



**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

***«ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ PALFAI DROUGHT
INDEX ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ»***



Επιμέλεια:

ΚΑΤΣΟΓΙΑΝΝΟΥ Α. ΙΩΑΝΝΑ

Αθήνα, Οκτώβριος 2012

Τριμελής Επιτροπή

Επιβλέπων:

Χρίστος Καραβίτης, Επίκουρος Καθηγητής Γ.Π.Α.

Μέλη:

Γεράσιμος Λυμπεράτος, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Μαγδαληνή Κροκίδα, Επίκουρη Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή κ. Χρίστο Καραβίτη Επίκουρο Καθηγητή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών του τμήματος Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής για την πολύτιμη συμβολή, υποστήριξη και καθοδήγηση, με τα οποία κατέστη δυνατή η ολοκλήρωση αυτής της μελέτης.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την ηθική τους υποστήριξη σε κάθε στάδιο αυτής της μελέτης.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Περίληψη

Η παρούσα μελέτη έχει ως αντικείμενο την εφαρμογή του δείκτη Palfai για την παρακολούθηση της λειψυδρίας στον ελλαδικό χώρο. Χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία βροχόπτωσης και θερμοκρασίας από 38 μετεωρολογικούς σταθμούς. Ο δείκτης Palfai εφαρμόστηκε αρχικά σύμφωνα με τον ορισμό του και κατόπιν έγινε μια απόπειρα προσαρμογής στον ελλαδικό χώρο με βάση τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά της χώρας. Στη συνέχεια με τη μέθοδο kriging δημιουργήθηκαν χάρτες που δείχνουν την κατανομή της λειψυδρίας για τα έτη 1989, 1990, 1993, 2000, 2003 και 2007. Τέλος αναλύθηκαν τα αποτελέσματα από τους χάρτες και προτάθηκαν διαχειριστικά μέτρα για την αντιμετώπιση του φαινομένου της λειψυδρίας.

Abstract

This study is intended to implement Palfai index for monitoring drought in Greece. Were used rainfall and temperature data from 38 meteorological stations. The index Palfai originally applied according to its definition and then made an attempt to adapt in Greece based on the climatic characteristics of the country. Then, the kriging method created maps showing the distribution of water scarcity for the years 1989, 1990, 1993, 2000, 2003 and 2007. Finally the results of the maps were analyzed and management measures were proposed to response the problem of water scarcity.

Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο	8
1. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	8
1.1 Το ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑ	8
1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ	10
1.3 ΔΕΙΚΤΕΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ	12
1.4 ΑΙΤΙΑ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ	13
1.5 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ	16
1.6 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΛΕΙΨΥΔΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ (1990 – 2009)	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο	19
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο	20
3. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΡαDI & ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ	20
3.1 ΔΕΙΚΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ (ΡΑDI).....	20
3.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΡΑDI	20
3.3 ΡΑDI 10%.....	23
3.4 ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ (KRIGING).....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο	26
4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΡαDI	26
4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	26
4.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	29
4.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΡΑDI.....	32
4.4 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΧΑΡΤΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΒΟΗΘΕΙΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ (ARCMAP 10)	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο	38
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο	56
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	56
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	59
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄	78
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ΄	97

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ'.....116

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....128

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η περιγραφή και η εφαρμογή του δείκτη λειψυδρίας Palfai Drought Index στον ευρύτερο ελλαδικό χώρο. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση και μια γενική ανάλυση για το φαινόμενο, τις αιτίες και τις επιπτώσεις της λειψυδρίας. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε με όλα τα στάδια.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια λεπτομερής ανάλυση του δείκτη λειψυδρίας (PaDI). Επίσης αναλύεται η γεωστατιστική μέθοδο kriging που χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία των χαρτών της λειψυδρίας. Στο τέταρτο κεφάλαιο δίνονται γενικές πληροφορίες σχετικά με την περιοχή μελέτης, όπως η γεωγραφική θέση, η θέση των μετεωρολογικών σταθμών που μελετήθηκαν, καθώς επίσης και για το κλίμα της Ελλάδος. Επιπρόσθετα αναλύονται οι διαδικασίες υπολογισμού του δείκτη αλλά και δημιουργίας των χαρτών. Στο πέμπτο κεφάλαιο υπάρχουν τα αποτελέσματα και η αξιολόγηση τους, όπως προέκυψαν κατόπιν επεξεργασίας των μετεωρολογικών δεδομένων. Στο έκτο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από το σύνολο της εργασίας.

Τέλος, παρατίθενται τέσσερα παραρτήματα, με τα διαγράμματα βροχόπτωσης, θερμοκρασίας και του PaDI και όλων των χαρτών που δημιουργήθηκαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1.1 Το Φαινόμενο Λειψυδρία

Η λειψυδρία είναι ένα πολύπλοκο και ακραίο μετεωρολογικό κλιματικό φαινόμενο, που μπορεί να εμφανιστεί σε ανύποπτο χρόνο, σε οποιαδήποτε περιοχή και με απροσδιόριστη διάρκεια. Από τη μέχρι σήμερα μετεωρολογική έρευνα, φαίνεται ότι είναι ένα φαινόμενο, που τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει σημαντική αύξηση στη συχνότητα εμφάνισης του σε πολλές χώρες του κόσμου, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα σημαντικές οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η λειψυδρία θεωρείται από τις πιο πολύπλοκες και λιγότερο κατανοητές φυσικές καταστροφές.

Η λειψυδρία διαφέρει από τις άλλες ακραίες μετεωρολογικές καταστάσεις σε πολλά σημεία. Πρώτον, είναι δύσκολο να οριστεί η έναρξη και η λήξη ενός επεισοδίου λειψυδρίας και αυτό γιατί παρουσιάζει υστέρηση στην εμφάνιση από τη στιγμή που θα παρατηρηθεί απουσία βροχοπτώσεων, ενώ τα καταστροφικά της αποτελέσματα μπορούν να συνεχιστούν και μετά την εμφάνιση κάποιων βροχοπτώσεων, για το λόγο αυτό θεωρείται ως «έρπον φαινόμενο» (Tannehill, 1947). Δεύτερον, δεν μπορεί να υπάρξει ένας κοινός παγκόσμιος επιστημονικός ορισμός για την λειψυδρία, κάθε περιοχή πρέπει να έχει το δικό της ορισμό ανάλογα με την κλιματολογία και την τοπογραφία που τη χαρακτηρίζει. Αυτό εξηγεί και το πλήθος των ορισμών που έχουν καταγραφεί στη διάρκεια των τελευταίων χρόνων (WMO, 1975, Meteorological Office, 1991, Wilhite and Glantz, 1985). Επιπρόσθετα, ο ορισμός της λειψυδρίας αλλάζει ανάλογα με το αντικείμενο της κάθε επιστήμης. Για την Μετεωρολογία, λειψυδρία είναι η ελάττωση της βροχόπτωσης σε σχέση με την «κανονική» τιμή της για μεγάλο χρονικό διάστημα. Για τη γεωργία σημαίνει μη παραγωγική σοδειά, που είναι αποτέλεσμα της έλλειψης του νερού στα κρίσιμα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας. Για την υδρολογία και την υδρογεωλογία σημαίνει πτώση της στάθμης των λιμνών, ποταμών και του υδροφόρου ορίζοντα κάτω από κάποιο όριο για μία ορισμένη χρονική περίοδο, ενώ για την οικονομία ή την πολιτική, η λειψυδρία εμφανίζεται μόνο όταν υπάρχουν οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις.

Η φύση με σταθερότητα και διάρκεια, μπορεί να εισάγει ακραίες μεταβολές στις μεταβλητές και τους παράγοντες των ανθρωπίνων συστημάτων. Τέτοιες ακραίες μεταβολές ή ακραία γεγονότα σαν τους σεισμούς, τις πλημμύρες και τις λειψυδρίες, που συχνά ονομάζονται και φυσικοί κίνδυνοι, μπορεί να παρουσιάσουν ανυπέρβλητα εμπόδια και δυσκολίες στον τρόπο αντιμετώπισης τους από τις ανθρώπινες κοινωνίες. Σε αυτό το πλαίσιο μπορεί να λεχθεί ότι οι λειψυδρίες είναι ένας από τους πολλούς φυσικούς κινδύνους που είναι δυνατόν να πλήξουν την ύδρευση και την άρδευση, με άλλα λόγια τον υδάτινο εφοδιασμό μιας περιοχής. Η υπάρχουσα τάση ανάμεσα στους ευρείς τεχνικούς και επαγγελματικούς κύκλους, στους διαχειριστές, τους πολιτικούς και λήπτες των αποφάσεων και γενικά ανάμεσα στους κοινούς πολίτες, είναι να θεωρούν την λειψυδρία σαν κάτι το παροδικό, έναν τυχαίο και απομακρυσμένο κίνδυνο που απαιτεί μόνο μια έκτακτη κινητοποίηση (Grigg, N.S. and Vlachos, E.C., 1990; Karavitis, C.A., 1999^a). Όμως, η συσσωρευόμενη εμπειρία από τις επιστημονικές έρευνες και παρατηρήσεις των τελευταίων δεκαετιών δείχνει ότι οι λειψυδρίες είναι αναπόφευκτες, καθώς τα φαινόμενα αυτά φαίνονται να είναι αναπόδραστα και μόνιμα στοιχεία του παγκόσμιου κλίματος, ειδικότερα μετά τις τελευταίες ενδείξεις για δυνατόν αυξανόμενη αστάθεια του περιβάλλοντος (φαινόμενο του θερμοκηπίου, μείωση του στρώματος όζοντος κλπ.). Αλλά επίσης είναι σημαντικό να επισημανθεί, ότι πιθανό ένας πολύ πιο σοβαρός και εξαπλωμένος κίνδυνος για τον υδάτινο εφοδιασμό, από τους φυσικούς ή και τους τεχνολογικούς κινδύνους μπορεί να δημιουργηθεί από την λανθασμένη διαχείριση που συνοδεύεται από ανεπιτυχείς πρακτικές σχεδιασμού και συντήρησης των υδατικών συστημάτων. (Karavitis, C.A., 1999^a).

Τα ζητήματα λειψυδρίας γίνονται ζητήματα έκτακτης ανάγκης και πρόκειται να διαδραματίσουν έναν βασικό ρόλο στο άμεσο μέλλον για τον καθορισμό των περιβαλλοντικών και αναπτυξιακών πολιτικών σε παγκόσμια κλίμακα, με άμεση ανάγκη την εφαρμογή κοινών στρατηγικών για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Οι λειψυδρίες δεν μπορούν να θεωρηθούν ως τοπικά φαινόμενα. Σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες τα επεισόδια λειψυδρίας παρουσιάζουν μεγαλύτερη συχνότητα τις τελευταίες δεκαετίες σε παγκόσμια κλίμακα. Συγκεκριμένα, το ποσοστό της έκτασης της γης που έχει προσβληθεί από σοβαρή λειψυδρία από τη δεκαετία του '70 έως το 2000 έχει διπλασιαστεί.

1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

Η λειψυδρία ορίζεται διαφορετικά από περιοχή σε περιοχή, αλλά και σύμφωνα με το στόχο του κάθε ερευνητή. Ο καταστροφικός χαρακτήρας της εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, όπως είναι οι υψηλές θερμοκρασίες, οι ισχυροί άνεμοι και η χαμηλή σχετική υγρασία (Oladipo, 1985). Επίσης, η λειψυδρία σχετίζεται με το χρόνο εμφάνισης της (καθυστέρηση στην έναρξη της υγρής περιόδου, απουσία βροχόπτωσης κατά τα στάδια ανάπτυξης των φυτών), αλλά και την αποτελεσματικότητα των βροχοπτώσεων (π.χ. ένταση βροχόπτωσης, αριθμός επεισόδιο βροχής). Έτσι, κάθε επεισόδιο λειψυδρίας μπορεί να θεωρηθεί μοναδικό με τα δικά του κλιματικά χαρακτηριστικά και επιπτώσεις.

Ο ακριβής ορισμός των λειψυδριών παρουσιάζει πολλές δυσκολίες για μία αντικειμενική παραδοχή του (Yevjenich V. et al 1983; Vlachos, E.C. and Grigg, N.S. 1990; Karavitis, C.A., 1999^a). Γενικότερα υπάρχουν πολλοί αμφιλεγόμενοι ορισμοί που συντείνουν στο να δημιουργείται μία σχετικά ασαφής κατάσταση. Κατ' αυτό τον τρόπο η λειψυδρία μπορεί να σημαίνει διαφορετικά πράγματα, τόσο στο ευρύ κοινό, όσο και στις διάφορες επιστημονικές ειδικότητες. Οι λειτουργικοί ορισμοί επιτρέπουν τον προσδιορισμό της αρχής και του τέλους καθώς επίσης και του βαθμού δριμύτητας μιας λειψυδρίας. Αυτοί οι ορισμοί κατηγοριοποιούνται από την άποψη τεσσάρων βασικών προσεγγίσεων για να προσδιορίσουν και να περιγράψουν τα γεγονότα λειψυδρίας: μετεωρολογική, υδρολογική, γεωργική, και κοινωνικοοικονομική λειψυδρία. Οι τρεις πρώτες προσεγγίσεις θεωρούν τη λειψυδρία ως ένα φυσικό φαινόμενο. Η τελευταία εξετάζει ένα γεγονός λειψυδρίας σε σχέση με την ανθρωποκεντρική ζήτηση και εφοδιασμό, ακολουθώντας τα αποτελέσματα της έλλειψης νερού μέσω του κοινωνικοοικονομικού συστήματος.

Έτσι λοιπόν έχουμε:

Μετεωρολογική λειψυδρία: Είναι η μείωση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων μιας περιοχής σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, σημαντικά κάτω από το μέσο όρο ή κάτω από μια συγκεκριμένη τιμή που καθορίζει την έναρξη της ξηρασίας.

Γεωργική λειψυδρία: Είναι η μείωση της υγρασίας του εδάφους σε τέτοιο βαθμό ώστε η γεωργική παραγωγή να μειώνεται σημαντικά ή η μείωση της υγρασίας του εδάφους περισσότερο από την εξατμισοδιαπνοή κατά την κρίσιμη περίοδο ανάπτυξης των φυτών.

Υδρολογική λειψυδρία: Είναι η έλλειψη όχι μόνο ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, αλλά και επιφανειακής και υπόγειας απορροής.

Κοινωνικο-οικονομική λειψυδρία: Ορίζεται ως η αρνητική τιμή της διαφοράς κάθε μορφής προσφοράς και ζήτησης νερού.

Οι λειψυδρίες προκύπτουν από το συνδυασμό πολλών φυσικών παραγόντων, που ενισχύονται από ανθρωπογενείς επιρροές. Η πρωταρχική αιτία κάθε λειψυδρίας είναι η ανεπάρκεια των βροχοπτώσεων και συγκεκριμένα η χρονική στιγμή, η κατανομή και η ένταση αυτής της ανεπάρκειας σε σχέση με την υπάρχουσα αποθηκευμένη ποσότητα νερού, την παροχή και τη ζήτηση. Η ανεπάρκεια αυτή έχει ως αποτέλεσμα την έλλειψη του απαραίτητου νερού για τη λειτουργία του φυσικού οικοσυστήματος και/ή για τις απαραίτητες ανθρώπινες δραστηριότητες.

Υψηλές τιμές θερμοκρασιών αέρα και υψηλά ποσοστά εξατμισοδιαπνοής συνδράμουν στην έλλειψη της βροχόπτωσης επιδεινώνοντας τη διάρκεια της περιόδου λειψυδρίας. Οι υψηλές θερμοκρασίες αέρα το καλοκαίρι, όταν συνδέονται με τον καθαρό ουρανό και την ηλιοφάνεια, αυξάνουν την εξατμισοδιαπνοή στο σημείο που είναι ελάχιστη ή μηδαμινή η διαθέσιμη βροχόπτωση και για την επαναφόρτιση των υπόγειων νερών ή των υδατορευμάτων των ποταμών. Λειψυδρίες μπορούν να εμφανιστούν και το χειμώνα όταν οι κατακρημνίσεις αποθηκεύονται στη λεκάνη απορροής με τη μορφή πάγου και χιονιού, εμποδίζοντας την επαναφόρτιση των ποταμών και των υδροφόρων οριζόντων, μέχρι να ανέβει η θερμοκρασία του αέρα και να αρχίσει το λιώσιμο του χιονιού. Οι κατακρημνίσεις και η θερμοκρασία του αέρα εξαρτώνται από τα πρότυπα κυκλοφορίας της ατμόσφαιρας (atmospheric circulation patterns).

Η λειψυδρία σχετίζεται επίσης με τη χρονική στιγμή (πχ εποχή του περιστατικού, καθυστερήσεις στην έναρξη της περιόδου βροχών, περιστατικό των βροχών σε σχέση με τα κύρια στάδια ανάπτυξης των καλλιεργειών) και την αποτελεσματικότητα (πχ ένταση βροχοπτώσεων, αριθμός βροχοπτώσεων) των κατακρημνίσεων. Άλλοι κλιματικοί παράγοντες που συνδέονται με τα περιστατικά λειψυδριών και επιδεινώνουν την δριμύτητά τους σε πολλές περιοχές του κόσμου, είναι η μεγάλη ταχύτητα του ανέμου και τα χαμηλά ποσοστά της υγρασίας της ατμόσφαιρας.

Οι λειτουργικοί ορισμοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αναλύσουν τη συχνότητα, τη δριμύτητα και τη διάρκεια λειψυδρίας σε μια δεδομένη ιστορική περίοδο. Τέτοιοι ορισμοί απαιτούν λεπτομερή μετεωρολογικά δεδομένα και δεδομένα

που ανταποκρίνονται στις επιπτώσεις, που εξαρτώνται από τη φύση του ορισμού που εφαρμόστηκε. Η ανάπτυξη της κλιματολογίας σε μία περιοχή παρέχει μεγαλύτερη κατανόηση των χαρακτηριστικών της και της πιθανότητας επανάλληψης της λειψυδρίας στα διάφορα επίπεδα δριμύτητας. Πληροφορίες τέτοιου τύπου είναι εξαιρετικά ευεργετικές στην ανάπτυξη των στρατηγικών αντιμετώπισης και μετριασμού της λειψυδρίας και στην προετοιμασία του σχεδίου διαχείρισής της.

1.3 ΔΕΙΚΤΕΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

Το μεγάλο πλήθος ορισμών της λειψυδρίας, τα διαφορετικά χαρακτηριστικά που εμφανίζει σε σχέση με την τοπογραφία και το κλίμα της κάθε περιοχής και οι πολύπλοκες φυσικές διεργασίες που συνδέονται με την εμφάνιση της επέβαλλαν τη δημιουργία δεικτών λειψυδρίας, έτσι ώστε να είναι εφικτή η αναγνώριση, η καταγραφή της έντασης και έκτασης των επεισοδίων λειψυδρίας, καθώς επίσης και η δυνατότητα αξιολόγησης της λειψυδρίας, όχι μόνο σε τοπικό επίπεδο, αλλά και σε μία ευρύτερη περιοχή.

Οι διάφοροι δείκτες λειψυδρίας χρησιμοποιούν για τον υπολογισμό τους διάφορες παραμέτρους, όπως το ύψος βροχής, το πάχος του στρώματος του χιονιού, τα αποθέματα του υπόγειου νερού, κλπ. Η τιμή του δείκτη λειψυδρίας είναι ένας καθαρός αριθμός, που μπορεί να φανεί περισσότερο χρήσιμος σε σχέση με την ανάλυση της κάθε παραμέτρου χωριστά. Η ορθή χρήση και ερμηνεία των δεικτών μπορεί να δώσει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε ξεχωριστού επεισοδίου λειψυδρίας, ενώ η μελέτη των τιμών του δείκτη στη διάρκεια του χρόνου μπορεί να δώσει την πιθανότητα επανεμφάνισης των επεισοδίων λειψυδρίας. Πρέπει να τονιστεί ωστόσο ότι η κακή χρήση των δεικτών, με τη μη σωστή εφαρμογή των περιορισμών του κάθε δείκτη, μπορεί να οδηγήσει σε παρερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Παρά το γεγονός ότι κανένας δείκτης δεν είναι ο βέλτιστος για όλες τις περιοχές και για όλες τις περιπτώσεις, ορισμένοι δείκτες παρουσιάζουν καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με άλλους, για συγκεκριμένες καταστάσεις.

