρατηρούμε ότι οι παραθαλάσσιες περιοχές έχουν μεγαλύτερη ξηρά περίοδο που διαρκεί περίπου 7 μήνες (αρχές Απριλίου έως μέσα Οκτωβρίου). Αυτό ερμηνεύεται σε σχέση με την απόσταση τους από τη θάλασσα. Για τους Μετεωρολογικούς Σταθμούς της Ε.Μ.Υ. όπως αναφέρθηκε, λόγω του ότι έγινε επεξεργασία σε μετεωρολογικά δεδομένα που ξεπερνούν την περίοδο της 30ετίας, προκειμένου να μελετηθεί ορθότερα η περιοχή στα ομβροθερμικά διαγράμματα συμπεριλήφθησαν οι τιμές μέσης θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για δύο υποπεριόδους. Παρατηρείται ότι η θερμοκρασία δεν παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις ενώ η βροχόπτωση έχει μεγαλύτερες αλλαγές.

Ένας μήνας χαρακτηρίζεται ως ξηρός, όταν το σύνολο των κατακρημνίσεων του μήνα αυτού είναι ίσο ή μικρότερο από το διπλάσιο της μέσης θερμοκρασίας του ($P_{mm} \leq 2T$ °C) (Gausse & Bagnouls 1957). Το Σχήμα 28 που ακολουθεί αφορά τη χωρική απεικόνιση της διαφοράς $P-2T$ για τους μήνες Μάρτιο έως και Οκτώβριο, που είναι και οι μήνες όπου εκδηλώνεται η

ξηρασία στην περιοχή της Αττικής. Κατά τον μήνα Μάρτιο εμφανίζεται η ξηρασία στους Μετεωρολογικούς Σταθμούς που βρίσκονται κοντά στη θάλασσα. Τον Απρίλιο και Μάιο η ζώνη ξηρασίας επεκτείνεται και καλύπτει σχεδόν τη μισή έκταση της περιοχής μελέτης. Τους καλοκαιρινούς μήνες εμφανίζεται αναμενόμενη κορύφωση της ξηρασίας σε όλη την περιοχή μελέτης ενώ από το Σεπτέμβριο αρχίζει σταδιακά να υποχωρεί. Παρατηρείται ότι η Πεντέλη λόγω του υψηλού υψομέτρου και των σημαντικών βροχοπτώσεων που εμφανίζει έχει την μικρότερη περίοδο ξηρασίας. Γενικεύοντας; αναφέρεται ότι η ξηρασία ξεκινά από το Νότιο άκρο της Αττικής το μήνα Μάρτιο και γενικεύεται με κορύφωση τους μήνες Ιουλίου και Αυγούστου.





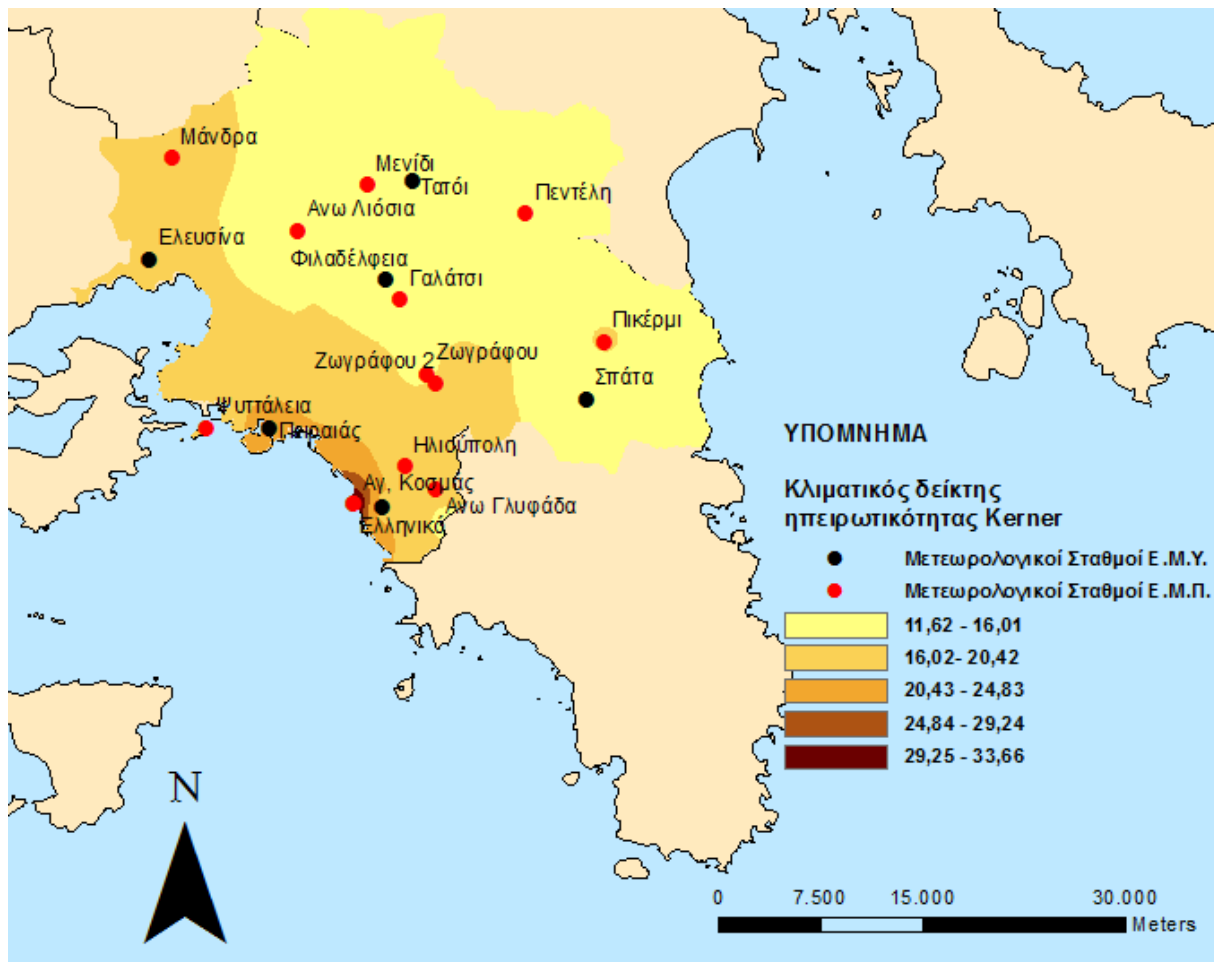
Σχήμα 28: Εξέλιξη ξηρασίας σύμφωνα με τα ομβροθερμικά διαγράμματα Gausson & Bagnouls σε μηνιαίο βήμα

4.6 Δείκτης ηπειρωτικότητας Kerner (k)

Ο δείκτης ηπειρωτικότητας του Kerner βασίζεται στον ισχυρισμό ότι στο θαλάσσιο κλίμα οι ανοιξιάτικοι μήνες έχουν χαμηλότερες θερμοκρασίες από τους χειμερινούς. Για μικρές ή αρνητικές τιμές του κ το κλίμα χαρακτηρίζεται ηπειρωτικό ενώ για μεγάλες τιμές του κ το κλίμα χαρακτηρίζεται θαλάσσιο (Μαμάσης & Κουτσογιάννης, 2010).

Πίνακας 11: Δείκτης Ηπειρωτικότητας Kerner (k)

Μετεωρολογικός Σταθμός	Δείκτης ηπειρωτικότητας Kerner (k)	Υψόμετρο Z (m)	Περίοδος αναφοράς μετεωρολογικών δεδομένων που επεξεργάστηκαν	Χαρακτηρισμό κλίματος
Αγ. Κοσμάς	33,67	5,00	25/2/2005-03/2014	θαλάσσιο
Ανω Γλυφάδα	15,08	185,00	21/2/2012-03/2014	θαλάσσιο
Ανω Λιόσια	14,00	184,00	20/2/2006-03/2014	θαλάσσιο
Γαλάτσι	14,48	176,00	15/6/2005-03/2014	θαλάσσιο
Ηλιούπολη	17,70	206,00	20/5/2005-03/2014	θαλάσσιο
Μάνδρα	17,24	258,00	6/7/2005-03/2014	θαλάσσιο
Μενίδι	14,11	248,00	25/2/2005-03/2014	θαλάσσιο
Πεντέλη	13,80	729,00	8/11/2005-03/2014	θαλάσσιο
Πικέρμι	16,22	133,00	21/12/2005-03/2014	θαλάσσιο
Ψυττάλεια	19,48	20,00	25/2/2005-03/2014	θαλάσσιο
Ζωγράφου	12,62	181,00	6/9/2001 - 03/2014	θαλάσσιο
Ζωγράφου 2	21,10	219,00	1/2/2000 - 03/2014	θαλάσσιο
Ελευσίνα	16,75	31,00	1958-2011	θαλάσσιο
Ελληνικό	18,57	15,00	1958-2011	θαλάσσιο
Φιλαδέλφεια	14,57	138,00	1955-2008	θαλάσσιο
Πειραιάς	21,05	5,00	1956-2004	θαλάσσιο
Σπάτα	14,93	68,00	1974-2004	θαλάσσιο
Τατόι	14,57	235,00	1956-2011	θαλάσσιο



Σχήμα 29: Χαρακτηρισμός ηπειρωτικότητας σύμφωνα με δείκτη Kerner

Ο δείκτης ηπειρωτικότητας Kerner, όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, αναμένεται να παρουσιάζει μικρές ή αρνητικές τιμές στις περιοχές που βρίσκονται σε μεγαλύτερο υψόμετρο ή είναι πιο απομακρυσμένες από τη θάλασσα και τότε χαρακτηρίζει το κλίμα ως ηπειρωτικό. Αντίθετα, μεγάλες τιμές του δείκτη καταδεικνύουν περιοχές που είναι είτε παράκτιες ή γενικότερα βρίσκονται σε χαμηλό υψόμετρο και τότε το κλίμα τους χαρακτηρίζεται ως θαλάσσιο. Η εξάρτηση του δείκτη από την απόσταση από τη θάλασσα έγκειται στο γεγονός ότι ο δείκτης λαμβάνει υπόψη το Ε.Θ.Ε., το οποίο είναι μικρό κοντά στη θάλασσα, λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητας που αυτή έχει. Σε αντίστοιχες μελέτες έχει θεωρηθεί ότι όταν ο δείκτης παίρνει τιμή μεγαλύτερη από 10 το κλίμα θεωρείται θαλάσσιο (Μπαλάς, 2007).

Στην περιοχή της Αττικής ο Άγιος Κοσμάς, το Ελληνικό, η Ψυτάλλεια και ο Πειραιάς παρουσιάζουν τους υψηλότερους δείκτες. Αυτό είναι αναμενόμενο, αφού και οι τρεις σταθμοί βρίσκονται σε χαμηλότερο από τις υπόλοιπες περιοχές υψόμετρο και στη μικρότερη απόσταση από τη θάλασσα.