Για παράδειγμα, ο δείκτης Palmer (Palmer Drought Severity Index) δημιουργήθηκε και εφαρμόστηκε σε μία περιοχή με ομαλό ανάγλυφο στις ΗΠΑ, με σκοπό τον καθορισμό της εμφάνισης λειψυδρίας. Σε περιοχές, όμως, όπου το ανάγλυφο είναι έντονο και υπάρχει σύνθετο τοποκλίμα, θεωρείται προτιμότερος ο συνδυασμός του δείκτη Palmer με άλλους δείκτες, όπως είναι ο δείκτης SWSI

(Surface Water Supply Index), οι οποίοι χρησιμοποιούν παραμέτρους που λαμβάνουν υπόψη τη διαφορετική τοπογραφία της κάθε περιοχής. Αναφορικά δείκτες λειψυδρίας οι οποίοι έχουν προταθεί και χρησιμοποιηθεί είναι :

- Palmer Drought Severity Index (PDSI- Palmer, 1965)
- Crop Moisture Index (CMI- Palmer, 1968)
- Deciles (Gibbs and Maher, 1967)
- FAO water satisfaction index (Frere and Popov, 1979), Agro- Hydro Potential (AHP- Petrasovits, 1990)
- Surface Water Supply Index (SWSI- Shafer and Dezman, 1982)
- Reclamation Drought Index (RDI- Bureau of Reclamation, 1988)
- Standardized Precipitation Index (SPI- McKee et al., 1993)
- Index of Moisture adequacy (IMA- Sastri, 1993)

Ο υπολογισμός περισσότερων του ενός δείκτη λειψυδρίας είναι απαραίτητος πριν τη λήψη των τελικών αποφάσεων για τη διαχείριση των υδατικών πόρων μιας περιοχής. Βέβαια, με τον όρο διαχείριση υδατικών πόρων εννοούμε το σύνολο των μέτρων με τα οποία επιδιώκεται η κάλυψη των αναγκών σε νερό στην επιθυμητή ποσότητα και ποιότητα στον χώρο και στον χρόνο που απαιτείται (Χ. Καραβίτης, 2008).

1.4 ΑΙΤΙΑ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

Τα αίτια του φαινομένου της λειψυδρίας είναι συνδυασμός πολλών παραμέτρων ή μπορεί να μην ισχύει καμία αυτές και να πρόκειται για ένα τυχαίο γεγονός. Μπορούν όμως να κατηγοριοποιηθούν ως εξής (Karavitis, C. A., 1992):

Φαινόμενο El Niño

Η μεγάλη θερμοχωρητικότητα που εμφανίζουν οι ωκεανοί, σε συνδυασμό με την ανταλλαγή ποσών ενέργειας μεταξύ ατμόσφαιρας και ωκεανών, αποτελεί κύριο παράγοντα καθορισμού των κλιμάτων στην επιφάνεια της γης (César N. 2001 & Philander, S. George, 1990). Η ελάττωση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας, η οποία είναι αποτέλεσμα κυρίως της μεταβολής της τροχιάς των

θαλάσσιων ρευμάτων, μπορεί να προκαλέσει μεταβολή στη συνηθισμένη εμφάνιση των καιρικών φαινομένων σε μια μεγάλη ή μικρή περιοχή στην επιφάνεια του πλανήτη, με αποτέλεσμα να εμφανιστεί ως ένα επιπλέον αίτιο εμφάνισης λειψυδρίας.

Το φαινόμενο El Niño ή θερμό επεισόδιο παρατηρείται στην περιοχή του Ειρηνικού Ωκεανού. Στο τέλος κάθε έτους εμφανίζεται κατά μήκος των ακτών του Ισημερινού και του Περού, ένα ασθενές, θερμό ωκεάνιο ρεύμα, το οποίο ορισμένα έτη ενισχύεται σημαντικά από απόψεως θέρμανσης και εκτείνεται μέχρι και το κέντρο του Ειρηνικού ωκεανού. Οι συνέπειες αυτού του φαινομένου είναι η μείωση της συνηθισμένης ανόδου ψυχρού, πλούσιου σε θρεπτικά, νερού.

Φαινόμενο La Nina

Το φαινόμενο La Nina χαρακτηρίζεται από ασυνήθιστα ψυχρές επιφανειακές ωκεάνιες μάζες, στο πλάτος του Ισημερινού και στον Ειρηνικό ωκεανό. Κάτω από κανονικές συνθήκες στο ανατολικό τμήμα του Ειρηνικού σημειώνονται υψηλές πιέσεις, ενώ στο δυτικό τμήμα του Ειρηνικού (Ινδονησία, Αυστραλία) σημειώνονται χαμηλές πιέσεις. Από την άποψη των επιφανειακών ανέμων, στη περιοχή επικρατούν οι αληγείς άνεμοι, οι οποίοι είναι ανατολικής συνιστώσας. Κατά τη διάρκεια, όμως, του φαινομένου EI Niño, η βαρομετρική πίεση του ανατολικού Ειρηνικού εμφανίζει ελάττωση, ενώ ταυτόχρονα, η πίεση στο δυτικό τμήμα του Ειρηνικού αυξάνει. Οι επιφανειακοί αληγείς άνεμοι εξασθενούν επιτρέποντας έτσι στα θερμά επιφανειακά νερά να επεκταθούν προς τον ανατολικό Ειρηνικό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση θερμού νερού στον ανατολικό Ειρηνικό, ενώ τα ψυχρά και πλούσια σε τροφή νερά από τα στρώματα δε μπορούν να αναδυθούν στις παράκτιες περιοχές της Αμερικής και έτσι τα θαλάσσια είδη της περιοχής υποφέρουν από έλλειψη τροφής και οξυγόνου.

Αυτό το μοντέλο παλινδρόμησης της ατμοσφαιρικής πίεσης ανάμεσα στο δυτικό και ανατολικό τμήμα του Ειρηνικού, είναι σήμερα γνωστό με τον όρο «Ταλάντωση Νότιας Κύμανσης» (El Niño Southern Oscillation, ENSO). Οι περιοχές που επηρεάζονται από την ENSO κυκλοφορία, (Bhalme et al. 1983), θεωρούνται περιοχές ξηρασιών και πλημμυρών. Τα φαινόμενα ENSO παίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία και την ένταση της λειψυδρίας.

Αστροφυσικοί παράγοντες

Το ηλιακό σύστημα στο οποίο ανήκει η γη κυριαρχείται από συνεχείς δυνάμεις και πολύπλοκη ενέργεια. Υποστηρίζεται ότι οι ηλιακές κηλίδες και οι σεληνιακοί κύκλοι των 18.6 ετών αποτελούν παράγοντες ρύθμισης της εμφάνισης λειψυδρίας ή βροχόπτωσης στον πλανήτη. Η περιοδική εμφάνιση τους αποτελεί μέσο πρόγνωσης της λειψυδρίας.

Έχει διαπιστωθεί σχέση ανάμεσα στους κύκλους των ηλιακών κηλίδων με την κυκλοφορία στην ανώτερη ατμόσφαιρα (Currie, 1981; 1984). Από την διακύμανση της πολικότητας των ηλιακών κηλίδων στο χρόνο παρατηρείται κύκλος 22 ετών (περιοδικότητα), ο οποίος αποτελείται από δύο 11-ετών κύκλους αντίθετης πολικότητας. Τα ελάχιστα της πολικότητας, στη διακύμανση των ηλιακών κηλίδων, αντιστοιχούν σε επεισόδια λειψυδρίας, μικρής ή μεγάλης έντασης.

Οι σεληνιακοί κύκλοι των 18.6 ετών αντιπροσωπεύουν τη διακύμανση της τροχιάς της σελήνης, σε σχέση με τον ισημερινό του ηλίου. Η τροχιά της σελήνης δημιουργεί, σε κανονικές συνθήκες, γωνία 5° από τον ισημερινό του ηλίου. Στο τέλος μιας πλήρους περιστροφής, η σελήνη δεν επιστρέφει στην αρχική της θέση αλλά έχει μετατοπιστεί λίγο μακρύτερα στο εσωτερικό της τροχιάς της. Κάθε 9.3 έτη, η τροχιά της σελήνης φτάνει στο υψηλότερο σημείο και τότε η σελήνη βρίσκεται πιο κοντά στον Ισημερινό της Γης, δηλαδή βρίσκεται στη θέση του ελαχίστου. Με την έλευση των επόμενων 9.3 ετών, η σελήνη επιστρέφει στην αρχική της θέση, κ.ο.κ. Ο Currie (1981; 1984) απέδειξε ότι τα μέγιστα των 18.6 ετών, σεληνιακού κύκλου, συνδέονται με την εμφάνιση πλημμύρων ή λειψυδριών σε διάφορες περιοχές.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) και οι διάφοροι αστρονομικοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν την εμφάνιση λειψυδρίας σε ορισμένες περιοχές. Τα φαινόμενα αυτά όμως εκφράζουν μόλις τα 15-30% της ολικής διακύμανσης της βροχόπτωσης, οπότε το 70% περίπου της πιθανότητας εμφάνισης λειψυδρίας σε κάποια περιοχή οφείλεται σε άλλους κλιματικούς παράγοντες που τελούν ακόμα υπό έρευνα (Bryant, 1991).

Αλλαγές στην κυκλοφορία της ατμόσφαιρας

Πολλοί ερευνητές πιστεύουν ότι οι μετακινήσεις των κυμάτων Rossby είναι υπεύθυνες, τόσο για μικρής διάρκειας λειψυδρία όσο και για ημιμόνιμες καταστάσεις του κλίματος σε συγκεκριμένες περιοχές του βορείου Ημισφαιρίου. Ειδικότερα, οι Bryson and Murray (1977) υποστηρίζουν ότι η λειψυδρία στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου αλλά και της βόρειας Αφρικής οφείλεται κατά κύριο λόγο στη θέση των κυμάτων Rossby. Η εξαιρετική λειψυδρία, που καταγράφηκε το 1976 στη Μεγάλη Βρετανία, μπορεί να ήταν αποτέλεσμα της μετακίνησης του πολικού αεροχειμάρρου και του πολικού μετώπου προς τα βόρεια, επιτρέποντας έτσι την επέκταση του αντικυκλώνα του Ατλαντικού μέχρι τη Μεγάλη Βρετανία, με αποτέλεσμα την επικράτηση μεγάλης ευστάθειας στη περιοχή και στην απουσία βροχόπτωσης.

Αλλαγές στην ατμοσφαιρική κυκλοφορία μπορεί να προκληθούν και από άλλους παράγοντες, μικρότερης σημασίας. Η εισαγωγή μεγάλης ποσότητας ηφαιστειακής τέφρας ή λεπτόκοκκου κονιορτού από τις ερήμους μπορεί να μεταβάλει το ισοζύγιο της ακτινοβολίας με άμεσο αποτέλεσμα την υπερθέρμανση των αερίων μαζών και την εμφάνιση λειψυδρίας στις περιοχές αυτές.

Ανθρωπογενείς Παράγοντες

Είναι η αύξηση του πληθυσμού, οι χρήσεις γης, η ποιότητα του νερού, οι εσκεμμένες πυρκαγιές των δασών, οι ξεπερασμένες μέθοδοι καλλιέργειας, η ισχύουσα νομοθεσία και η διαχείριση των υδατικών πόρων.

1.5 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

Τα αποτελέσματα του φαινομένου έχουν αθροιστική δράση σε όλες τις δραστηριότητες και σχετίζονται με την οικονομία του νερού και την κοινωνία.

Οι Wilhite et al., (1987) περιέγραψαν δύο μεθόδους προσέγγισης των αποτελεσμάτων. Σαν πρώτη είναι η προσέγγιση του αιτίου- αιτιατού: η λειψυδρία είναι ένα κλιματικό φαινόμενο που λειτουργεί μοναδικά και έχει κάποιο αποτέλεσμα.

Η δεύτερη είναι η προσέγγιση της αλληλεπίδρασης και υποστηρίζει πως ποικίλες διαδικασίες (φυσικές, οικονομικές, κοινωνικές) ίσως επηρεάζουν την μοναδική

δράση του φαινομένου και επηρεάσουν και το αποτέλεσμα. Με άλλα λόγια εάν κοινωνικοπολιτικοί και περιβαλλοντικοί λόγοι συνδυαστούν αρνητικά με μια μοναδική λειτουργία ίσως να προκληθεί κρίση. Η δεύτερη προσέγγιση της αλληλεπίδρασης θεωρήθηκε πιο ρεαλιστική, παρουσιάζοντας τα αποτελέσματα του φαινομένου της λειψυδρίας σαν «βαθμούς αλληλεπίδρασης» (Wilhite, D.A. et al., 1987). Από αυτή την άποψη μια πρώτη κατηγοριοποίηση θα ήταν σε πρώτου, δευτέρου και τρίτου βαθμού αποτελέσματα (Changnon, S.A. and Easterling, W.E., 1989).

Τα αποτελέσματα πρώτου βαθμού σχετίζονται με αλλαγές στον υδρολογικό κύκλο (βροχόπτωση, απορροή, υπεδάφιο νερό, παροχή ποταμών). Τα αποτελέσματα δευτέρου βαθμού επηρεάζουν τις ανθρώπινες δραστηριότητες (γεωργία, βιομηχανία, μεταφορά, αστική χρήση). Τα αποτελέσματα τρίτου βαθμού μπορούν να θεωρηθούν οι ενέργειες για προσαρμογή απέναντι στα πρώτου και δευτέρου βαθμού αποτελέσματα (έλλειμμα εισοδήματος, ρυθμίσεις στον τρόπο ζωής, ορθολογική οργάνωση).

Οι Wheaton, E., et al., 2005 υποστηρίζουν πως η λειψυδρία επηρεάζει την κοινωνία έμμεσα ή άμεσα. Χρησιμοποίησαν για τη μελέτη τους ένα ενιαίο πλαίσιο εργασίας, αιτίου αιτιατού, στο οποίο οι παράγοντες που προκαλούν λειψυδρία οδηγούν σε λειψυδρίες διαφόρων χαρακτηριστικών. Οι λειψυδρίες αυτές έχουν βιολογικές και οργανικές επιπτώσεις, οι οποίες στη συνέχεια οδηγούν σε κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις. Οι προσαρμοσμένες αντιδράσεις στη λειψυδρία λαμβάνουν χώρα σε δύο χρονικές κλίμακες: μια βραχυπρόθεσμη χρονική κλίμακα που λαμβάνει χώρα νωρίς, στην αρχή της λειψυδρίας και μια μακροπρόθεσμη στρατηγική που λαμβάνει χώρα πριν ή μετά το φαινόμενο της λειψυδρίας με σκοπό την αντιμετώπιση αντίστοιχων μελλοντικών φαινομένων. Η προσαρμοστικότητα (adaptation) ορίζεται ως η ρύθμιση - προσαρμογή στα φυσικά ή ανθρώπινα συστήματα, και προκύπτει σαν απάντηση στα πραγματικά ή αναμενόμενα κλιματικά ερεθίσματα (αίτια) ή στα αποτελέσματά τους. Η επιτυχία της προσαρμοστικότητας είναι να μετριάσει τη βλαβερή επίδραση ή να εκμεταλλευτεί τις ευκαιρίες που μπορούν να προκύψουν από ένα φαινόμενο λειψυδρίας (Watson et al., 2001).

1.6 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΛΕΙΨΥΔΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ (1990 – 2009)

Το 1990 καταγράφηκε, μείωση κατά 43% στην μέση ετήσια βροχόπτωση της Ελλάδος. Ως αποτέλεσμα της μείωσης των βροχοπτώσεων, οι εισροές σε λίμνες, ποτάμια, δεξαμενές και υπόγειων υδροφορέων ήταν μειωμένες αντίστοιχα, σε όλη την Ελλάδα. Καλλιέργειες, κτηνοτροφία και η άγρια πανίδα επηρεάστηκαν σοβαρά κατά τη διάρκεια της λειψυδρίας. Η βιομηχανία και οι οικονομικές δραστηριότητες που αντιμετωπίζουν μια ύφεση. Οι απώλειες από την λειψυδρία κλιμακώθηκαν περίπου σε 1,5 δισ. USD το 1990. Οι επιπτώσεις της λειψυδρίας στο σύστημα υδροδότησης της Αθήνας ήταν επίσης μεγάλη. Το 1990, η εισροή στην παροχή των ταμιευτήρων είχε φτάσει στα χαμηλότερα επίπεδα και για την περιοχή της Αθήνας τον Οκτώβριο είχε αποθέματα νερού μόνο για 56 ημέρες. Το 1993, η λειψυδρία άρχισε να εκδηλώνει την παρουσία του τον Δεκέμβριο του 1992, όταν οι εισροές σε ταμιευτήρα του Μόρνου ήταν περίπου $30 \times 10^6 \text{m}^3$, ενώ ο μέσος όρος $80 \times 10^6 \text{m}^3$. Ξανά στις Αύγουστο του 1993 ανακοινώθηκε ότι η περιοχή της Αθήνας είχε αποθέματα νερού μέχρι την 3η Οκτωβρίου, του ίδιου έτους. Τα αποθέματα είχαν κυμανθεί: το 1990 στα 145 εκατ., το 1991 στα 305 εκατ., το 1992 στα 176 και το 1993 120 εκατ, κυβικά μέτρα νερού.

Στο πλαίσιο αυτό, η μητροπολιτική Αθήνα παρέχει μια μοναδική ευκαιρία για τη μελέτη της λειψυδρίας και των τρόπων αντιμετώπισης της διαχείρισης της λειψυδρίας σε δυσμενείς φυσικές και κοινωνικο-οικονομικές συνθήκες και σε διαφορετικά πολιτιστικά περιβάλλοντα.

Στη συνέχεια το έτος 2000 ήταν έτος λειψυδρίας για την Ελλάδα αλλά το φαινόμενο δεν επέφερε μεγάλα προβλήματα στην Ηπειρωτική Ελλάδα αντιθέτως με τα νησιά του κεντρικού Αιγαίου και την Κρήτη.

Τέλος το 2007 επανήλθε το φαινόμενο της λειψυδρίας και η ένταση του θα μπορούσε να συγκριθεί με τη λειψυδρία του 1990. Σχεδόν όλη η Ελλάδα πλήχθηκε από την λειψυδρία αλλά κυρίως η Θεσσαλία και οι Κυκλάδες.

Το σημαντικότερο πρόβλημα στην περίπτωση της Αθήνας και γενικά της Ελλάδος δεν ήταν η έλλειψη των ειδικών τεχνικών για το σχεδιασμό και τη διαχείριση της λειψυδρίας, αλλά περισσότερο η έλλειψη ολιστικών στρατηγικών, λήψης αποφάσεων και των τρόπων αντιμετώπισης, μέσω των οποίων η λειψυδρία θα μπορούσε να είναι πιο αποτελεσματική και κοινωνικά δίκαιη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Για τη συγκεκριμένη μελέτη, συλλέχθηκαν δεδομένα μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης και θερμοκρασίας για συνολικά 38 σταθμούς, από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.), με σκοπό να καλυφθεί ικανοποιητικά ο Ελληνικός χώρος και να υπάρχει μια καλή διασπορά.

Οι χρονοσειρές των μέσων μηνιαίων τιμών χρησιμοποιήθηκαν ώστε να υπολογιστεί η τιμή του PaDI, μέσω ενός υπολογιστικού αρχείου του Excell.