Επομένως η Ψυτάλλεια, ο Αγ. Κοσμάς, το Ελληνικό και ο Πειραιάς χαρακτηρίζονται από θαλάσσιο κλίμα. Κατά αντιστοιχία, οι περιοχές Μάνδρα, Ηλιούπολη και Μενίδι, οι οποίες βρίσκονται σε ίδιας τάξης υψόμετρο, εμφανίζουν και για τα τρία έτη κοντινές τιμές του δείκτη, με αναγνωρίσιμες ωστόσο αποκλίσεις. Ειδικότερα το Μενίδι, που βρίσκεται βορειότερα του λεκανοπεδίου και επομένως είναι πιο απομακρυσμένο από τη θάλασσα αλλά και με υψόμετρο λίγο μεγαλύτερο από της Ηλιούπολης, έχει σημαντικά χαμηλότερο δείκτη Kerner, και επομένως χαρακτηρίζεται πιο ηπειρωτικό από την Ηλιούπολη, που βρίσκεται εγγύτερα στη θάλασσα. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και ανάμεσα στο Μενίδι και τη Μάνδρα. Η Μάνδρα βρίσκεται σε λίγο μεγαλύτερο υψόμετρο από το Μενίδι, άρα θα ανέμενε κανείς μικρότερο δείκτη, είναι όμως πιο κοντά στη θαλάσσια περιοχή της Αττικής, οπότε ο δείκτης μεγαλώνει. Στην περίπτωση που εξετάζουμε τους δείκτες που εκτιμώνται στο Ζωγράφου και στο Γαλάτσι, καταλήγουμε ότι έχουμε ανάλογη κατάσταση με την Ψυτάλλεια και τον Αγ. Κοσμά. Δηλαδή, το Γαλάτσι βρίσκεται ελαφρώς βορειότερα από την περιοχή του Ζωγράφου και σε λίγο χαμηλότερο υψόμετρο. Συνεπώς, όπως αναμένεται, παρουσιάζουν κοντινούς δείκτες.

Οι πιο απομακρυσμένοι σταθμοί από τη θάλασσα είναι το Τατόι, η Πεντέλη και το Μενίδι. Η Πεντέλη επιπλέον έχει σημαντικά μεγαλύτερο υψόμετρο από τους άλλους σταθμούς. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τον υπολογισμό του δείκτη Kerner είναι αναμενόμενα καθώς οι περιοχές αυτές εμφανίζουν και μικρότερες τιμές του δείκτη, με χαμηλότερη αυτή της Πεντέλης..

4.7 Δείκτης ηπειρωτικότητας Johansson

Ο δείκτης ηπειρωτικότητας του Johansson εξαρτάται από το ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος και το γεωγραφικό πλάτος.

$0 < \kappa < 33$ το κλίμα χαρακτηρίζεται θαλάσσιο

$34 < \kappa < 66$ το κλίμα χαρακτηρίζεται ηπειρωτικό

$67 < \kappa < 100$ το κλίμα χαρακτηρίζεται εξαιρετικά ηπειρωτικό

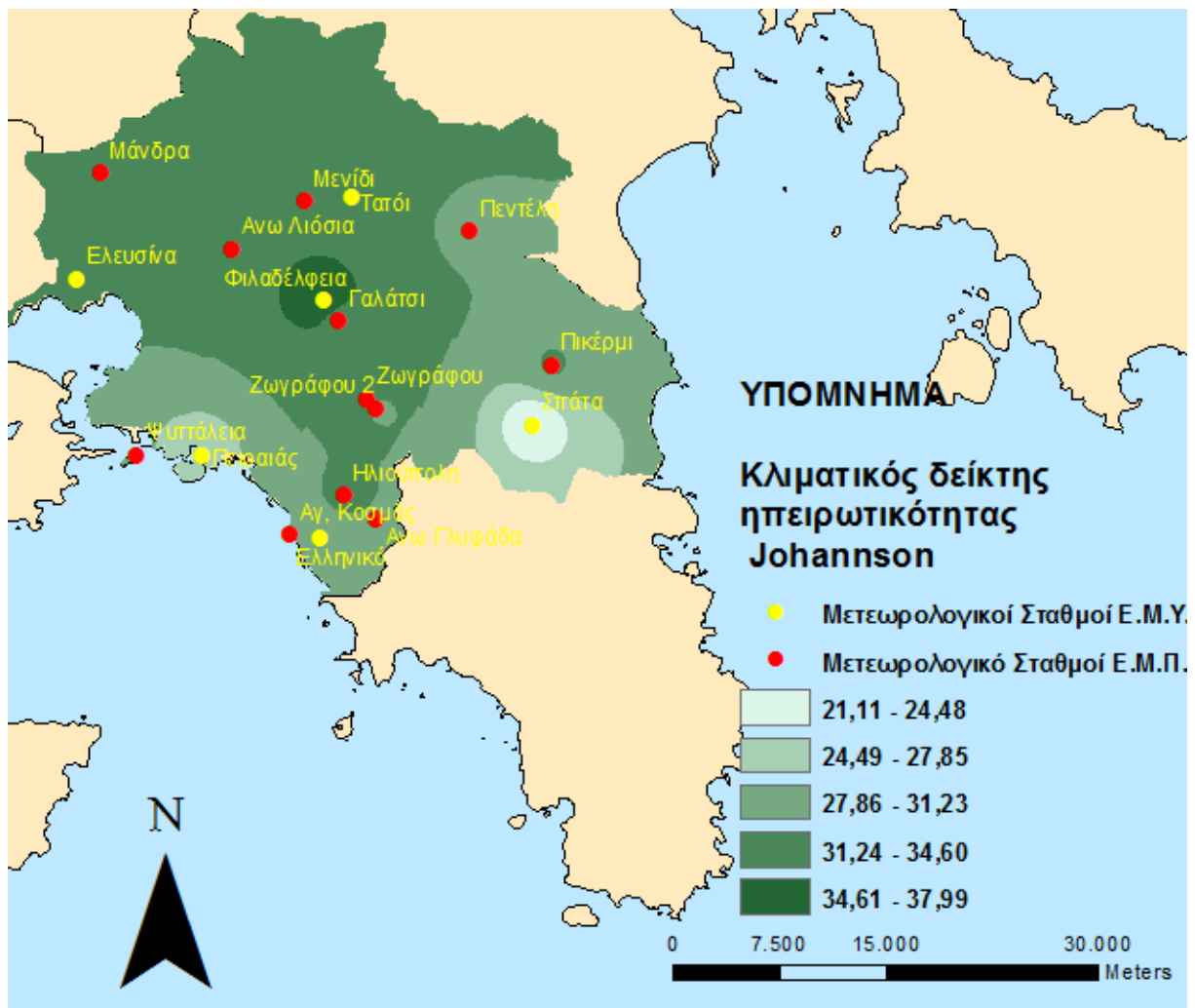
Πίνακας 12: Δείκτης ηπειρωτικότητας Johansson

Μετεωρολογικός Σταθμός	JOHANSSON	Υψόμετρο Z (m)	Περίοδος αναφοράς μετεωρολογικών δεδομένων που επεξεργάστηκαν	Χαρακτηρισμό κλίματος
Αγ. Κοσμάς	29,07	5,00	25/2/2005-03/2014	θαλάσσιο
Ανω Γλυφάδα	31,02	185,00	21/2/2012-03/2014	θαλάσσιο
Ανω Λιόσια	33,30	184,00	20/2/2006-03/2014	ηπειρωτικό
Γαλάτσι	32,87	176,00	15/6/2005-03/2014	θαλάσσιο
Ηλιούπολη	32,23	206,00	20/5/2005-03/2014	θαλάσσιο
Μάνδρα	33,50	258,00	6/7/2005-03/2014	ηπειρωτικό
Μενίδι	34,32	248,00	25/2/2005-03/2014	ηπειρωτικό
Πεντέλη	30,38	729,00	8/11/2005-03/2014	θαλάσσιο
Πικέρμι	31,58	133,00	21/12/2005 -03/2014	θαλάσσιο
Ψυττάλεια	27,97	20,00	25/2/2005-03/2014	θαλάσσιο
Ζωγράφου	34,05	181,00	6/9/2001 - 03/2014	θαλάσσιο
Ζωγράφου 2	30,32	219,00	1/2/2000 - 03/2014	θαλάσσιο
Ελευσίνα	32,96	31,00	1958-2011	θαλάσσιο
Ελληνικό	29,01	15,00	1958-2011	θαλάσσιο
Φιλαδέλφεια	37,99	138,00	1955-2008	ηπειρωτικό
Πειραιάς	25,10	5,00	1956-2004	θαλάσσιο
Σπάτα	21,11	68,00	1974-2004	θαλάσσιο
Τατόι	32,35	235,00	1956-2011	θαλάσσιο

Ο δείκτης ηπειρωτικότητας Johansson, όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, αναμένεται να παρουσιάζει μεγάλες τιμές στις περιοχές που βρίσκονται σε μεγαλύτερο υψόμετρο ή είναι πιο απομακρυσμένες από τη θάλασσα και τότε χαρακτηρίζει το κλίμα ως ηπειρωτικό. Αντίθετα, μικρές τιμές του δείκτη καταδεικνύουν περιοχές που είναι είτε παράκτιες ή γενικότερα βρίσκονται σε χαμηλό υψόμετρο και τότε το κλίμα τους χαρακτηρίζεται ως θαλάσσιο. Η εξάρτηση του δείκτη από την απόσταση από τη θάλασσα έγκειται στο γεγονός ότι ο δείκτης λαμβάνει υπόψη το Ε.Θ.Ε., το οποίο είναι μικρό κοντά στη θάλασσα, λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητας που αυτή έχει.

Παρατηρείται ότι οι τιμές που κατατάσσουν κάποιους σταθμούς στην κατηγορία του ηπειρωτικού κλίματος είναι πολύ κοντά στην οριακή τιμή κατάταξης που είναι το 33 άρα γενικεύοντας μπορεί να θεωρηθεί ότι το κλίμα αξιολογείται ως θαλάσσιο. Οι σταθμοί που

χαρακτηρίζονται ηπειρωτικοί είναι των Άνω Λιοσίων, Μάνδρας, Μενιδίου και Φιλαδέλφειας. Τονίζεται ότι η τιμή του κ είναι αντιστρόφως ανάλογη με το γεωγραφικό πλάτος.



Σχήμα 30: Χαρακτηρισμός ηπειρωτικότητας σύμφωνα με δείκτη Johannson

4.8 Κλιματική κατάταξη Korpen

Με τα διαθέσιμα κλιματολογικά δεδομένα κατατάχθηκε η υπό μελέτη περιοχή κατά Korpen. Οι παράμετροι κατάταξης Korpen βασίστηκαν στον υπολογισμό των ακόλουθων τιμών (Μαμάσης & Μιμίκου, 2006):

Μέσες ετήσιες τιμές

R: κατακρήμνιση σε χιλιοστά (mm)

T: θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου (°C)

Μέσες μηνιαίες τιμές

Tψ : θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα σε βαθμούς Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$)

Tθ : θερμοκρασία του θερμότερου μήνα σε βαθμούς Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$)

Tμ : θερμοκρασία ενός μήνα σε βαθμούς Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$)

Rξθ: ύψος κατακρήμνισης του ξηρότερου μήνα του θερμού εξαμήνου σε χιλιοστά (mm)

Rξψ: ύψος κατακρήμνισης του ξηρότερου μήνα του ψυχρού εξαμήνου σε χιλιοστά (mm)