Στη συνέχεια εφαρμόσαμε τη διαδικασία της γεωστατιστικής μεθόδου (Kriging) για τη δημιουργία των χαρτών. Αυτή η διαδικασία αφορούσε τα έτη 1962, 1967, 1977, 1981, 1989, 1990, 1993, 1996, 2000, 2003 και 2008. Έτσι δημιουργήθηκε αρχείο για κάθε έτος με το όνομα των σταθμών, τις συντεταγμένες τους σε ΕΓΣΑ87 και τα αποτελέσματα του PaDI. Έπειτα δημιουργήθηκαν τα ακριβή όρια όπου θα λάμβανε χώρα η γεωστατιστική μέθοδος αλλά και η απόχρωση που θα εμφανίζεται σύμφωνα με τα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα με κόκκινο χρώμα εμφανίζονται οι ακραίες λειψυδρίες και με κίτρινο οι εξαιρετικά υγρές περιόδους. Η διαβάθμιση έγινε σύμφωνα με τον πίνακα 3.2 όπου παρουσιάζεται στο επόμενο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

3. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ PaDI & ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

3.1 ΔΕΙΚΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ (PaDI)

Ο δείκτης **PaDI** (Palfai Drought Index) ορίζει την ένταση της λειψυδρίας με μία σειρά δεδομένων για ένα ολόκληρο γεωργικό έτος. Εκφράζει τη σχέση της εξάτμισης (θερμοκρασία) και της βροχόπτωσης (η τελευταία με τη χρονικά μεταβαλλόμενη ζήτηση των φυτών σε νερό), με τη μελέτη της κατάστασης της στάθμης των υπόγειων υδάτων. Για τον υπολογισμό του δείκτη, χρησιμοποιούνται δεδομένα από μετεωρολογικούς σταθμούς, αλλά η βροχόπτωση τους καλοκαιρινούς μήνες είναι περισσότερο σταθμισμένη για τον καθορισμό της γεωργικής λειψυδρίας.

Τα πλεονεκτήματα του PaDI για τον χαρακτηρισμό της έντασης της λειψυδρίας είναι:

1. Είναι αναλογικός με τη μείωση της καλλιέργειας
2. Δίνει χρονοσειρές κατάλληλες για την ανάλυση των τάσεων
3. Κατάλληλο για την ανάλυση συσχέτισης (απόδοση, παράσιτα, κ.λπ.)

Ο υπολογισμός του δείκτη είναι σχετικά απλός δεν απαιτούνται πολλά δεδομένα και σχετίζεται με τις μέσες τοπικές συνθήκες. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται είναι, μέση μηνιαία βροχόπτωση και μέση μηνιαία θερμοκρασία.

3.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ PaDI

Ο αρχικός στόχος της μελέτης ήταν η απόκτηση των δεδομένων ώστε να καταστεί πιο εύκολος ο υπολογισμός. Για τον υπολογισμό των διορθωτικών συντελεστών χρησιμοποιήθηκε άλλη μέθοδος. Αντί της χρησιμοποίησης των ημερήσιων τιμών της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης, καθώς και τα επίπεδα των υπογείων υδάτων, χρησιμοποιήθηκαν, η μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα και το άθροισμα της βροχόπτωσης.

Οπότε η σχέση που μας δίνει την τιμή ακολουθεί παρακάτω και οι συντελεστές βαρύτητας w_i είναι: 0,1 τον Οκτώβριο, σε 0,4 Νοέμβριο και Δεκέμβριο,

0,5 από τον Ιανουάριο μέχρι τον Απρίλιο, Μάιο 0,8, 1,2 τον Ιούνιο, 1,6 τον Ιούλιο, σε 0,9 Αύγουστο και 0,1 το Σεπτέμβριο.

Month	w _i
X	0.1
XI, XII	0.4
I,II,III,IV	0.5
V	0.8
VI	1.2
VII	1.6
VIII	0.9
IX	0.1
Σ	7.5

Πίνακας 3.1. Τιμές των συντελεστών w_i

$$PaDI_o = \frac{\left[\sum_{i=apr}^{aug} T_i \right] / 5 * 100}{\sum_{i=oct}^{sept} (P_i * w_i)} \quad (3.1)$$

Όπου,

PaDI₀: τιμή - βάσης του δείκτη ξηρασίας,

T_i: μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας από τον Απρίλη έως τον Αύγουστο,

P_i: μηνιαίο άθροισμα βροχόπτωσης από τον Οκτώβριο έως τον Σεπτέμβριο,

w_i: συντελεστής στάθμισης.

$$PaDI = PDI_o * k_1 * k_2 * k_3 \quad (3.2)$$

Όπου,

k₁ = σχέση μεταξύ μέσης θερμοκρασία του καλοκαιριού και μέσης ετήσιας θερμοκρασίας

k₂ = σχέση μεταξύ ελάχιστης μηνιαίας βροχόπτωσης του καλοκαιριού και μέσης ετήσιας βροχόπτωσης

k₃ = σχέση μεταξύ της μέσης βροχόπτωσης των προηγούμενων 36 μηνών και της μέση ετήσιας βροχόπτωσης

$$k_1 = \frac{(T_{jun} + T_{jul} + T_{aug}) / 3}{(\bar{T}_{jun} + \bar{T}_{jul} + \bar{T}_{aug}) / 3} \quad (3.3)$$

k_1 = σχέση μεταξύ μέσης καλοκαιρινής θερμοκρασίας και μέσης ετήσιας θερμοκρασίας (0,85 – 1,23)

$$\bar{P}_{summer}^{\min} = \text{MIN}(\bar{P}_{jun}, \bar{P}_{jul}, \bar{P}_{aug}) \quad (3.4)$$

$$k_2 = 4 \sqrt{\frac{2 * \bar{P}_{summer}^{\min}}{\text{MIN}(P_{jun}, P_{jul}, P_{aug}) + \bar{P}_{summer}^{\min}}} \quad (3.5)$$

Όπου,

k_2 = σχέση μεταξύ μέση ελάχιστης μηνιαίας βροχόπτωσης και μέσης ετήσιας βροχόπτωσης (0,87 – 1,19)

$$\bar{P}_{36m} = \frac{\sum_{i=(Year-3)oct}^{(Year)sept} P_i}{36} \quad (3.6)$$

$$k_3 = n \sqrt{\frac{\bar{P}}{\bar{P}_{36m}}} \quad (3.7)$$

$n_{\text{flat land}}$	= 3
$n_{\text{hilly land}}$	= 5

Όπου,

k_3 = σχέση μεταξύ της μέσης βροχόπτωσης των προηγούμενων 36 μηνών και της μέση ετήσιας βροχόπτωσης (0,87 – 1,16)

Εκτίμηση του PaDI (for a year)	
4-6	Ήπια λειψυδρία
6-8	Μέτρια λειψυδρία
8-10	Μεγάλη λειψυδρία
10-12	Πολύ μεγάλη λειψυδρία
>12	Ακραία λειψυδρία

Πίνακας 3.2. Κατηγοριοποίηση της λειψυδρίας με βάση τις τιμές του PaDI

3.3 PaDI 10%

Ο PaDI 10%, εκφράζει την 10% πιθανότητα εμφάνισης της λειψυδρίας που προκύπτει από μεγάλη χρονοσειρά δεδομένων. Επίσης εκφράζει τα κλιματικά και γεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής, την ένταση και τη συχνότητα της λειψυδρίας.

Εκτίμηση του PaDI 10%	
4-6	Ήπια λειψυδρία
6-8	Μέτρια λειψυδρία
8-10	Μεγάλη λειψυδρία
10-12	Πολύ μεγάλη λειψυδρία
>12	Ακραία λειψυδρία

Πίνακας 3.3 Κατηγοριοποίηση της λειψυδρίας με βάση τις τιμές του PaDI 10%

3.4 ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ (KRIGING)

Η μέθοδος kriging αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 50 από το μηχανικό ορυχείων Krige (1951) με σκοπό την πρόγνωση της περιεκτικότητας σε μέταλλευμα μιας περιοχής εξόρυξης αξιοποιώντας μεμονωμένες μετρήσεις

περιεκτικότητας σε συγκεκριμένα σημεία. Η περιεκτικότητα αυτή μοντελοποιείται ως μια στοχαστική συνάρτηση στις τρεις διαστάσεις, δηλαδή ως ένα τυχαίο πεδίο (random field) σύμφωνα με την πιο σύγχρονη ορολογία. Ο γενικότερος χαρακτήρας του kriging ως μεθόδου πρόγνωσης ενός τυχαίου πεδίου αναγνωρίστηκε από τον Matheron (1962) ο οποίος μελέτησε τα λεπτά μαθηματικά προβλήματα που σχετίζονται με τον απειροδιάστατο χαρακτήρα του άγνωστου τυχαίου πεδίου. Έτσι αργότερα η μέθοδος βρήκε εφαρμογή και σε άλλα προβλήματα πρόγνωσης όπως αυτά της υδρολογίας. Όμως παρόμοια προβλήματα πρόγνωσης τυχαίων πεδίων ή στοχαστικών συναρτήσεων (stochastic processes), όρος που επεκράτησε για συναρτήσεις του χρόνου, είχε ήδη μελετηθεί ανεξάρτητα τόσο από τον Kolmogorov (1941) όσο και από τον Wiener (1949), ώστε να μπορούμε να μιλούμε για μία συγκροτημένη θεωρία πρόγνωσης τυχαίων πεδίων των Wiener - Kolmogorov.

Στην γεωδαισία μια παρόμοια μέθοδος εισήχθη από τον Moritz (Heiskanen & Moritz, 1967) για την πρόγνωση του πεδίου βαρύτητας αλλά αναλύθηκε διεξοδικά από τον Krarup (1969), ο οποίος επιπλέον κατέδειξε τη σχέση με το ντετερμινιστικό πρόβλημα παρεμβολής μιας αρμονικής συνάρτησης δυναμικού έλξης η οποία ανήκει σε ένα χώρο συναρτήσεων Hilbert με αναπαραγωγό πυρήνα (reproducing kernel). Η σχετική μεθοδολογία ονομάστηκε σημειακή προσαρμογή (collocation).

Παρά την παρουσία ενός απειροδιάστατου πεδίου σε κάθε εφαρμογή, το πρόβλημα μπορεί να αναχθεί σε ένα κλασσικό πρόβλημα στατιστικής πρόγνωσης, με πεπερασμένες διαστάσεις, στα πλαίσια του λεγομένου μοντέλου τυχαίων επιδράσεων (random effects model), επειδή ο αριθμός των δεδομένων είναι πεπερασμένος αλλά και η ίδια η πρόγνωση του άγνωστου τυχαίου πεδίου μπορεί να αντιμετωπισθεί ως πρόβλημα πρόγνωσης μίας τιμής του σε οποιοδήποτε σημείο του πεδίου ορισμού του.

Παρ' όλες τις ομοιότητες με τη γενικότερη θεωρία πρόγνωσης των Wiener - Kolmogorov η μέθοδος kriging έχει μια σημαντική διαφορά, στο ότι χρησιμοποιεί τη συνάρτηση του μεταβολογράμματος (variogram) στη θέση της συνάρτησης συμμεταβλητότητας (covariance function) του σχετικού τυχαίου πεδίου. Από θεωρητική σκοπιά η επιλογή αυτή επεκτείνει την εφαρμοσιμότητα του kriging και σε τυχαία πεδία τα οποία διαθέτουν μεταβολόγραμμα αλλά όχι συνάρτηση συμμεταβλητότητας. Η ευρύτητα αυτή του πεδίου εφαρμογής είναι όμως ασήμαντη από πρακτική σκοπιά, όπου πλέον σημαντική είναι η δυνατότητα πρόγνωσης όταν το τυχαίο πεδίο έχει σταθερή μεν αλλά άγνωστη συνάρτηση μέσης τιμής, ενώ οι άλλες μέθοδοι προϋποθέτουν γνώση της σταθερής μέσης τιμής.

Περιοριζόμαστε εδώ λόγω του περιορισμένου χώρου στο λεγόμενο κοινό kriging (ordinary kriging) με άγνωστη σταθερή μέση τιμή. Το πρόβλημα του «παγκόσμιου» kriging (universal kriging) όπου η άγνωστη μέση συνάρτηση είναι γραμμικός συνδυασμός γνωστών συναρτήσεων με άγνωστους συντελεστές, αντιμετωπίζεται και αυτό στα πλαίσια της κλασσικής πεπερασμένων διαστάσεων στατιστικής μεθοδολογίας εκτίμησης-πρόγνωσης στα πλαίσια του λεγομένου μοντέλου μικτών επιδράσεων (mixed effects model). Η ουσία όμως των εδώ συγκρίσεων και συμπερασμάτων δεν χρειάζεται τη γενίκευση του «παγκόσμιου» kriging (universal kriging), το οποίο απλά οδηγεί σε κάπως πολύπλοκότερους αλγορίθμους, οι οποίοι όμως (συνήθως) χρησιμοποιούν τη συνάρτηση συμμεταβλητότητας αντί του μεταβολογράμματος. Περισσότερο δραστική είναι η γενίκευση του intrinsic kriging, το οποίο οδηγεί σε λύσεις ανεξάρτητες της άγνωστης συνάρτησης μέσης τιμής αξιοποιώντας τη λεγόμενη γενικευμένη συνάρτηση συμμεταβλητότητας. Τέλος μια πρόσφατη γενίκευση είναι το γενικευμένο kriging (generalized kriging) των Reguzzoni et al. (2005), το οποίο επιτρέπει τη χρήση οποιωνδήποτε σχεδόν πραγματικών τιμών που σχετίζονται με το άγνωστο πεδίο, τόσο ως παρατηρήσεων όσο και ως ποσοτήτων προς πρόγνωση, αρκεί αυτές να μπορούν να εκφραστούν ως γραμμικά συναρτησιακά του σχετικού πεδίου (γραμμικές απεικονίσεις συναρτήσεων σε πραγματικές τιμές). Από την εδώ σύγκριση στα πλαίσια του στατιστικού μοντέλου τυχαίων επιδράσεων, προκύπτει μια ακόμη γενίκευση, το «επηηρεασμένο kriging» (biased kriging) η οποία έχει ήδη προταθεί από τους Dermanis & Sansò (2007).

Σημειακό kriging: είναι η απλούστερη από τις μεθόδους kriging. Αυτό χρησιμοποιεί αδιάστατα σημεία που εκτιμά άλλα αδιάστατα σημεία, π.χ. ισούψεις (Gallier, J., 2000). Στο σημειακό kriging οι περιφερειακές μεταβλητές είναι θεωρούνται στατικές, η μεταβολή δεν υφίσταται.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στο kriging του επιτρέπουν να έχει ένα πλεονέκτημα από άλλες διαδικασίες εκτίμησης στο ότι οι εκτιμώμενες τιμές έχουν ελάχιστο σφάλμα που σχετίζεται με αυτές και το σφάλμα αυτό είναι μετρήσιμο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ PaDI

4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η Ελλάδα βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα της Ευρώπης (γεωγραφικά πλάτη 34 – 42^ο) και ειδικότερα στη νοτιότερη απόληξη της Βαλκανικής χερσονήσου, στο μεταίχμιο μεταξύ της ευρωπαϊκής, ασιατικής και αφρικανικής ηπείρου. Συνορεύει βόρεια με την Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας (Π.Γ.Δ.Μ.) και την Βουλγαρία, βορειοδυτικά με την Αλβανία και ανατολικά με την Τουρκία. Ανατολικά βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος, δυτικά από το Ιόνιο και νότια από την Μεσόγειο Θάλασσα.

Η συνολική της έκταση είναι 131.957 Km², και κατανέμεται σε τρεις γεωγραφικές ενότητες:

- το ηπειρωτικό τμήμα (από την περιοχή της Στερεάς Ελλάδας στο νότο ως την περιοχή της Θράκης στο βορειοανατολικό άκρο), που αποτελεί και το μεγαλύτερο της χώρας,
- την Πελοπόννησο η οποία ενώνεται με το ηπειρωτικό τμήμα μέσω του Ισθμού της Κορίνθου, και
- τα περίπου 6.000 μεγαλύτερα και μικρότερα νησιά και νησίδες, που βρίσκονται διάσπαρτα σε ολόκληρη τη θαλάσσια περιοχή της χώρας, είτε μόνα τους, είτε ενταγμένα σε νησιωτικά συμπλέγματα, συγκροτώντας έτσι το μοναδικό στην ευρωπαϊκή ήπειρο ελληνικό Αρχιπέλαγος.

Το 80% του εδάφους της Ελλάδας είναι ορεινό ή ημιορεινό, γεγονός που την καθιστά ως μία από τις ορεινότερες χώρες στην Ευρώπη, ενώ ταυτόχρονα το συνολικό μήκος της ακτογραμμής της είναι περίπου 16.000 Km., εκ των οποίων τα 7.500 Km. βρίσκονται στα νησιά του ελληνικού αρχιπελάγους, κάτι που προσδίδει ένα σπάνιο γεωμορφολογικό χαρακτηριστικό για ολόκληρη την ευρωπαϊκή ήπειρο.

Το κλίμα της Ελλάδας είναι τυπικά μεσογειακό: ήπιοι και υγροί χειμώνες, σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια και, γενικά, μακρές περίοδοι ηλιοφάνειας κατά την μεγαλύτερη διάρκεια του έτους (www.hnms.gr). Λεπτομερέστερα στις διάφορες περιοχές της Ελλάδας παρουσιάζεται μια μεγάλη ποικιλία κλιματικών τύπων, πάντα

βέβαια μέσα στα πλαίσια του Μεσογειακού κλίματος. Αυτό οφείλεται στην τοπογραφική διαμόρφωση της χώρας που έχει μεγάλες διαφορές υψομέτρων (υπάρχουν μεγάλες οροσειρές κατά μήκος της κεντρικής χώρας και άλλοι ορεινοί όγκοι) και εναλλαγή ξηράς και θάλασσας. Έτσι από το ξηρό κλίμα της Αττικής και γενικά της Ανατολικής Ελλάδας μεταπίπτουμε στο υγρό της Βόρειας και Δυτικής Ελλάδας. Τέτοιες κλιματικές διαφορές συναντώνται ακόμη και σε τόπους που βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, πράγμα που παρουσιάζεται σε λίγες μόνο χώρες σε όλο τον κόσμο. 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.

Εξαιτίας κυρίως της ορογραφίας, υπάρχουν δύο περιοχές που παρουσιάζουν σχετικά υψηλά ποσά βροχόπτωσης, η δυτική Ελλάδα και το ανατολικό Αιγαίο. Ειδικότερα, σε ετήσια βάση, το νότιο Αιγαίο και ιδιαίτερα η περιοχή των Κυκλάδων μπορούν να χαρακτηριστούν ως οι πιο ξηρές περιοχές της ελληνικής περιοχής, όπου το μέσο ετήσιο ποσό βροχόπτωσης δεν ξεπερνά τα 400mm. Αντίθετα, τα νησιά του Ιονίου αλλά και η δυτική ηπειρωτική χώρα εμφανίζουν τα μεγαλύτερα μέσα ετήσια ποσά βροχόπτωσης με τιμές μεγαλύτερες από 900mm. Το ανατολικό Αιγαίο εμφανίζει μέσα ετήσια ποσά βροχόπτωσης που είναι μεγαλύτερα από 600mm.

Ο μηχανισμός που προκαλεί τις βροχοπτώσεις στις διάφορες περιοχές της χώρας μας είναι διαφορετικός ανάλογα με την περιοχή. Για παράδειγμα, στη δυτική Ελλάδα, οι βροχοπτώσεις οφείλονται, κυρίως, στην επίδραση των υφέσεων που κινούνται από τα δυτικά προς τα ανατολικά και στην έντονη ορογραφία. Αντίθετα, στην ανατολική ηπειρωτική Ελλάδα, οι έντονες βροχοπτώσεις είναι, κυρίως, το αποτέλεσμα της συνδυασμένης δράσης των ηπειρωτικών αντικυκλωνικών καταστάσεων στα βόρεια της ελληνικής περιοχής, με τις κυκλωνικές καταστάσεις στα νότια, νοτιοδυτικά ή νοτιοανατολικά, απ' όπου προκύπτει ο μηχανισμός της «Επιστροφής από τα ανατολικά». Σύμφωνα με τον μηχανισμό αυτό, καθώς οι θερμές και υγρές αέριες μάζες βρίσκονται κάτω από κυκλωνικό έλεγχο, φθάνοντας στο κεντρικό και βόρειο Αιγαίο εκτελούν ανοδική κίνηση εξαιτίας της ύπαρξης ψυχρών αερίων μαζών που απαρτίζουν τον ηπειρωτικό αντικυκλώνα. Η ανοδική αυτή κίνηση ενισχύεται ακόμη περισσότερο καθώς οι αέριες μάζες κινούμενες προς τα δυτικά υφίστανται την επίδραση της ορογραφίας της ανατολικής Ελλάδας. Το αποτέλεσμα εκφράζεται από έντονες βροχοπτώσεις ή χιονοπτώσεις

σε όλο το μήκος των ανατολικών κλιτύων της ορογραφίας (Ολυμπος, Πήλιο, ορογραφία της ανατολικής Εύβοιας).

Στις Κυκλάδες, η ελάττωση των βροχοπτώσεων, μπορεί να συνδέεται αφενός με τα φαινόμενα Foehn που αναπτύσσονται στα ανατολικά της Πελοποννήσου και αφετέρου με τα φαινόμενα καναλισμού των αερίων μαζών που δημιουργούνται εξαιτίας του ανάγλυφου των νησιών. Τα νησιά του ανατολικού Αιγαίου δέχονται περισσότερες βροχοπτώσεις από τις Κυκλάδες λόγω του εμπλουτισμού των αερίων μαζών με υδρατμούς από την θάλασσα καθώς αυτές κινούνται προς τα ανατολικά. Στη περίπτωση της Κρήτης οι βροχοπτώσεις δεν κατανέμονται ομοιόμορφα σε ολόκληρο το νησί. Η βορειοδυτική Κρήτη εμφανίζει μεγαλύτερα ύψη βροχής σε σχέση με το νότιο τμήμα του νησιού, γεγονός που αποδίδεται στην συνδυασμένη δράση της κυκλοφορίας του βορείου ρεύματος και της ορογραφίας. Τέλος, η κατανομή της βροχόπτωσης στην υπόλοιπη Ελλάδα είναι το αποτέλεσμα της επίδρασης της κυκλοφορίας και της γεωγραφίας της περιοχής.

Όπως είναι γνωστό, η βροχόπτωση στην περιοχή της Ελλάδας παρουσιάζει έντονο εποχιακό χαρακτήρα. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα τα μεγαλύτερα ποσά βροχόπτωσης εμφανίζονται στα νησιά του Ιονίου και στη δυτική Ελλάδα (>400mm), με δεύτερο μέγιστο στο ανατολικό Αιγαίο (>350mm). Τα μικρότερα, όμως, ποσά βροχόπτωσης σημειώνονται στην κεντρική Μακεδονία και Θεσσαλία, λόγω της βροχοσκιάς της Πίνδου. Οι Κυκλάδες και η Κρήτη εμφανίζουν βροχόπτωση που ξεπερνά τα 200mm, ποσό βροχής που αντιστοιχεί, σχεδόν, στο μισό του συνολικού ύψους βροχής της περιοχής.

Την άνοιξη, η κατανομή της βροχόπτωσης εμφανίζει ομοιότητες με αυτή του έτους. Έτσι, οι Κυκλάδες εμφανίζουν τα μικρότερα ποσά βροχής (<100mm) και η βορειοδυτική Ελλάδα τα μεγαλύτερα ποσά, που όμως δεν ξεπερνούν τα 250mm. Το καλοκαίρι, εμφανίζεται μία σχεδόν ζωνική κατανομή της βροχόπτωσης, με τα μεγαλύτερα ποσά βροχόπτωσης να εμφανίζονται στο βόρειο τμήμα της χώρας (100mm) με σταδιακή μείωση τους προς τα νότια, όπου τα μέσα εποχιακά ποσά βροχόπτωσης δεν ξεπερνούν τα 20mm. Τέλος, το φθινόπωρο, όπως και η άνοιξη, εμφανίζει παρόμοια εικόνα με αυτή του έτους.

Τα μεγαλύτερα ποσοστά βροχόπτωσης εμφανίζονται στη δυτική Ελλάδα και τα μικρότερα στις Κυκλάδες. Από την παραπάνω ανάλυση γίνεται φανερό ότι η ετήσια γεωγραφική κατανομή της βροχόπτωσης επηρεάζεται σημαντικά από τις δύο

ενδιάμεσες εποχές, άνοιξη και φθινόπωρο, και όχι τόσο από το χειμώνα όπου και εμφανίζονται τα μεγαλύτερα ποσά βροχόπτωσης. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι η δυτική Ελλάδα παραμένει στη διάρκεια όλων των εποχών ως η περιοχή που δέχεται τα μεγαλύτερα ποσά βροχής, ενώ αντίθετα οι περιοχές που δέχονται τα μικρότερα ποσά βροχόπτωσης αλλάζουν από εποχή σε εποχή.

Εκτός όμως από την τοπογραφία της Ελλάδας, η κατανομή των βροχοπτώσεων επηρεάζεται σημαντικά και από τα διάφορα συνοπτικά συστήματα που εμφανίζονται στην ευρύτερη περιοχή της ανατολικής Μεσογείου. Τρεις είναι οι συνοπτικές καταστάσεις που επιδρούν στην κατανομή των βροχοπτώσεων στον Ελληνικό χώρο:

- Βροχοπτώσεις από την κυκλογένεση στη Μεσόγειο και ιδιαίτερα στο ανατολικό τμήμα της. Οι βροχοπτώσεις αυτού του τύπου προϋποθέτουν πολύπλοκα μέσης κλίμακας συστήματα έντονης βαροκλιμότητας.
- Μετωπικές βροχοπτώσεις κλασικού τύπου. Η περίπτωση αυτή συνδέεται με όλες τις υφέσεις που δημιουργούνται στην περιοχή της Μεσογείου και ακολουθούνται από μετωπικά συστήματα πάνω από την ελληνική περιοχή.
- Τέλος, οι καλοκαιρινές βροχοπτώσεις που είναι συνήθως αποτέλεσμα των συχνά εμφανιζομένων θερμικών καταιγίδων. Η δημιουργία των καταιγίδων είναι αποτέλεσμα των υψηλών θερμοκρασιών, της υψηλής σχετικής υγρασίας που εμφανίζεται στη διάρκεια μιας καλοκαιρινής ημέρας και της αστάθειας της ατμόσφαιρας η οποία συχνά εκδηλώνεται από την παρουσία ψυχρού αέρα καθ' ύψος.

4.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

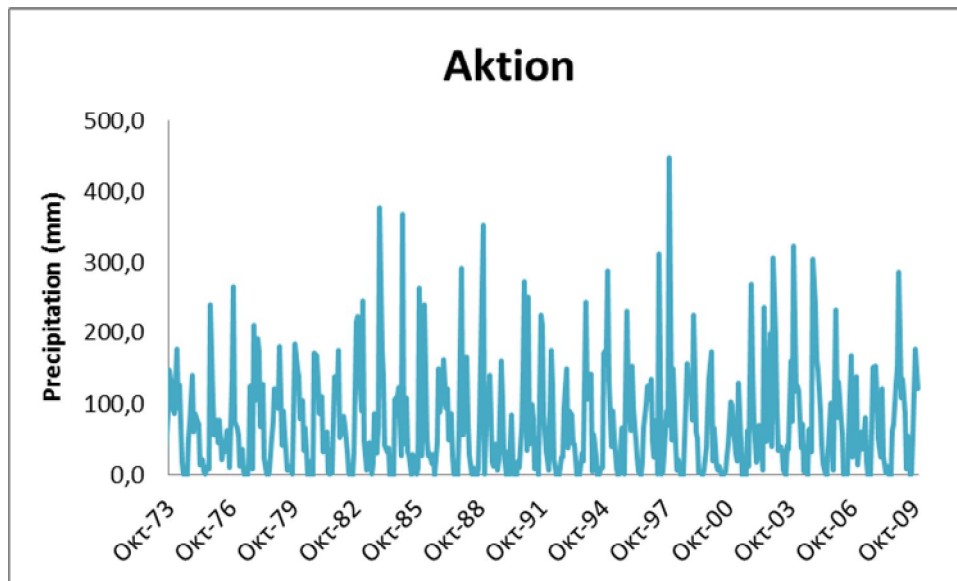
Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη είναι από 38 μετεωρολογικούς σταθμούς και μας τα παρείχε η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY). Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι ημερήσιες τιμές θερμοκρασίας και ημερήσιες τιμές βροχόπτωσης. Υπολογίσαμε τις μέσες μηνιαίες τιμές των προαναφερόμενων δεδομένων ούτως ώστε να υπολογίσουμε τον δείκτη PaDI. Στον χάρτη 4.1 και στον πίνακα 4.1 φαίνονται όλοι οι υπό μελέτη σταθμοί, το υψόμετρο τους και οι συντεταγμένες τους:



Εικόνα 4.1 Χάρτης της Ελλάδος με τους 38 μετεωρολογικούς σταθμούς

α/α	Σταθμός	Υψόμετρο(m)	X	Y
1	Agchialos	15	396082,70	4342228,76
2	Aktion	4	219283,86	4312709,01
3	Alexandroupoli	3	662821,24	4523618,93
4	Andravida	10	261465,38	4199167,76
5	Araxos	12	279911,59	4225147,38
6	Argos	11	388373,27	4164292,45
7	Arta	10.5	240224,50	4338878,73
8	Chania	152	512901,68	3932269,85
9	Chios	4	687028,85	4245693,86
10	Chrysoupoli	5	552539,07	4530084,08
11	Elliniko	15	476989,70	4193354,66
12	Heraklion	39	607395,45	3910363,07
13	Ierapetra	10	658162,62	3875193,64
14	Ioannina	484	227392,02	4398141,29
15	kalamata	11	324360,97	4102811,24
16	Kastoria	604	269220,67	4480918,49
17	Kerkyra	4	147783,91	4391112,67
18	Kos	129	775821,87	4076770,28
19	Kozani	626	311408,64	4461260,03
20	Kythira	321	411309,62	4014666,13
21	Lamia	17	360383,21	4300968,99
22	Larissa	74	366008,76	4389788,05
23	Lesvos	5	725179,25	4325645,06
24	Lymnos	5	605166,73	4419248,05
25	Methoni	34	295151,20	4077583,50
26	Milos	165	538541,95	4065090,13
27	Naxos	10	622879,70	4106184,40
28	Pyrgos	12	273464,99	4171636,48
29	Rodos	12	866517,69	4035914,60
30	Samos	7	756986,43	4175249,62
31	Santorini	34	632478,91	4029392,55
32	Serres	34.5	463452,85	4547812,89
33	Skyros	28	541787,38	4312174,03
34	Tanagra	140	461951,48	4243016,32
35	Thessaloniki	5	412412,02	4485367,97
36	Trikala	110	308723,25	4380419,84
37	Tripoli	652	358423,25	4154541,74
38	Tympaki	7	570227,09	3880381,63

Πίνακας 4.1. Μετεωρολογικοί Σταθμοί



Διάγραμμα 4.1. Βροχόπτωση για το Σταθμό Άκτιον.

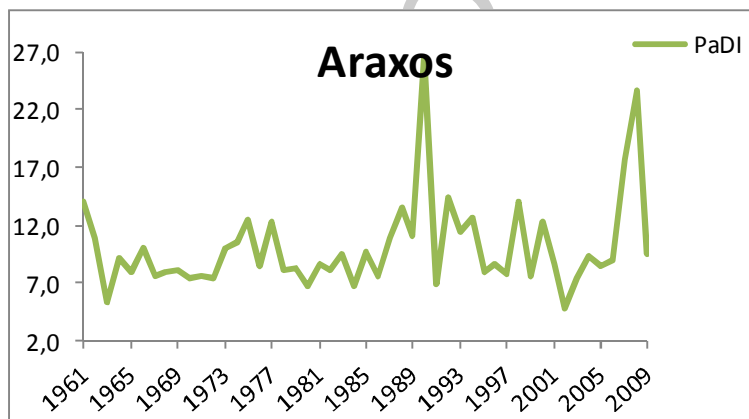
4.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ PaDI

Για τον υπολογισμό του δείκτη χρησιμοποιήσαμε τις μαθηματικές σχέσεις που αναπτύξαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο και τις εισάγαμε σε ένα υπολογιστικό φύλλο του Excell για τις χρονολογίες 1961-2009. Κατόπιν εισάγαμε τις μέσες μηνιαίες τιμές της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας αφού πρώτα υπολογίστηκαν για τις χρονολογίες 1961-2009. Στα κελιά που δεν υπάρχουν τιμές, δεν καταχωρήσαμε καμία τιμή ούτως ώστε να μην αλλοιωθεί το πραγματικό αποτέλεσμα του δείκτη. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα του δείκτη PaDI που δίνονται μετά τον υπολογισμό του στο υπολογιστικό φύλλο.

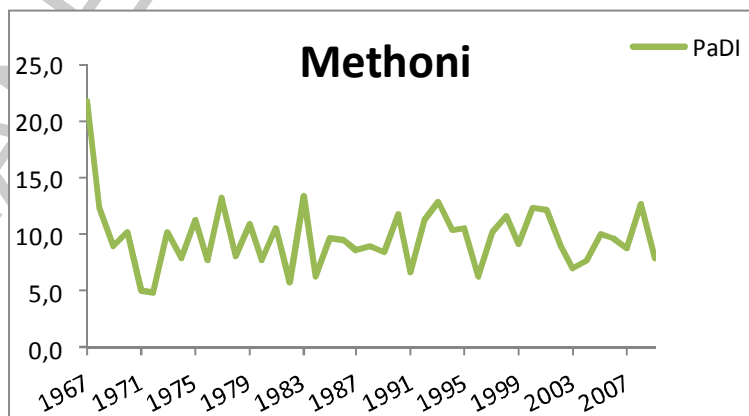
Στα διαγράμματα που ακολουθούν φαίνονται ενδεικτικά οι τιμές του PaDI για τους σταθμούς Άραξος και Μεθώνη. Τα διαγράμματα όλων των σταθμών παρατίθενται στο Παράρτημα Γ΄.

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
11 Elliniko	12,21	10,30	8,87	14,03	19,35	15,39	14,70	22,57	52,59
12 Heraklion	7,28	12,31	10,08	11,64	17,88	10,94	16,36	18,83	25,29
13 Ierapetra	11,77	11,53	14,89	10,85	16,48	15,43	15,72	16,74	32,48
14 Ioannina	5,21	2,95	6,11	5,74	3,21	4,39	7,41	4,91	9,39
15 Kalamata	5,24	4,73	4,96	9,15	7,81	7,93	6,13	9,41	16,84
16 Kastoria	7,12	3,46	6,68	9,12	3,47	5,64	11,07	5,08	10,13
17 Kerkyra	6,98	5,31	4,60	7,78	5,43	5,90	9,33	8,50	10,87
18 Kos	15,81	10,59	5,52	6,46	9,29	16,73	9,83	15,82	20,58
19 Kozani	5,32	3,38	10,66	15,78	7,53	11,22	18,73	7,10	12,80
20 Kythira	14,58	10,49	11,50	7,91	11,56	8,12	9,15	12,90	25,50
21 Lamia	7,14	5,59	6,54	13,41	7,62	8,42	16,12	10,67	12,49
22 Larissa	5,01	6,84	8,42	24,88	11,43	13,68	22,56	7,52	10,24
23 Lesvos	6,18	12,47	5,46	12,21	11,31	10,19	10,15	12,72	23,75
24 Lymnos	9,65	7,78	10,64	21,98	9,34	14,98	6,93	13,67	5,69
25 Methoni	5,78	13,47	6,31	9,58	9,56	8,58	8,95	8,49	11,83
26 Milos	10,02	20,14	13,30	12,84	17,37	16,59	14,21	14,57	31,03
27 Naxos	6,95	21,96	9,37	15,47	25,13	26,66	19,08	18,33	61,73
28 Pyrgos	5,64	6,26	4,45	7,85	6,82	7,57	6,18	6,24	17,60
29 Rodos	7,44	11,03	8,40	8,19	10,75	14,72	11,97	12,94	12,55
30 Samos	4,46	4,60	3,57	7,73	6,80	8,65	8,97	8,59	18,69
31 Santorini	11,11	28,18	15,24	19,94	21,11	21,32	19,06	57,07	302,39
32 Serres	7,03	5,28	8,29	21,27	10,41	6,73	9,62	6,60	7,60
33 Skyros	10,41	9,67	14,18	20,54	9,46	11,32	20,52	12,20	21,95
34 Tanagra	9,87	11,37	10,09	16,17	15,30	19,19	14,97	18,11	28,98
35 Thessaloniki	5,63	8,13	6,23	32,55	6,92	6,92	8,82	8,14	17,75
36 Trikala	4,89	5,67	4,43	10,58	4,95	6,78	14,44	9,54	13,81
37 Tripoli	6,04	5,36	5,07	7,04	3,79	6,19	7,91	11,74	14,47
38 Tympaki	15,57	8,92	7,16	18,25	14,17	9,90	16,48	24,15	15,12
39									
40									

Εικόνα 4.2. Υπολογισμός του Δείκτη PaDI για κάθε σταθμό.



Διάγραμμα 4.2. Ο δείκτης PaDI για το σταθμό Αραξός.



Διάγραμμα 4.3. Ο δείκτης PaDI για το σταθμό Μεθώνη.

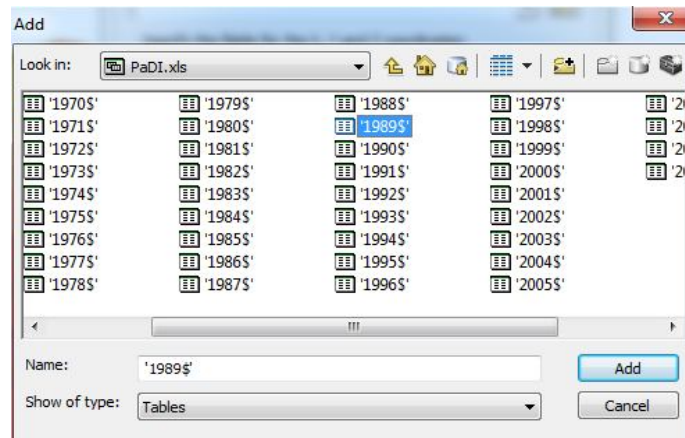
4.4 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΧΑΡΤΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΒΟΗΘΕΙΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ (ARCMAP 10)

Για να απεικονιστούν οι τιμές του PaDI πρέπει να δημιουργηθεί αρχικά ένα αρχείο excel όπου θα εμπεριέχει τριάντα σαράντα έξι επεξεργασίας όσες και οι χρονιές από το 1961 έως 2009. Τα αρχεία αυτά θα περιέχουν τα ζητούμενα του λογισμικού ώστε να δημιουργηθούν οι χάρτες. Το ειδικό λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε είναι το ArcMap 10 της ESRI. Στην πρώτη στήλη υπάρχει το όνομα του μετεωρολογικού σταθμού, στην δεύτερη και τρίτη στήλη βρίσκονται οι συντεταγμένες τους σε ΕΓΣΑ87 (X), (Y), στην τέταρτη ο PaDI. Στην εικόνα 4.2 εμφανίζεται η δομή ενός υπολογιστικού φύλλου excel και συγκεκριμένα για το έτος 1998.