Rυξ: ύψος κατακρήμνισης του υγρότερου μήνα του ψυχρού εξαμήνου σε χιλιοστά (mm)

Στηριζόμενοι στις παραπάνω παραμέτρους και στα παράγωγά τους προέκυψαν οι κλιματικοί τύποι κατά Koppen για τους υπό μελέτη μετεωρολογικούς σταθμούς. Ο γενικός κλιματικός τύπος της Αττικής είναι ο ΤΥΠΟΣ C, Υγρό με ήπιους χειμώνες (Moist with mild winters). Όλοι οι Μετεωρολογικοί Σταθμοί κατατάχθηκαν στον τύπο C καθώς πληρούν τις σχέσεις:

$$T\theta > 10\ ^{\circ}\text{C} \text{ και } -3\ ^{\circ}\text{C} < T\psi < 18\ ^{\circ}\text{C}$$

Το υγρό κλίμα με ήπιους χειμώνες επικρατεί στις ανατολικές και δυτικές περιοχές των ηπειρών μεταξύ των γεωγραφικών πλατών 25° - 40° . Χαρακτηρίζεται από ήπιους χειμώνες και αρκετή βροχή (ώστε να μην κατατάσσεται ως ξηρό), ενώ η θερμή και η ψυχρή περίοδος είναι διαχωρισμένες.

Όσον αφορά την κατάταξη σε υποκατηγορίες προέκυψε ότι όλοι οι Μετεωρολογικοί Σταθμοί ανήκουν στη δεύτερη κατηγορία s: Ξηρό καλοκαίρι (dry summer). Πληρούνται δηλαδή τα παρακάτω κριτήρια

$$R\xi\theta < 40\ \text{mm} \text{ και } R\xi\theta < R\upsilon\psi / 3$$

Ο τύπος Cs αντιπροσωπεύει το Μεσογειακό κλίμα που χαρακτηρίζεται από ήπιους υγρούς χειμώνες και ήπια, ζεστά και ξηρά καλοκαίρια λόγω της επιρροής των υποτροπικών αντικυκλώνων. Η ετήσια βροχή κυμαίνεται μεταξύ 300-900 mm αλλά μπορεί και να είναι περισσότερη στα γύρω υψώματα (Μαμάσης & Κουτσογιάννης, 2003). .

Τέλος, κατατάχθηκαν όλοι οι Μετεωρολογικοί Σταθμοί στον Τύπο τρίτης κατηγορίας, δηλαδή τον τύπο a: Μεγάλο και θερμό καλοκαίρι (summer long and hot). Για τον τύπο αυτό ισχύει το κριτήριο

$T_{\theta} > 22^{\circ}\text{C}$ και $T_{\mu} > 10^{\circ}\text{C}$ για 4 τουλάχιστον μήνες

Ο τύπος Csa στον οποίο κατατάχθηκε η Αττική παρουσιάζεται στις ηπειρωτικές περιοχές και χαρακτηρίζεται από τα ζεστά καλοκαίρια και χειμώνες ψυχρότερους από τις παράκτιες περιοχές. Ακολουθεί ο Πίνακας 13 με τα κλιματολογικά στοιχεία κατάταξης του κάθε σταθμού.

Πίνακας 13: Κλιματική κατάταξη Koppen

Μετεωρολογικός Σταθμός	t_{ψ} °C	t_{θ} °C	$T_{\theta} > 10$ °C	-3 °C $< T_{\psi} < 18$ °C	$r_{\xi\theta}$ (mm)	$r_{\omega\psi}$ (mm)	$R_{\xi\theta} < 40$ mm	$R_{\xi\theta} < R_{\omega\psi} / 3$	$T_{\theta} > 22$ °C	Κατάταξη κατά Koppen
Αγ. Κοσμάς	11,22	28,69	TRUE	TRUE	1,73	65,04	TRUE	TRUE	TRUE	Csa
Ανω Γλυφάδα	10,67	28,57	TRUE	TRUE	0,10	127,40	TRUE	TRUE	TRUE	Csa
Ανω Λιόσια	9,19	28,56	TRUE	TRUE	3,10	90,10	TRUE	TRUE	TRUE	Csa
Γαλάτσι	9,32	28,38	TRUE	TRUE	2,56	69,62	TRUE	TRUE	TRUE	Csa
Ηλιούπολη	9,96	28,59	TRUE	TRUE	0,82	75,44	TRUE	TRUE	TRUE	Csa
Μάνδρα	8,87	27,59	TRUE	TRUE	7,40	83,49	TRUE	TRUE	TRUE	Csa
Μενίδι	8,60	27,91	TRUE	TRUE	4,69	91,13	TRUE	TRUE	TRUE	Csa
Πεντέλη	5,57	23,96	TRUE	TRUE	1,87	113,88	TRUE	TRUE	TRUE	Csa
Πικέρμι	9,43	27,99	TRUE	TRUE	0,80	74,58	TRUE	TRUE	TRUE	Csa
Ψυττάλεια	11,07	28,48	TRUE	TRUE	5,31	63,62	TRUE	TRUE	TRUE	Csa
Ζωγράφου	8,57	28,00	TRUE	TRUE	1,70	85,35	TRUE	TRUE	TRUE	Csa
Ζωγράφου 2	9,69	27,89	TRUE	TRUE	1,13	77,48	TRUE	TRUE	TRUE	Csa
Ελευσίνα	9,21	28,82	TRUE	TRUE	7,63	65,72	TRUE	TRUE	TRUE	Csa
Ελληνικό	10,21	28,34	TRUE	TRUE	12,33	63,32	TRUE	TRUE	TRUE	Csa
Φιλαδέλφεια	12,57	33,75	TRUE	TRUE	9,04	71,76	TRUE	TRUE	TRUE	Csa
Πειραιάς	10,94	28,02	TRUE	TRUE	6,26	72,35	TRUE	TRUE	TRUE	Csa
Σπάτα	8,32	26,58	TRUE	TRUE	8,83	79,89	TRUE	TRUE	TRUE	Csa
Τατόι	7,42	27,00	TRUE	TRUE	12,47	83,15	TRUE	TRUE	TRUE	Csa