	A	B	C	D	E	F
1	STATION	X	Y	PaDI		
2	Agchialos	396082,698	4342228,758	17,26		
3	Aktion	219283,864	4312709,012	6,97		
4	Alexandroupoli	662821,242	4523618,933	7,80		
5	Andravida	261465,383	4199167,756	12,56		
6	Araxos	279911,589	4225147,382	13,94		
7	Argos	388373,27	4164292,452	15,81		
8	Arta	240224,499	4338878,732	6,08		
9	Chania	512901,678	3932269,847	15,33		
10	Chios	687028,85	4245693,864	8,92		
11	Chrysoupoli	552539,067	4530084,079	7,32		
12	Elliniko	476989,704	4193354,657	14,24		
13	Heraklion	607395,451	3910363,074	20,48		
14	Ierapetra	658162,621	3875193,643	24,53		
15	Ioannina	227392,023	4398141,291	5,87		
16	kalamata	324360,968	4102811,236	9,44		
17	Kastoria	269220,669	4480918,485	9,63		
18	Kerkyra	147783,912	4391112,673	9,18		
19	Kos	775821,872	4076770,284	7,70		
20	Kozani	311408,638	4461260,028	15,73		
21	Kythira	411309,622	4014666,128	16,59		
22	Lamia	360383,212	4300968,986	12,21		
23	Larissa	366008,758	4389788,05	14,05		
24	Lesvos	725179,246	4325645,056	7,48		
25	Lymnos	605166,729	4419248,048	7,49		
	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	2019	2020	2021	2022	2023	2024
	2025	2026	2027	2028	2029	2030

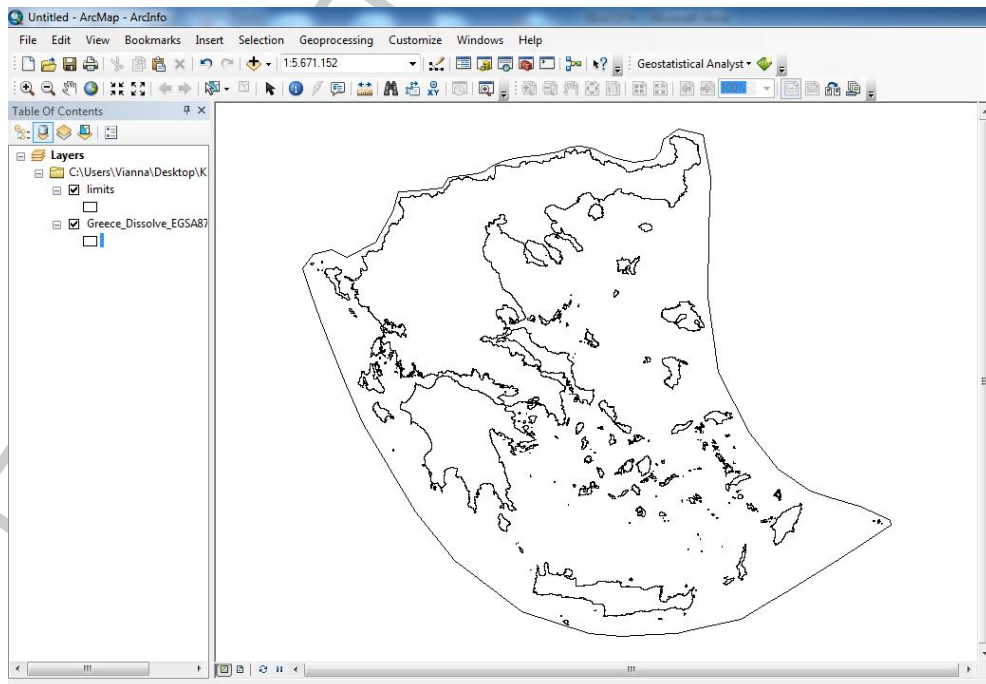
Εικόνα 4.3 Φύλλο excel για την εισαγωγή στο λογισμικό

Μετά την ολοκλήρωση των αρχείων έγινε επεξεργασία στον χάρτη της Ελλάδος ώστε να μπορεί να εισαχθεί το ειδικό λογισμικό. Επίσης δημιουργήθηκαν τα όριο στα οποία θα γίνει η μέθοδος Kriging. Συγκεντρώνοντας όλα τα παραπάνω άρχισε η εισαγωγή των δεδομένων, αρχικά εισήχθησαν τα δεδομένα του δείκτη αλλά και οι συντεταγμένες των μετεωρολογικών σταθμών. Στην εικόνα 4.3 φαίνεται η εισαγωγή των δεδομένων για το έτος 1989.



Εικόνα 4.4 Εισαγωγή δεδομένων του έτους 1989 στο λογισμικό

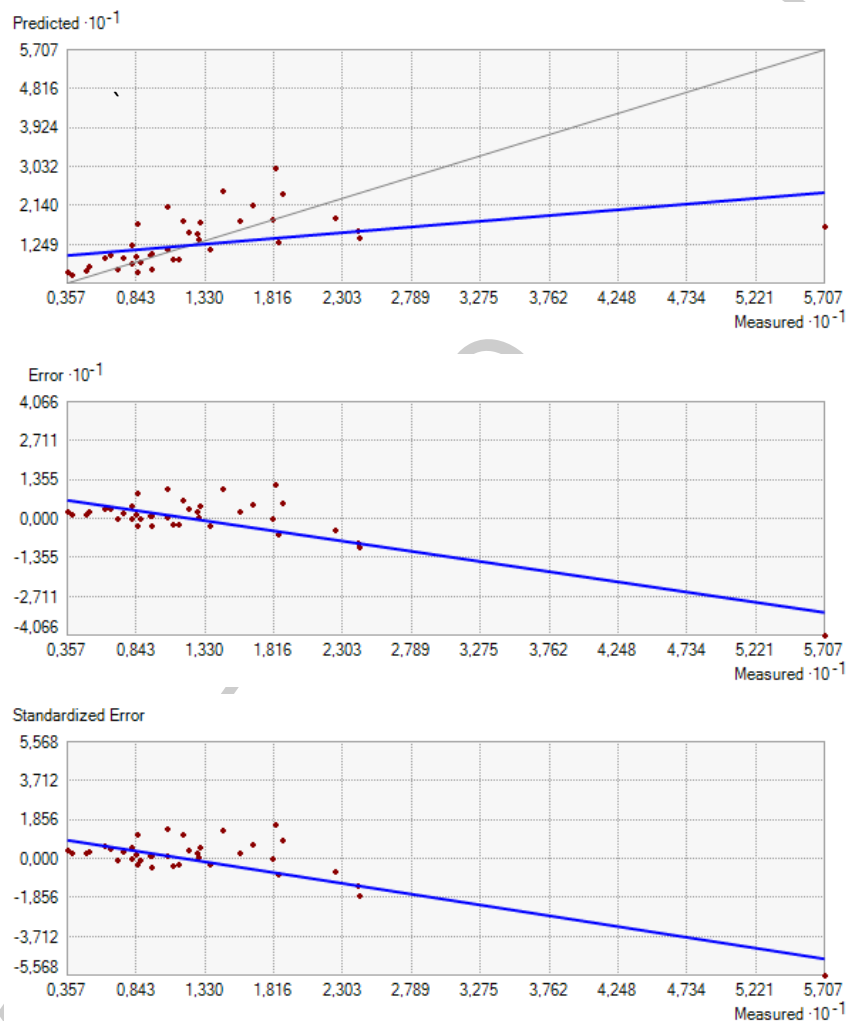
Το επόμενο βήμα είναι η εισαγωγή του χάρτη της περιοχής μελέτης δηλαδή της Ελλάδος και τα όριο στα οποία θα γίνει η μέθοδος Kriging (εικόνα 4.4).



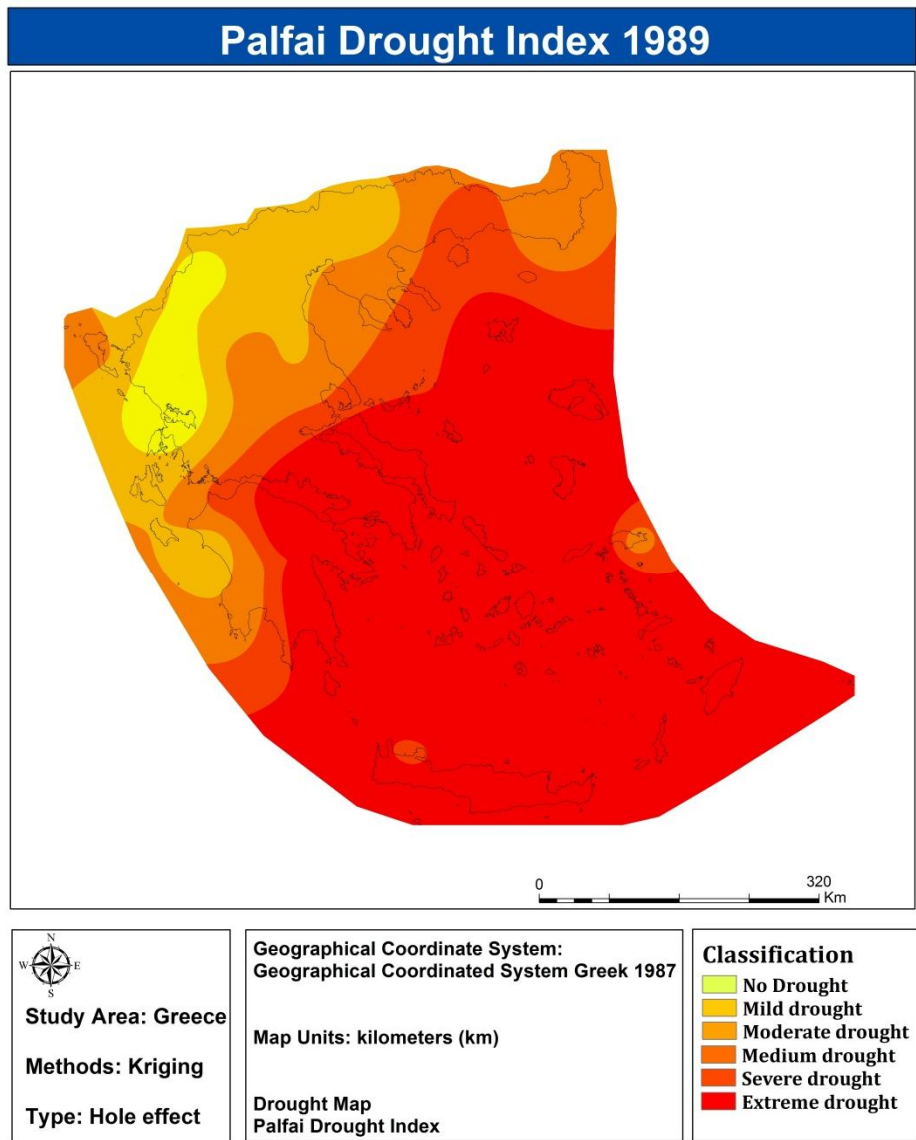
Εικόνα 4.5 Εισαγωγή του χάρτη της Ελλάδος

Στη συνέχεια με το εργαλείο kriging, ξεκίνησε η διαδικασία για τον υπολογισμό των τιμών του δείκτη, ούτως ώστε να δημιουργηθεί ο τελικός χάρτης. Η παραπάνω διαδικασία πραγματοποιήθηκε για τα έτη 1962, 1967, 1977, 1981, 1989, 1990, 1993, 1996, 2000, 2003, 2007, 2008.

Η διαδικασία μπορεί να μας δώσει κάποια διαγράμματα για την πρόβλεψη, το σφάλμα και το σταθμισμένο σφάλμα. Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται τα διαγράμματα για το έτος 1989 κατά τη δημιουργία του χάρτη.



Εικόνα 4.6 Στατιστικά διαγράμματα για το έτος 1989 κατά τη διαδικασία kriging.



Εικόνα 4.7. Δημιουργία του χάρτη με την αποτύπωση του δείκτη PaDI με τη διαδικασία Kriging.

ΠΑΝΕ

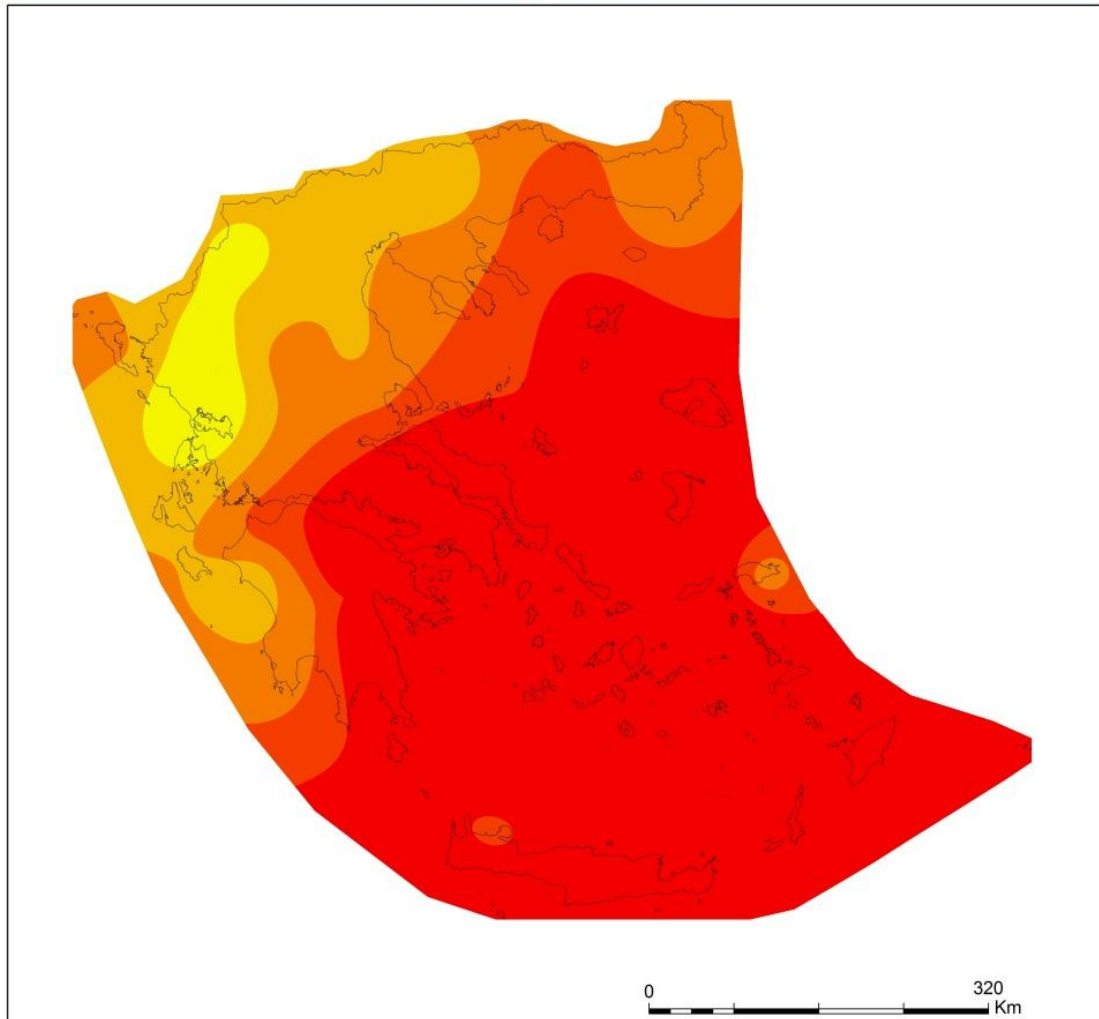
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο


5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Μελετώντας τα διαγράμματα από τον PaDI που προέκυψαν παρατηρούμε ότι ακόμα και στη δεκαετία 60' όπου το περιβάλλον δεν έχει υποστεί σημαντικές αλλοιώσεις από τον άνθρωπο εμφανίζονται λειψυδρίες. Συμπεριλαμβάνοντας τους περισσότερους παράγοντες, όπου πιθανώς να επηρεάζουν το φαινόμενο της λειψυδρίας στο χρονικό διάστημα που εμφανίζεται και να δημιουργούν άλλοτε μικρά και άλλοτε σοβαρά προβλήματα στο σύστημα (ΑΝΘΡΩΠΟΣ-ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ-ΑΝΘΡΩΠΟΣ) μπορούμε να οδηγηθούμε ότι το φαινόμενο αυτό δεν είναι μία ανωμαλία του κλίματος ή μια μεγάλη κλιματική αλλαγή ή κάτι το τόσο αφύσικο, αντιθέτως πρέπει να αντιμετωπίζεται σαν ένα φαινόμενο όπου υπήρχε, υπάρχει και θα υπάρχει. Περαιτέρω έρευνα ίσως χρειάζεται για την συχνότητα και στη διάρκειά του φαινομένου.

Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων ήταν η δημιουργία δώδεκα χαρτών για τα έτη 1962, 1967, 1977, 1981, 1989, 1990, 1993, 1996, 2000, 2003, 2007 και 2008. Επιλέχθηκαν οι συγκεκριμένες χρονιές καθώς κάποιες εμφανίζουν τα πιο έντονα περιστατικά λειψυδρίας στην Ελλάδα. Οι χάρτες προέκυψαν με τη χρήση της γεωστατιστικής μεθόδου Kriging. Παρακάτω φαίνονται οι χάρτες που δημιουργήθηκαν και τα συμπεράσματα που προκύπτουν.







Palfai Drought Index 1989



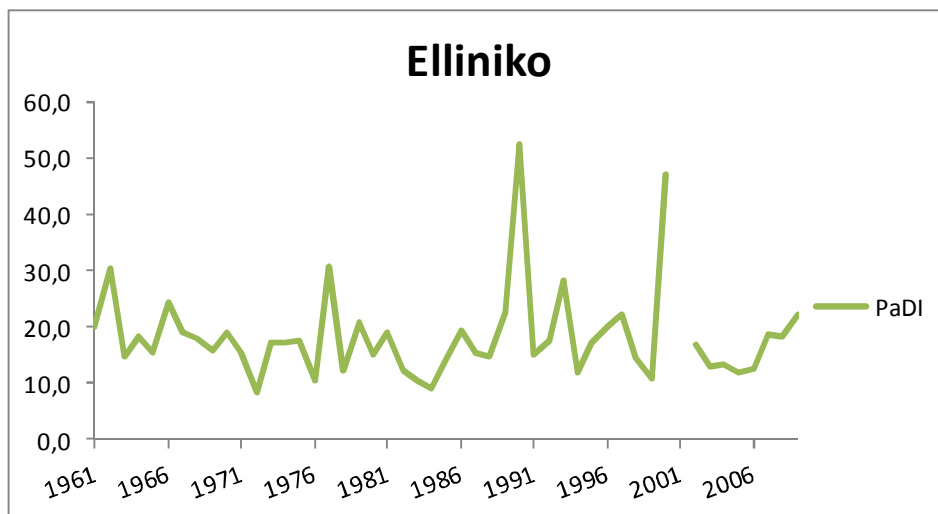

Study Area: Greece
Methods: Kriging
Type: Hole effect

Geographical Coordinate System:
Geographical Coordinated System Greek 1987
Map Units: kilometers (km)
Drought Map
Palfai Drought Index

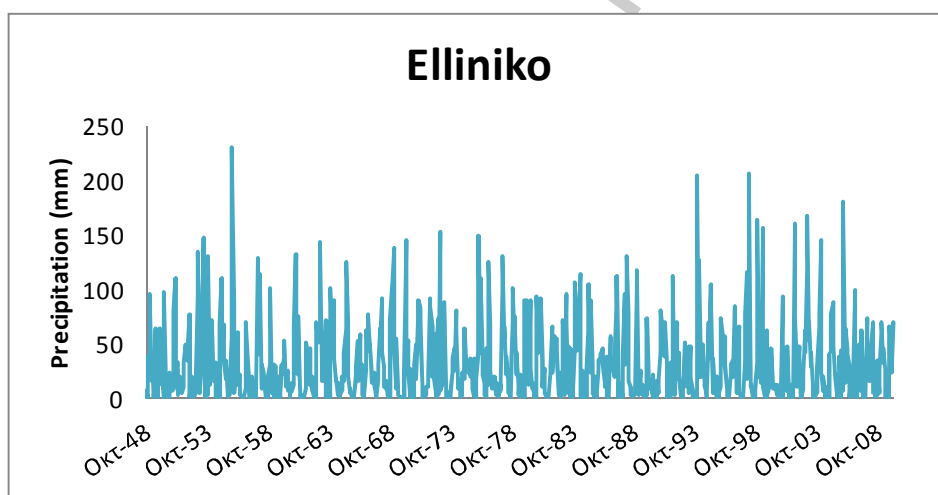
Classification

-  No Drought
-  Mild drought
-  Moderate drought
-  Medium drought
-  Severe drought
-  Extreme drought

Εικόνα 5.1 Χάρτης κατανομής του PaDI για το έτος 1989



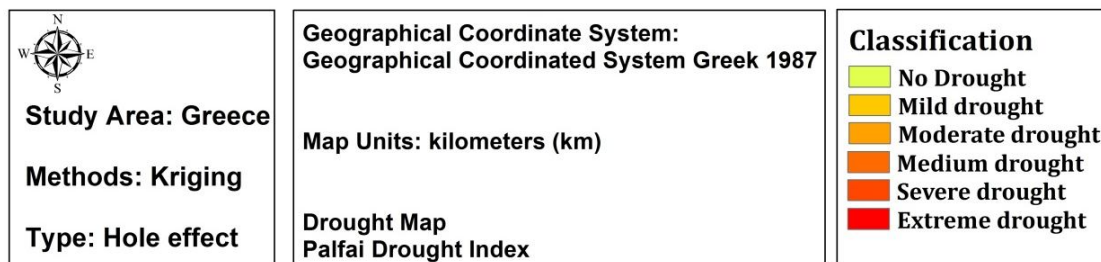
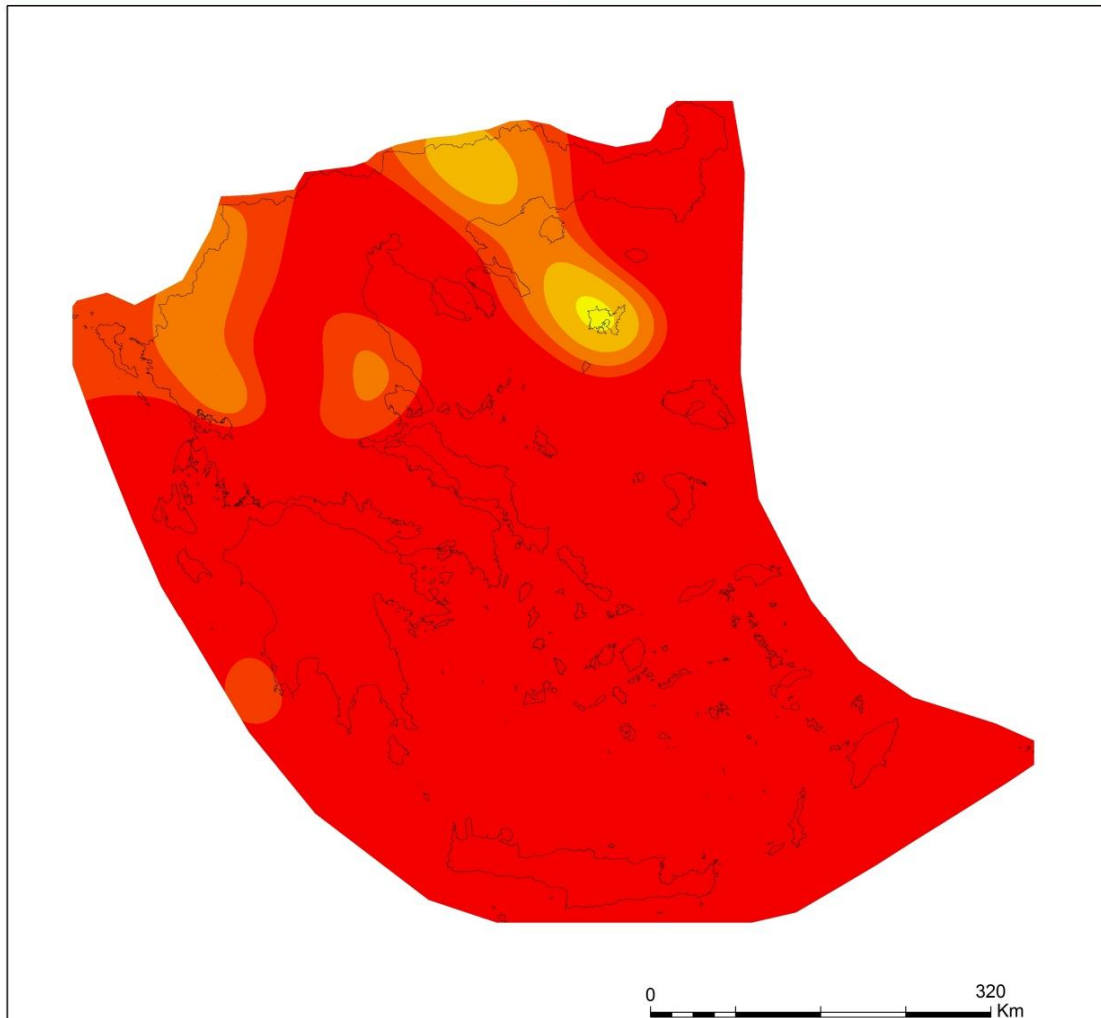
Διάγραμμα 5.1. Ο δείκτης PaDI για το σταθμό Ελληνικό



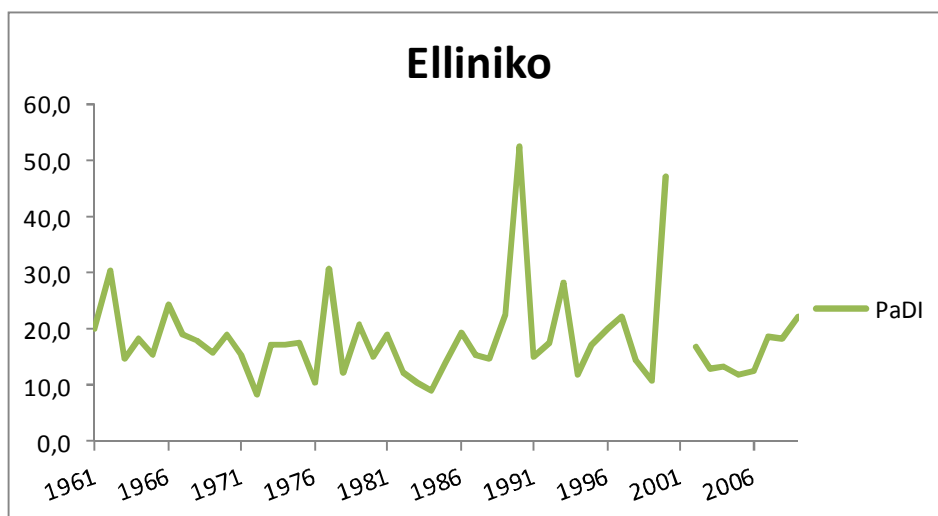
Διάγραμμα 5.2. Τιμές βροχόπτωσης για το σταθμό Ελληνικό

Από το χάρτη και τα διαγράμματα του δείκτη και της βροχόπτωσης για το σταθμό Ελληνικό (ενδεικτικά), προκύπτει πως το έτος 1989, το φαινόμενο της λειψυδρίας είναι αισθητό εξαιτίας της έλλειψης βροχοπτώσεων. Η ελάχιστη μέση ετήσια βροχόπτωση εμφανίζεται στο σταθμό Σαντορίνη με 16 mm. Η μέση μέγιστη ετήσια βροχόπτωση εμφανίζεται στο σταθμό Άρτα με 856 mm. Αξίζει να σημειωθεί ότι το 1989 ήταν μια χρονιά που σηματοδοτούσε την αρχή μιας λειψυδρίας η οποία ήταν από τις πιο έντονες της δεκαετίας του '90.

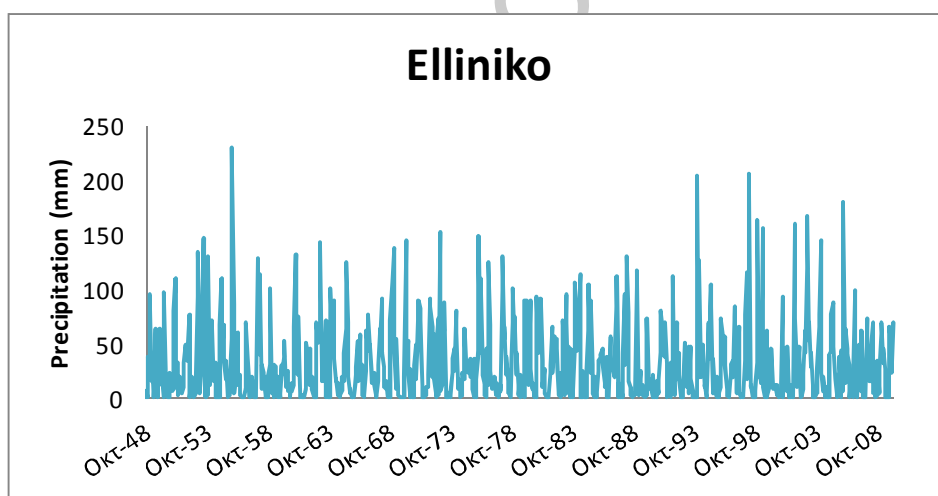
Palfai Drought Index 1990



Εικόνα 5.2 Χάρτης κατανομής του PaDI για το έτος 1990



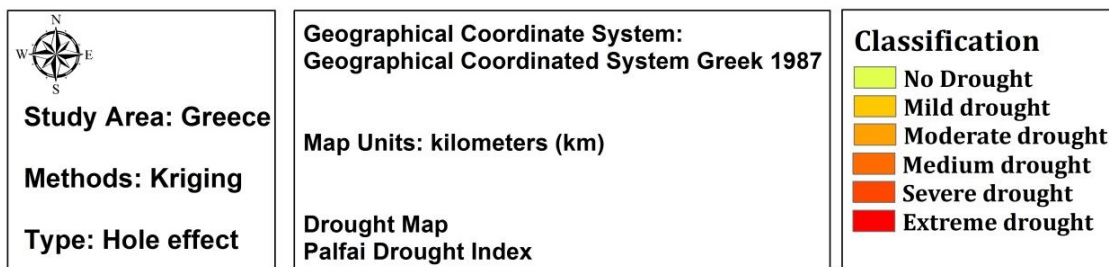
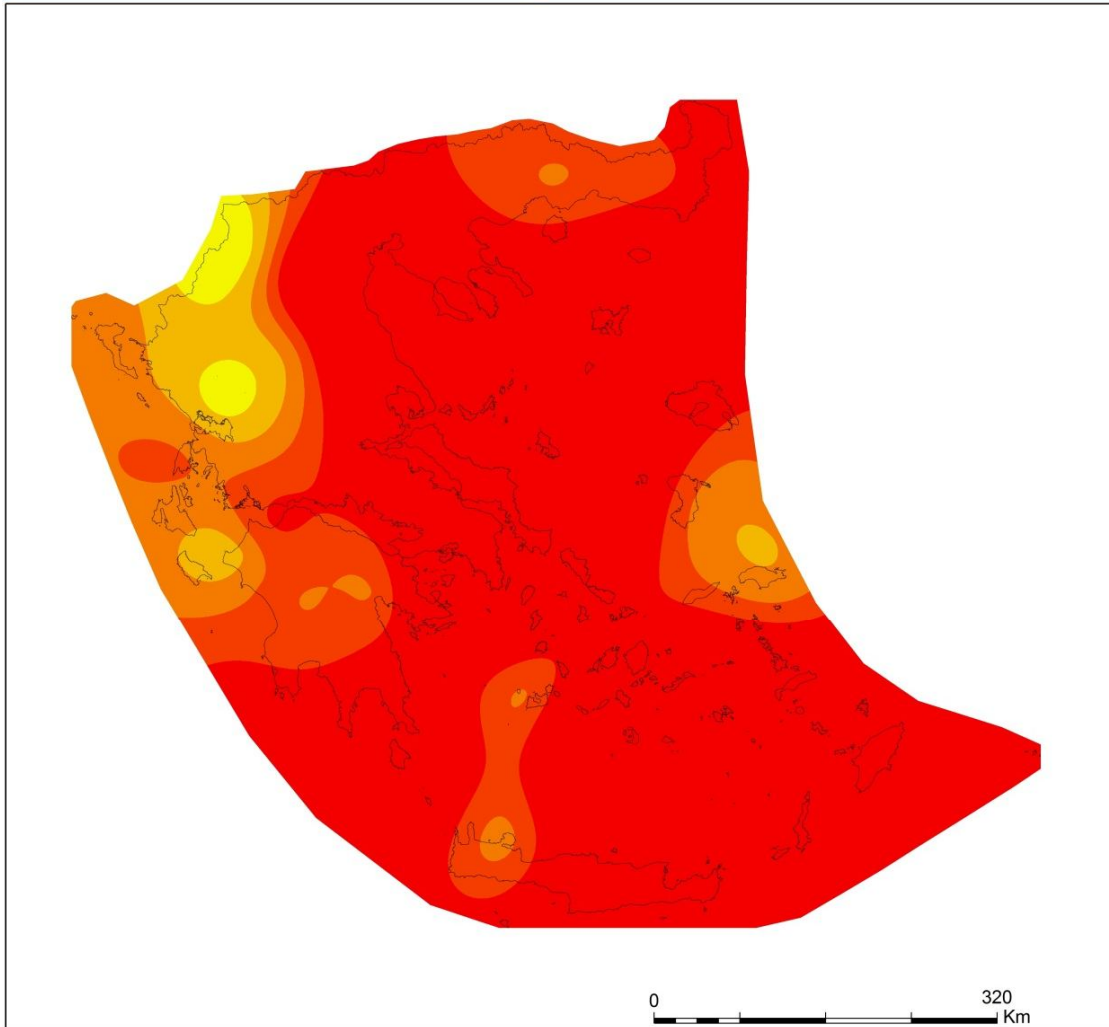
Διάγραμμα 5.3. Ο δείκτης PaDI για το σταθμό Ελληνικό



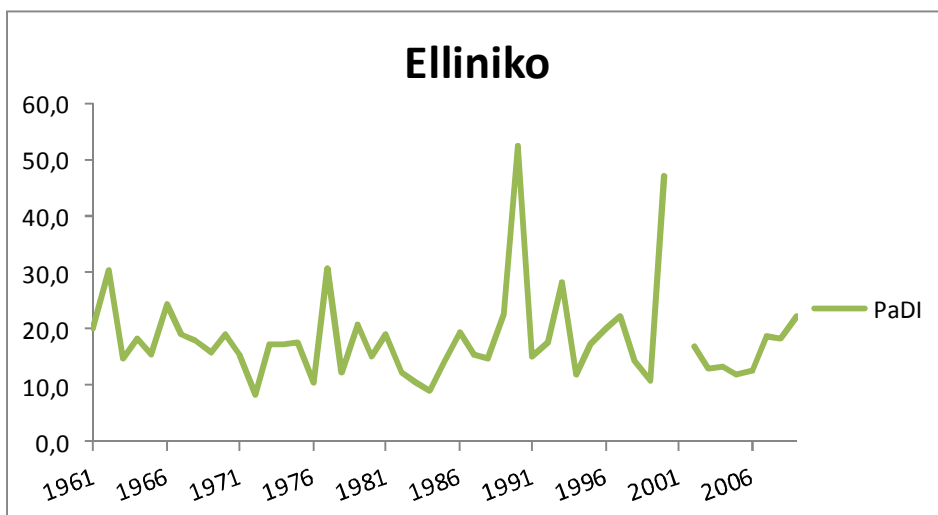
Διάγραμμα 5.4. Τιμές βροχόπτωσης για το σταθμό Ελληνικό

Η λειψυδρία του 1990 είναι έντονη και αισθητή σε σχεδόν ολόκληρη τη χώρα. Η μέση ελάχιστη ετήσια βροχόπτωση εμφανίζεται στο σταθμό Σαντορίνη με 113 mm. Η μέση μέγιστη ετήσια βροχόπτωση εμφανίζεται στο σταθμό Ανδραβίδα με 1.173 mm.