5 Συμπερασματα

5.1 Γενικά Συμπεράσματα

Οι δείκτες που υπολογίστηκαν μπορούν να δώσουν, όπως αποδείχτηκε μια εικόνα για τις κλιματικές συνθήκες, που επικρατούν στην περιοχή της Αττικής. Οι συνθήκες αυτές εμφανίζονται σε τοπικό επίπεδο και επηρεάζονται από τα μετεωρολογικά φαινόμενα που αναπτύσσονται τριγύρω (βροχοπτώσεις) αλλά και από το ανάγλυφο και τη φυσιογραφία της περιοχής (απόσταση από τη θάλασσα, υψόμετρο) καθώς και τη θερμοκρασία του αέρα που επικρατεί. Οι δείκτες λοιπόν είναι ικανοί να χαρακτηρίσουν το μικροκλίμα μιας περιοχής, και να δώσουν ενδεικτικά συμπεράσματα. για τον προσδιορισμό του γενικότερου κλίματος καθώς υπολογίστηκαν σε υπερετήσια βάση. Παρόλα αυτά, ο χαρακτηρισμός του κλίματος θα προϋπόθετε χρονοσειρά κλιματικών παραμέτρων τουλάχιστον τριακονταετίας για όλη την περιοχή μελέτης προκειμένου να εξαχθούν αξιοποιήσιμα αποτελέσματα.

5.2 Ειδικότερα Συμπεράσματα

Οι δείκτες ξηρασίας de Martonne (IDM) και Pinna, είναι δυνατό, να δώσουν μια εικόνα για το πόσο ξηρό ή υγρό θεωρείται το κλίμα στην κάθε περιοχή. Στον Πίνακα 14 παρουσιάζεται η κατάταξη του κάθε Μετεωρολογικού Σταθμού και για τους δύο δείκτες. Παρατηρείται ότι σύμφωνα με το δείκτη Pinna οι περισσότερες περιοχές χαρακτηρίζονται από ξηρό κλίμα. Αυτό συμβαίνει γιατί χρησιμοποιεί μόνο δύο κλίμακες στην κατάταξη του. Έτσι, ενώ το αριθμητικό εύρος των τιμών είναι παρόμοιο με του δείκτη De Martonne, το γεγονός ότι όλες οι τιμές κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες έχει σαν αποτέλεσμα μια σημαντική ομαδοποίηση. Έτσι, ως ημίξηρο μεσογειακό αξιολογείται το κλίμα μόνο στις περιοχές που απέχουν σημαντικά από τη θάλασσα και έχουν και υψηλό υψόμετρο (με εξαίρεση το Μ.Σ. στο Τατόι που αξιολογήθηκε το κλίμα του ως ξηρό). Από τους δύο, πιο ασφαλής μπορούμε να πούμε ότι θεωρείται ο Martonne, για την περιοχή της Αττικής αφού έχει μεγαλύτερη χρονική διακριτικότητα στα αποτελέσματα.

Πίνακας14: Σύγκριση κατάταξης ετήσιου δείκτη ξηρασίας De Martonne και Pinna

Μετεωρολογικός Σταθμός	Υψόμετρο Z (m)	Χαρακτηρισμός κλίματος κατά Martonne	Χαρακτηρισμός κλίματος κατά Pinna
Αγ. Κοσμάς	5,00	ξηρό	ξηρό
Ανω Γλυφάδα	185,00	ημίξηρο-μεσογειακό	ξηρό
Ανω Λίδια	184,00	ημίξηρο-μεσογειακό	Ημίξηρο - μεσογειακό
Γαλάτσι	176,00	ημίξηρο-μεσογειακό	ξηρό
Ηλιούπολη	206,00	ημίξηρο-μεσογειακό	ξηρό
Μάνδρα	258,00	μέτρια υγρό	Ημίξηρο - μεσογειακό
Μενίδι	248,00	μέτρια υγρό	Ημίξηρο - μεσογειακό
Πεντέλη	729,00	μέτρια υγρό	Ημίξηρο - μεσογειακό
Πικέρμι	133,00	ημίξηρο-μεσογειακό	ξηρό
Ψυττάλεια	20,00	ξηρό	ξηρό
Ζωγράφου	181,00	ημίξηρο-μεσογειακό	ξηρό
Ζωγράφου 2	219,00	ξηρό	Ημίξηρο - μεσογειακό
Ελευσίνα	31,00	ξηρό	ξηρό
Ελληνικό	15,00	ξηρό	ξηρό
Φιλαδέλφεια	138,00	ξηρό	ξηρό
Πειραιάς	5,00	ξηρό	ξηρό
Σπάτα	68,00	ξηρό	ξηρό
Τατόι	235,00	ημίξηρο-μεσογειακό	ξηρό

Οι δείκτες ηπειρωτικότητας βασίζονται στον ισχυρισμό ότι στο θαλάσσιο κλίμα οι ανοιξιάτικοι μήνες έχουν χαμηλότερες θερμοκρασίες από τους χειμερινούς. Η εξάρτηση του δείκτη από την απόσταση από τη θάλασσα έγκειται στο γεγονός ότι ο δείκτης λαμβάνει υπόψη το Ε.Θ.Ε., το οποίο είναι μικρό κοντά στη θάλασσα, λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητας που αυτή έχει. Στον Πίνακα 15 παρατηρείται ότι το κλίμα των υπό μελέτη Μετεωρολογικών Σταθμών κατηγοριοποιείται γενικά ως θαλάσσιο κατά Johansson και Kerner. Εξαίρεση αποτελούν κάποιοι Μετεωρολογικοί Σταθμοί σημαντικά απομακρυσμένοι και σε αρκετά υψηλό υψόμετρο που κατά Johansson αξιολογούνται ως ηπειρωτικοί.

Πίνακας15: Σύγκριση κατάταξης ετήσιου δείκτη ηπειρωτικότητας Johansson και Kerner

Μετεωρολογικός Σταθμός	Υψόμετρο Z (m)	Χαρακτηρισμός κλίματος κατά Kerner	Χαρακτηρισμός κλίματος κατά Johansson
Αγ. Κοσμάς	5,00	θαλάσσιο	θαλάσσιο
Ανω Γλυφάδα	185,00	θαλάσσιο	θαλάσσιο
Ανω Λιόσια	184,00	θαλάσσιο	ηπειρωτικό
Γαλάτσι	176,00	θαλάσσιο	θαλάσσιο
Ηλιούπολη	206,00	θαλάσσιο	θαλάσσιο
Μάνδρα	258,00	θαλάσσιο	ηπειρωτικό
Μενίδι	248,00	θαλάσσιο	ηπειρωτικό
Πεντέλη	729,00	θαλάσσιο	θαλάσσιο
Πικέρμι	133,00	θαλάσσιο	θαλάσσιο
Ψυττάλεια	20,00	θαλάσσιο	θαλάσσιο
Ζωγράφου	181,00	θαλάσσιο	θαλάσσιο
Ζωγράφου 2	219,00	θαλάσσιο	θαλάσσιο
Ελευσίνα	31,00	θαλάσσιο	θαλάσσιο
Ελληνικό	15,00	θαλάσσιο	θαλάσσιο
Φιλαδέλφεια	138,00	θαλάσσιο	ηπειρωτικό
Πειραιάς	5,00	θαλάσσιο	θαλάσσιο
Σπάτα	68,00	θαλάσσιο	θαλάσσιο
Τατόι	235,00	θαλάσσιο	θαλάσσιο

Επιχειρείται σύγκριση της εξέλιξης της ξηρασίας τους μήνες που εμφανίζεται το φαινόμενο. Για το λόγο αυτό συγκρίνονται οι χάρτες που δημιουργήθηκαν για τις τιμές του μηνιαίου δείκτη Martonne με τους χάρτες που προέκυψαν από τα ομβροθερμικά διαγράμματα Gaussen & Bagnouls. Από την εκτίμηση και αξιολόγηση των δεδομένων προκύπτει μια παρόμοια εικόνα εξέλιξης της ξηρασίας και στις δύο περιπτώσεις. Πιο συγκεκριμένα:

- Η Αττική, χαρακτηρίζεται από μέτρια υγρό Μάρτη και ημίξηρο μεσογειακό Απρίλη και Μάη.
- Το μήνα Μάρτιο οι ξηρές περιοχές καταλαμβάνουν εξαιρετικά μικρή έκταση στις παραθαλάσσιες κυρίως περιοχές ενώ τον Απρίλιο η εικόνα αλλάζει σημαντικά καθώς πλέον όλη η επιφάνεια κατατάσσεται στην κατηγορία ημίξηρο – μεσογειακό κλίμα με εξαίρεση το σταθμό της Πεντέλης.

- Τους μήνες Μάιο, Ιούνιο και Ιούλιο η ξηρασία εξελίσσεται σταδιακά με κορύφωση τον Αύγουστο όπου πλέον όλοι οι σταθμοί εμφανίζουν συνθήκες ξηρασίας.
- Τους μήνες του φθινοπώρου που ακολουθούν η ξηρασία σταδιακά περιορίζεται σε έκταση.
- Οι παραθαλάσσιες περιοχές έχουν μεγαλύτερη ξηρά περίοδο που διαρκεί περίπου 7 μήνες (αρχές Απριλίου έως μέσα Οκτωβρίου).
- Παρατηρείται ότι η Πεντέλη λόγω του υψηλού υψομέτρου και των σημαντικών βροχοπτώσεων που εμφανίζει έχει την μικρότερη περίοδο ξηρασίας.
- Γενικεύοντας; αναφέρεται ότι η ξηρασία ξεκινά από το Νότιο άκρο της Αττικής το μήνα Μάρτιο και γενικεύεται με κορύφωση τους μήνες Ιουλίου και Αυγούστου.

5.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Στην περιοχή της Αττικής, μελετώντας συστηματικά και κατανοώντας τη μετεωρολογική μεταβλητότητα σε χωρικό και χρονικό επίπεδο ενδεχομένως να δημιουργηθούν οι προϋποθέσεις για τον καθορισμό μέτρων και δράσεων που θα αποτελέσουν αρωγό στη βέλτιστη διαχείριση και ανάπτυξη.

Η έννοια των κλιματικών δεικτών αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο για την τυποποίηση στην περιγραφή των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν σε μια περιοχή. Βασικό στοιχείο είναι η κατηγοριοποίηση των περιοχών που προσφέρουν οι δείκτες. Η κατηγοριοποίηση επιτυγχάνεται με τον υπολογισμό των κλιματικών δεικτών αρχικά στα σημεία όπου έχουν συλλεχθεί τα μετεωρολογικά δεδομένα και στη συνέχεια με την επιφανειακή ολοκλήρωσή τους στην ευρύτερη περιοχή μελέτης.