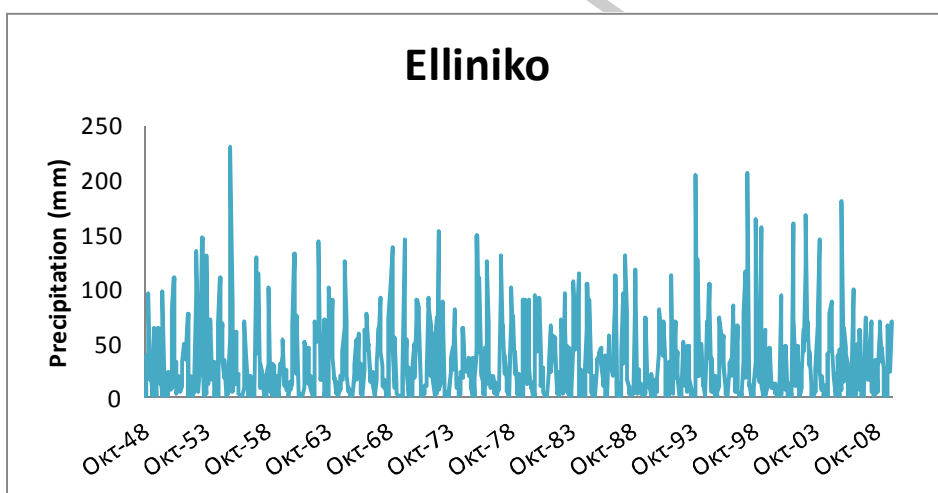
Palfai Drought Index 1993



Εικόνα 5.3 Χάρτης κατανομής του PaDI για το έτος 1993



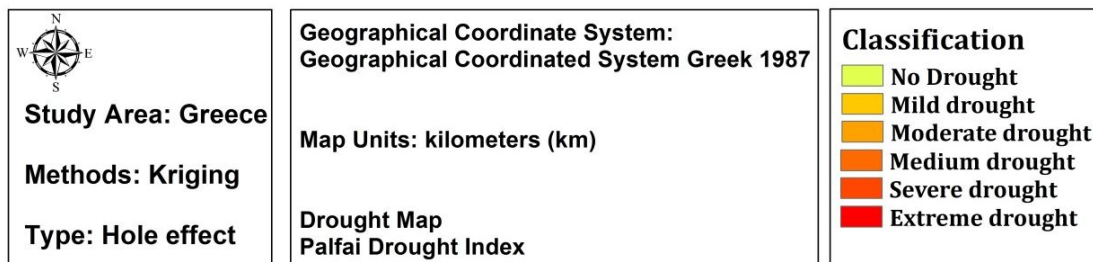
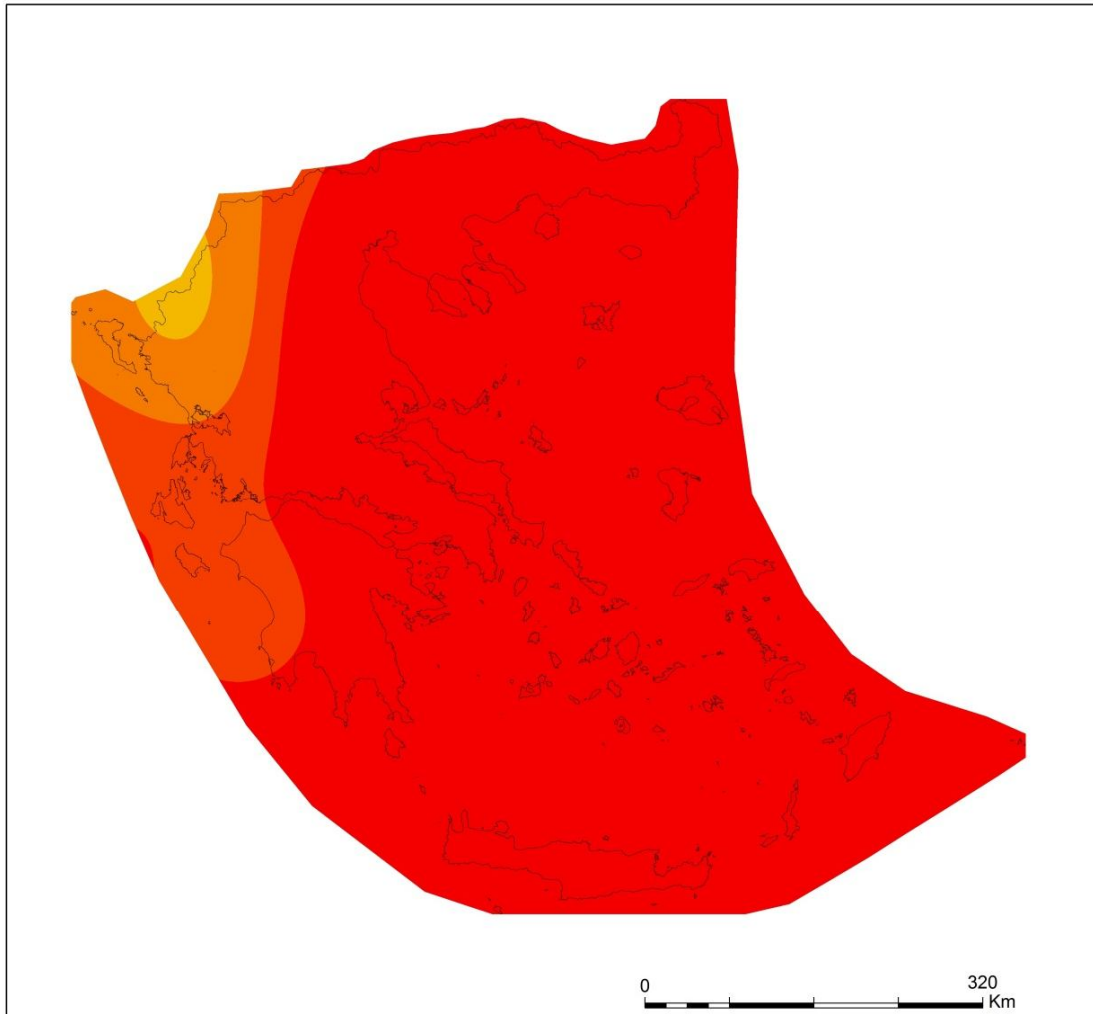
Διάγραμμα 5.5. Ο δείκτης PaDI για το σταθμό Ελληνικό



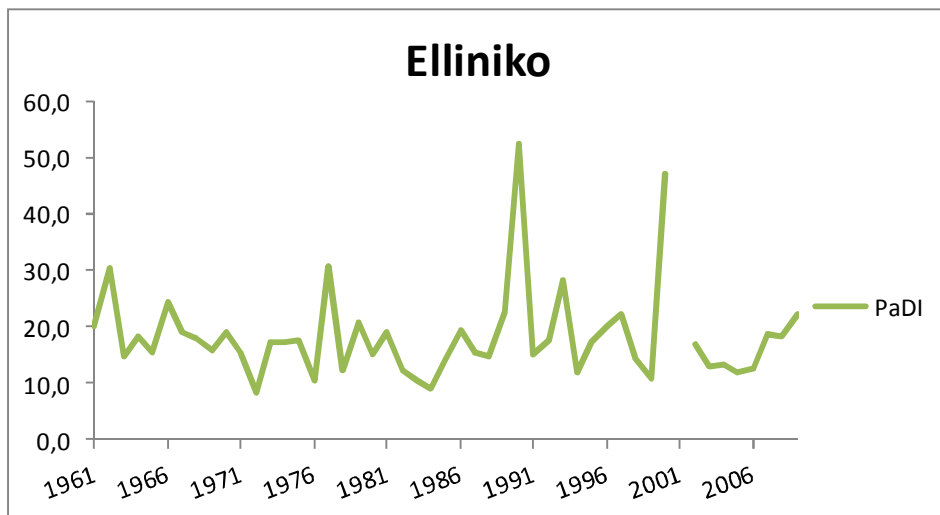
Διάγραμμα 5.6 Τιμές βροχόπτωσης για το σταθμό Ελληνικό

Το έτος 1993, φαίνεται πως το φαινόμενο επιστρέφει αλλά μικρότερο σε ένταση και έκταση από αυτό του 1990. Η μέση ετήσια ελάχιστη βροχόπτωση σημειώθηκε στο σταθμό με 144 mm. Η μέση ετήσια μέγιστη βροχόπτωση σημειώθηκε στο σταθμό Ιωάννινα με 1.019 mm.

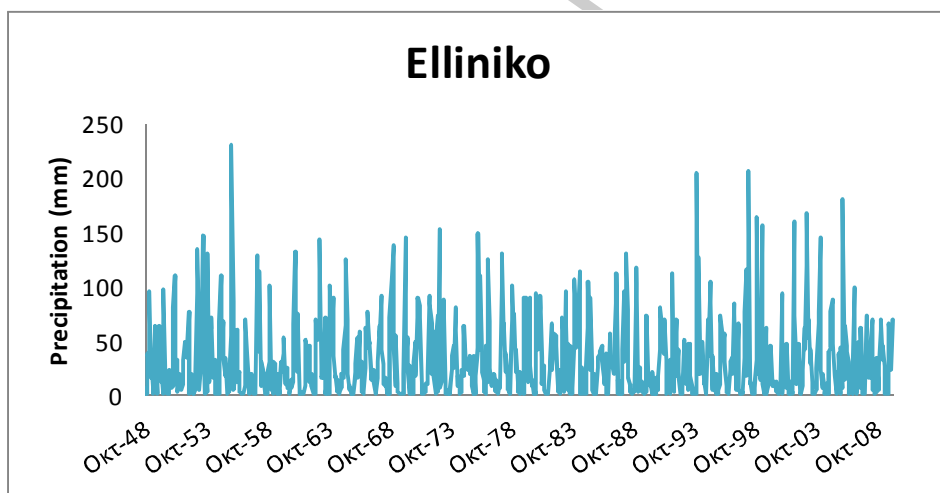
Palfai Drought Index 2000



Εικόνα 5.4 Χάρτης κατανομής του PaDI για το έτος 2000



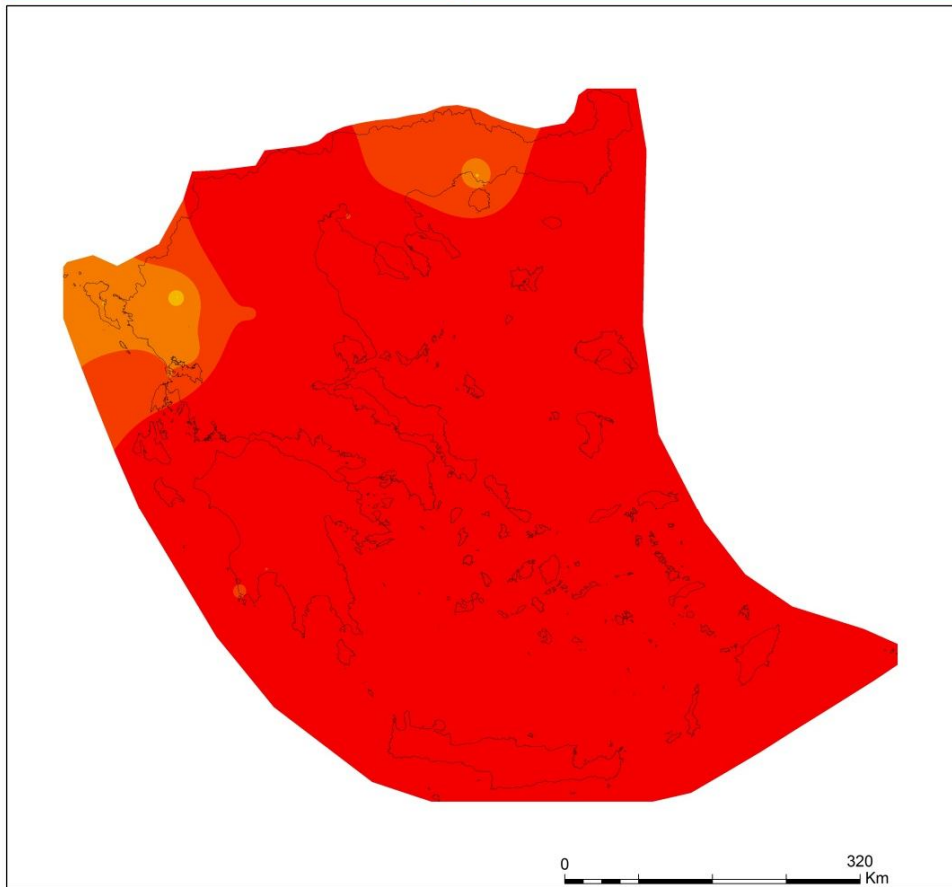
Διάγραμμα 5.7. Ο δείκτης PaDI για το σταθμό Ελληνικό




Διάγραμμα 5.8 Τιμές βροχόπτωσης για το σταθμό Ελληνικό

Το 2000 το φαινόμενο της λειψυδρίας έχει επηρεάσει σχεδόν ολόκληρη τη χώρα. Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα της βροχόπτωσης για το σταθμό Ελληνικό, οι τιμές της βροχόπτωσης είναι αρκετά χαμηλές. Η μέση ετήσια ελάχιστη βροχόπτωση σημειώθηκε στο σταθμό Ελληνικό με τιμή 155 mm. Η μέση ετήσια μέγιστη βροχόπτωση σημειώθηκε στο σταθμό Κέρκυρα με τιμή 1.129 mm.

Palfai Drought Index 2007










Study Area: Greece
Methods: Kriging
Type: Hole effect

Geographical Coordinate System:
Geographical Coordinated System Greek 1987

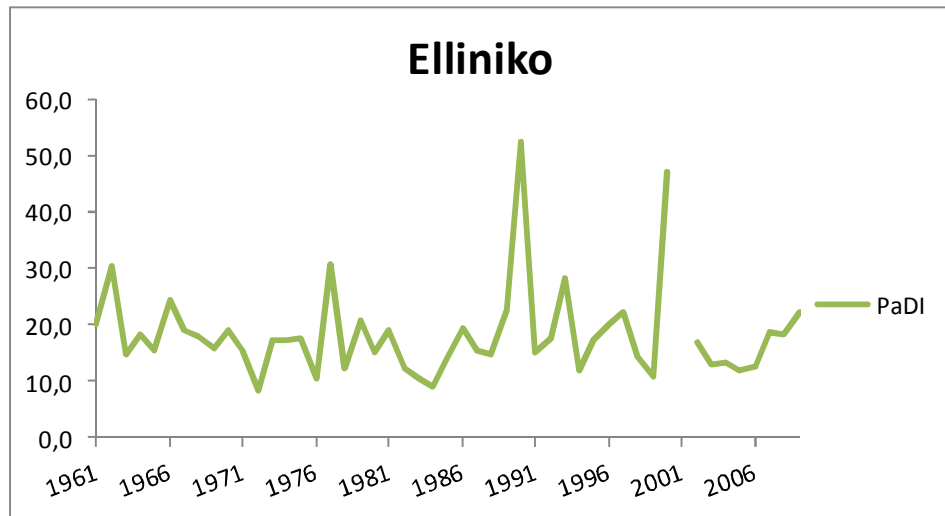
Map Units: kilometers (km)

Drought Map
Palfai Drought Index

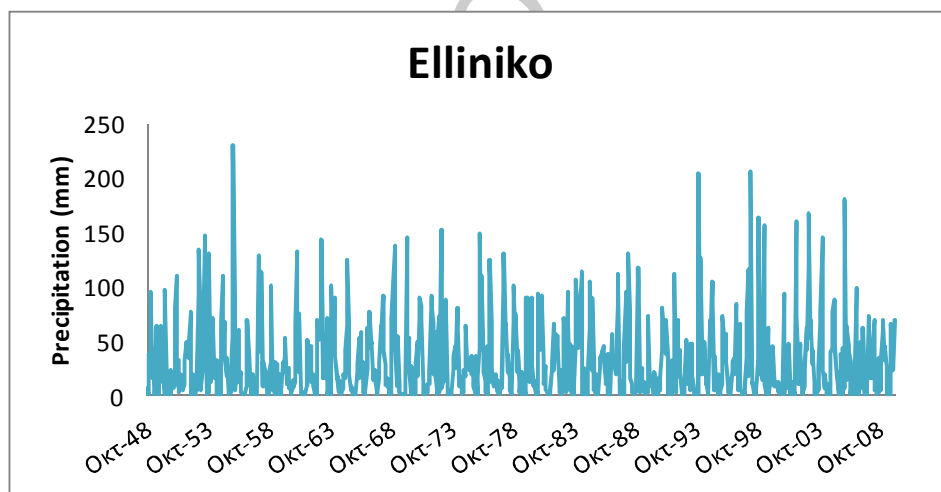
Classification

-  No Drought
-  Mild drought
-  Moderate drought
-  Medium drought
-  Severe drought
-  Extreme drought

Εικόνα 5.5 Χάρτης κατανομής του PaDI για το έτος 2007



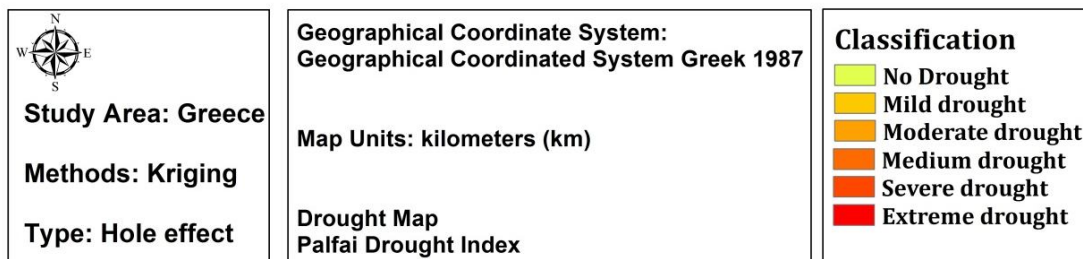
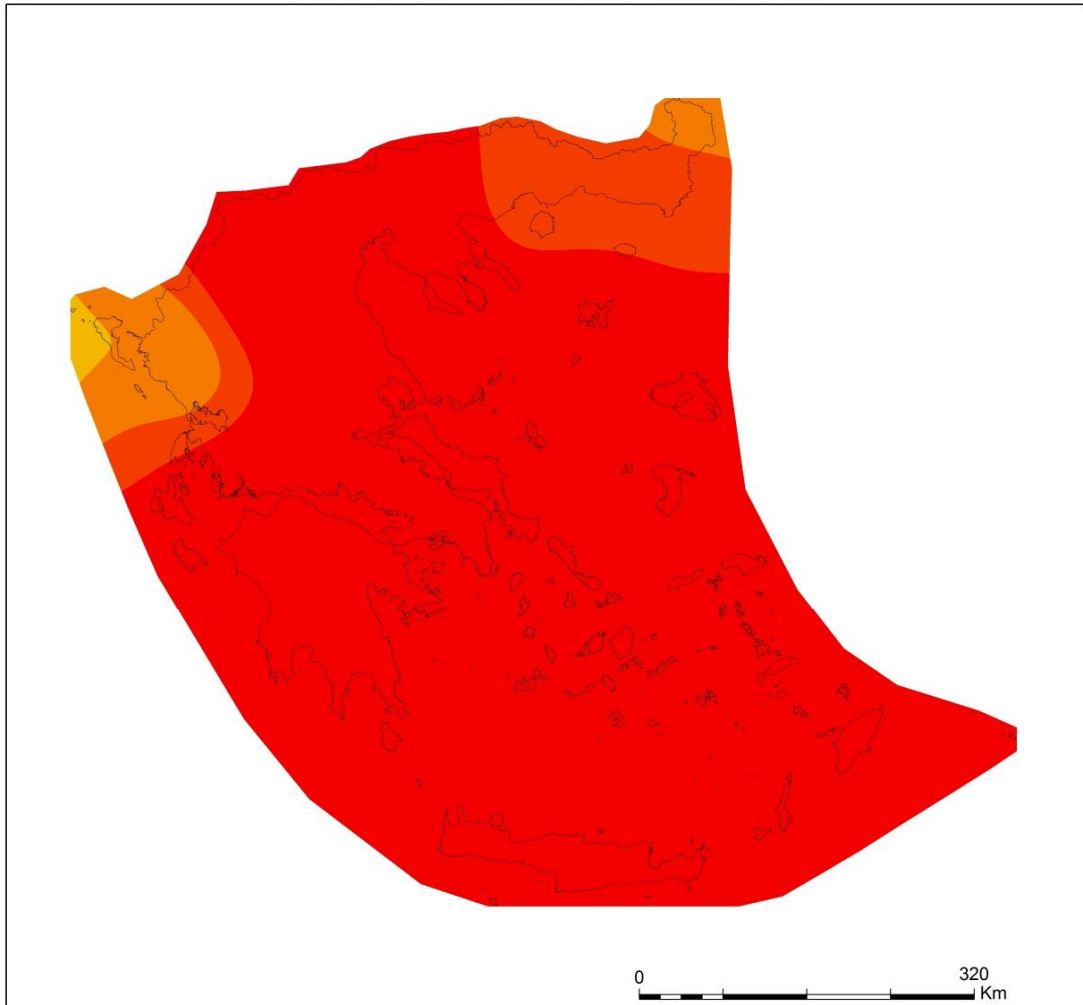
Διάγραμμα 5.9. Ο δείκτης PaDI για το σταθμό Ελληνικό



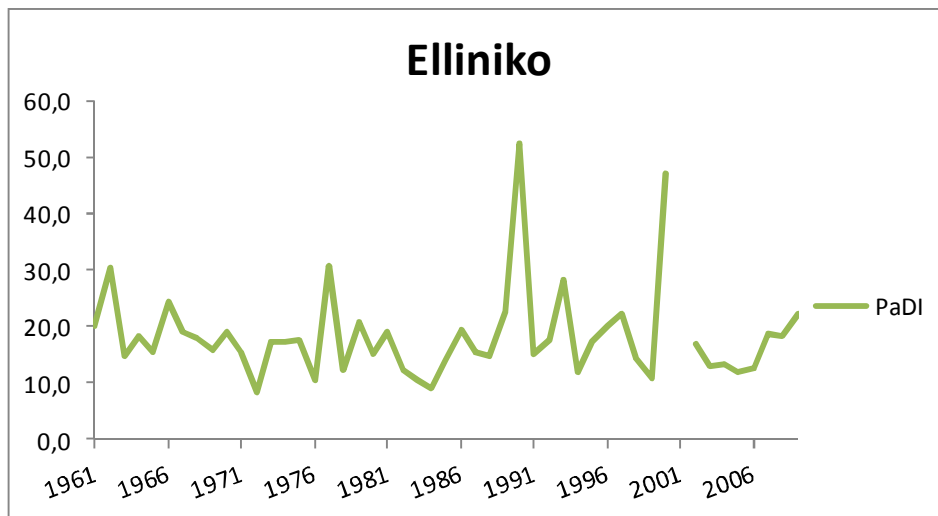
Διάγραμμα 5.10. Τιμές βροχόπτωσης για το σταθμό Ελληνικό

Το 2007 η χώρα βίωσε ακόμη μια έντονη λειψυδρία με σχεδόν όλη τη χώρα να εμφανίζει πολύ χαμηλή βροχόπτωση. Η μέση ετήσια ελάχιστη βροχόπτωση σημειώθηκε στο σταθμό Μήλος με τιμή 258 mm. Η μέση ετήσια μέγιστη βροχόπτωση σημειώθηκε στο σταθμό Ιωάννινα με τιμή 1.175 mm.