Η συγκεκριμένη εργασία παρουσίασε τη διαδικασία που ακολουθείται στα πλαίσια της κατηγοριοποίησης της Αττικής με βάση τους κλιματικούς και βιοκλιματικούς δείκτες αλλά και τη διαζώνιση που επιτυγχάνεται, ανάλογα με τις διαβαθμίσεις των δεικτών. Η σύγκριση που έγινε ανάμεσα στους δείκτες είχε περισσότερο ερευνητικό και εκπαιδευτικό χαρακτήρα, βοηθώντας κυρίως στην κατανόηση της χρήσης των δεικτών και των συμπερασμάτων που μπορούν να διεξαχθούν από αυτούς,

Βιβλιογραφικές Αναφορές

1. Donald G. Ahrens 1999 Βασικές αρχές μετεωρολογίας Ίων
2. Bagnouls F. and Gaussen H., 1957: Les climats biologiques et leur classification. *Annales De Geographie*, 355, 193-220.
3. De Martonne, 1926 De Martonne E., *Trait' e de G' eographie Physique*: 3 tomes, Paris, 1(4), 1925-1927 (1925).
4. Emberger, L. 1955: Une classification biogeographique des climats. – *Recueil Trav. Lab. Bot. Geol. Zool. Univ. Fac. Sci. Montpellier* 7: 3-43.— 1959: Orientation actuelle au service de la C.G.V. de la cartographie physiologique appliquee. –*Bull. Serv. Carte Phytogeogr. Ser. B*: 4(2): 119-146
5. Emberger, L. 1930. Sur une formule applicable en g' eographie botanique. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences de Paris*, 19:389-390.
6. Gavilan R.G., The use of climatic parameters and indices in vegetation distribution, A case study in the Spanish Sistema Central, *Int. J. of Biometeor.*, 50(1), 111–120, (2005).
7. Kumari V. and Lal B.B., Climate change : A Major thret to wetlands : A case study of Bhalki wetlands India, *J. Environ. Res. Develop.*, 4(3),787-792 (2010).
8. McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kleist, 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints, 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA, pp. 179-184.
9. McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kleist, 1995. Drought monitoring with multiple time scales. Preprints, 9th Conference on Applied Climatology, 15-20 January, Dallas, TX, pp. 233-236.
10. Sauvage, C. 1961 : Reserches geobotaniques sur les suberaies marocaines. – *Trav. Inst. Sci. Cherifien Ser. Bot.*: 21. Rabat.
11. Sjoersten S. and. Wookey Pa, Decomposition of mountain birch leaf litter at the forest- tundra ecotone in the Fennoscandian mountains in relation to climate and soil conditions, *Plant Soil*, 262(1-2), 215–227, (2004).
12. Thom, H.C.S., 1958. A Note on the Gamma Distribution, *Monthly Weather Review*, 86 (4): pp. 117-122.
13. Tsakiris G. and D. Pangalou (2005) «Drought assessment: Comparing RDI with SPI and Deciles», 6th International Conference of European Water Resources Association.

14. Ζαμπάκας Ι. Γενική Κλιματολογία, Τμήμα Γεωλογίας, ΕΚΠΑ, 1992
15. Μαμάσης Ν. και Κουτσογιάννης Δ., 2003: «Κλιματολογία και κλιματική αλλαγή», σημειώσεις στο πλαίσιο του μαθήματος Υδρομετεωρολογία του Δ.Π.Μ.Σ. Υδρολογία Υδατικών Πόρων του ΕΜΠ.
16. Μαμάσης Ν. και Μιμίκου Μ., 2006. Σημειώσεις του μαθήματος «Πλημμύρες και Αντιπλημμυρικά Έργα», του μεταπτυχιακού προγράμματος Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων.
17. Μαμάσης Ν. και Κουτσογιάννης Δ., Υδρομετεωρολογία Κλιματολογία και κλιματική αλλαγή, Τομέας Υδατικών Πόρων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2010
18. Μαμάσης Ν., Παπαθανασίου Χ., Μιμίκου Μ., Σύστημα μέτρησης υδρομετεωρολογικών μεταβλητών στο λεκανοπέδιο Αττικής, 2008
19. Μαυρομάτης Γ 1980. Το βιοκλίμα της Ελλάδος. Σχέσεις κλίματος και φυσικής βλάστησης. Βιοκλιματικοί χάρτες. Ι.Δ.Ε.Α., Αθήνα.
20. Μπαλτάς Ε., 2007, Spatial distribution of climatic indices in northern Greece, METEOROLOGICAL APPLICATIONS 14: 69–78 (2007)Published online in Wiley InterScience
21. Παπαδοπούλου Γ., 2006: «Χωρική Απεικόνιση Κλιματικών & Βιοκλιματικών Δεικτών στην περιοχή της Αττικής με το σύστημα METEONET», Μεταπτυχιακή Εργασία, ΕΜΠ , Αθήνα.
22. Υπουργείο Γεωργίας, Εφαρμογή των άρθρων 11,13,15 της Οδηγίας Πλαίσιο περί υδάτων (2000/60/ΕΚ) στην Κύπρο, Παράρτημα 8, Τελικό σχέδιο διαχείρισης ξηρασίας, Κύπρος, 2011
23. Φλόκας Α. , Μαθήματα μετεωρολογίας και κλιματολογίας. · Ζήτη, 1994
24. Χαραλαμπίδης Ι., 2006. Εκτίμηση Βιομετεωρολογικών δεικτών σε φυτοκαλυμμένους και μη χώρους. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
25. Χρονοπούλου-Σερέλη Α., 1996. “Μαθήματα Γεωργικής Μετεωρολογίας”, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα
26. <https://www.google.gr/maps/>
27. www.hnms.gr/
28. <http://hoa.ntua.gr/>