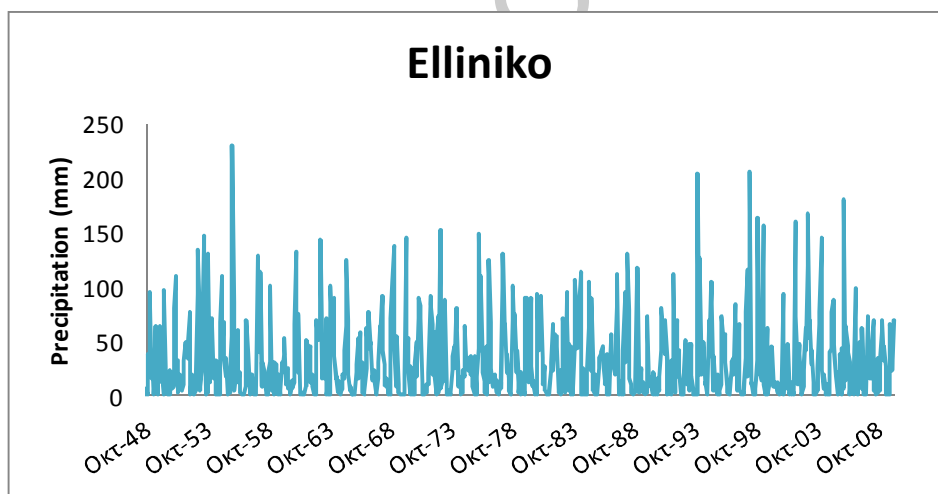
Palfai Drought Index 2008



Εικόνα 5.6 Χάρτης κατανομής του PaDI για το έτος 2008



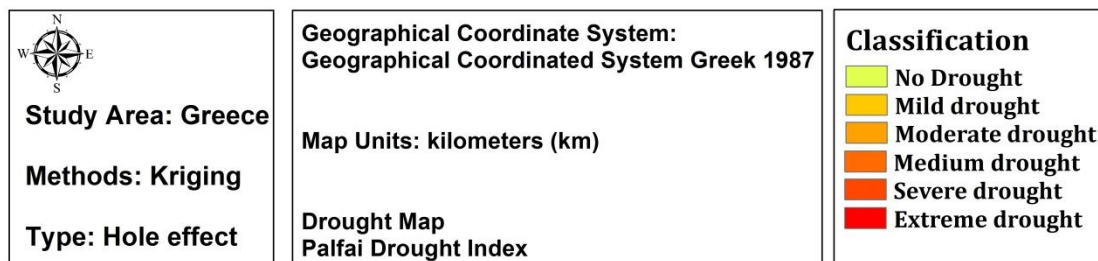
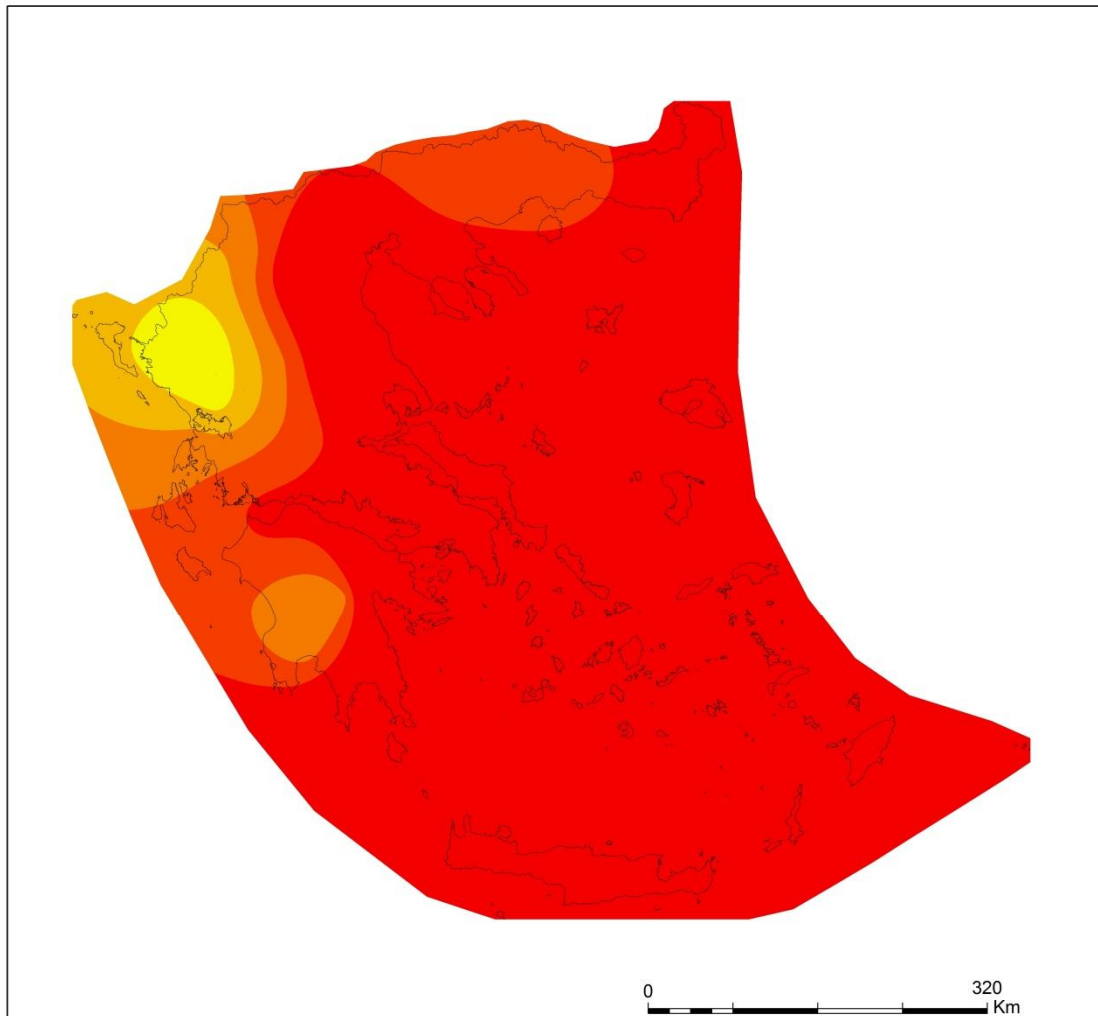
Διάγραμμα 5.11. Ο δείκτης PaDI για το σταθμό Ελληνικό



Διάγραμμα 5.12. Τιμές βροχόπτωσης για το σταθμό Ελληνικό

Το 2008 το φαινόμενο της λειψυδρίας συνεχίστηκε, επηρεασμένο από την έλλειψη βροχόπτωσης και από το προηγούμενο έτος 2007. Σχεδόν όλη η χώρα «χτυπήθηκε» από τη λειψυδρία. Η μέση ετήσια ελάχιστη τιμή της βροχόπτωσης σημειώθηκε στο σταθμό Χρυσούπολη με 158 mm. Η μέση ετήσια μέγιστη βροχόπτωση σημειώθηκε στο σταθμό Κέρκυρα.

Palfai Drought Index 10%



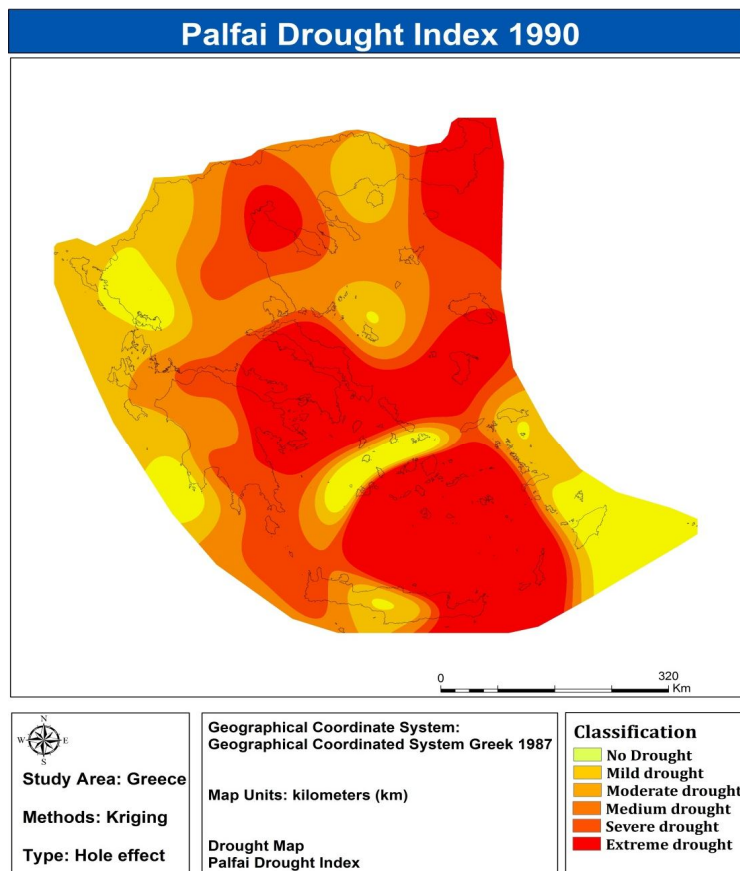
Εικόνα 5.6 Χάρτης κατανομής του PaDI 10%

Ο παραπάνω χάρτης κατασκευάστηκε από την 10 % πιθανότητα εμφάνισης του PaDI και εκφράζει τις χωρικές διαφοροποιήσεις της ξηρασίας μέσα στην περιοχή.

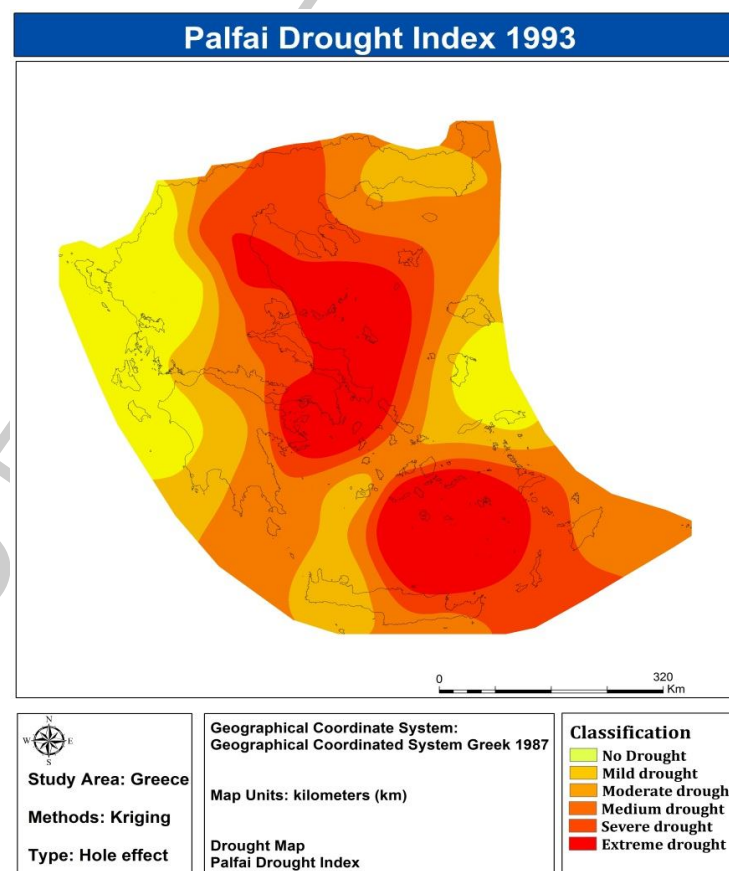
Αυτό που παρατηρείται κατά την εφαρμογή του δείκτη είναι πως για την Ελλάδα δεν είναι εφαρμόσιμος έτσι όπως έχει οριστεί καθώς ο συντελεστής βαρύτητας w_i δίνει μεγαλύτερες τιμές στους καλοκαιρινούς μήνες και μικρότερες τους χειμερινούς όπως έχει αναφερθεί στον πίνακα 3.1 στο Κεφάλαιο 3, ενώ για την Ελλάδα πρέπει ο συντελεστής βαρύτητας να έχει μεγαλύτερες τιμές το χειμώνα και μικρότερες το καλοκαίρι, καθώς οι χαμηλές βροχοπτώσεις το χειμώνα μας δίνουν την εμφάνιση της λειψυδρίας εφόσον το καλοκαίρι στη χώρα μας είναι αναμενόμενη η χαμηλή βροχόπτωση.

Γι αυτό το λόγο ο δείκτης εφαρμόστηκε εκ νέου με τις τιμές του συντελεστή βαρύτητας να ορίζονται ως εξής: 0,9 για τον Ιανουάριο, 0,5 για τον Φεβρουάριο, Μάρτιο και Απρίλιο, 0,4 για τον Μάιο και Ιούνιο, 0,1 για τον Ιούλιο και Αύγουστο, 0,5 για τον Σεπτέμβριο, 1,2 για τον Οκτώβριο, 0,8 για το Νοέμβριο και 1,6 για το Δεκέμβριο. Η κατάταξη έγινε με βάση τη μέση μηνιαία βροχόπτωση για ολόκληρη τη χρονοσειρά.

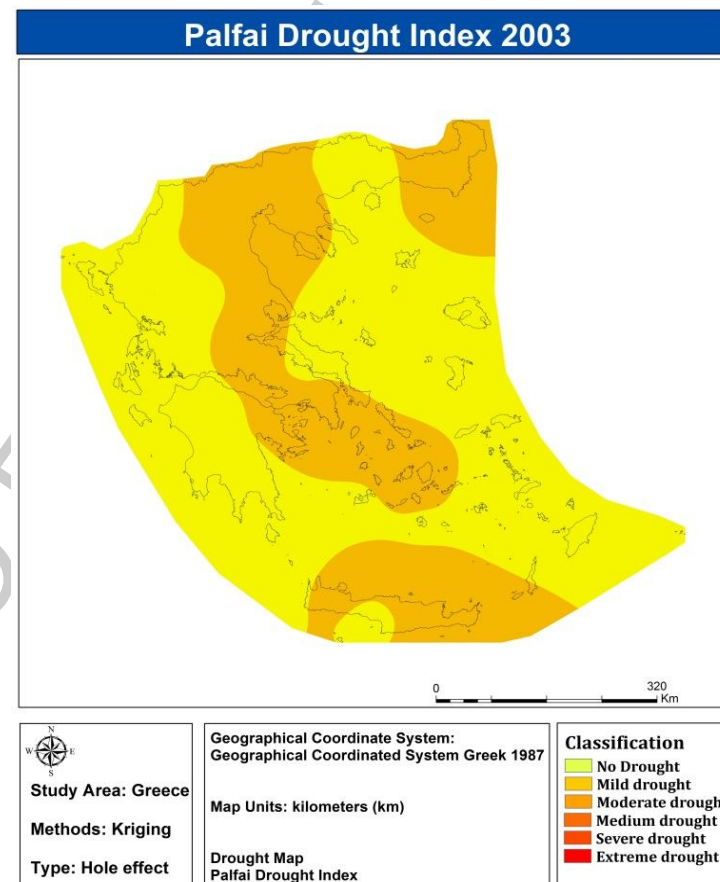
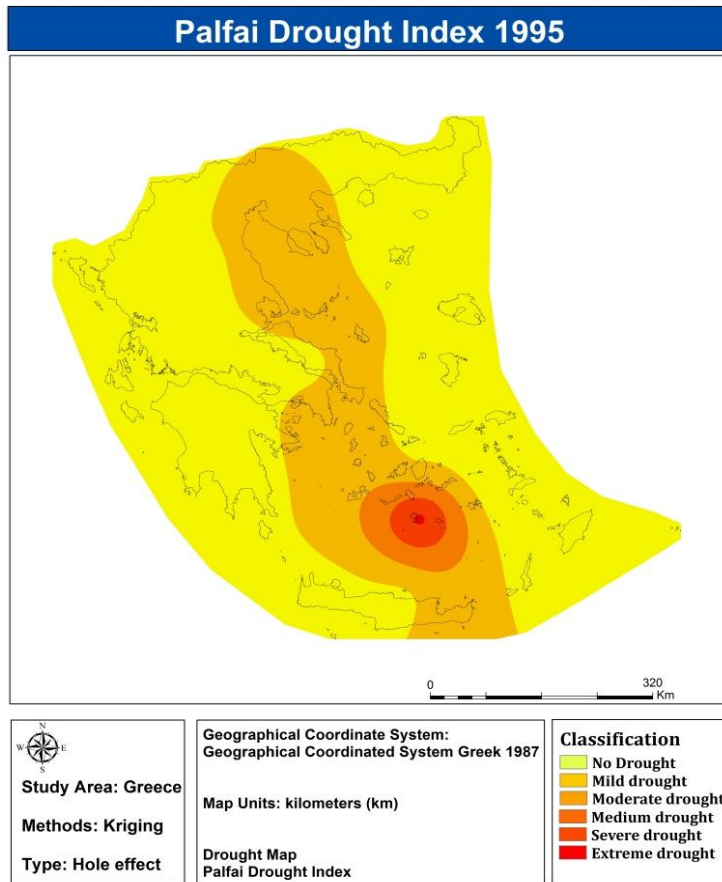
Έτσι φτιάχτηκαν οι νέοι χάρτες με τις νέες τιμές του PaDI:



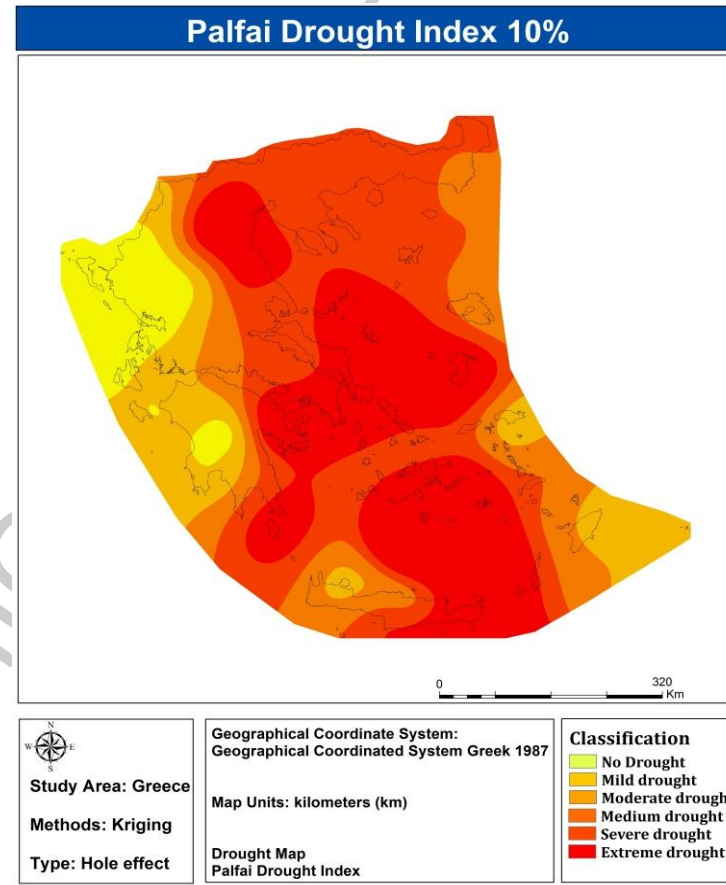
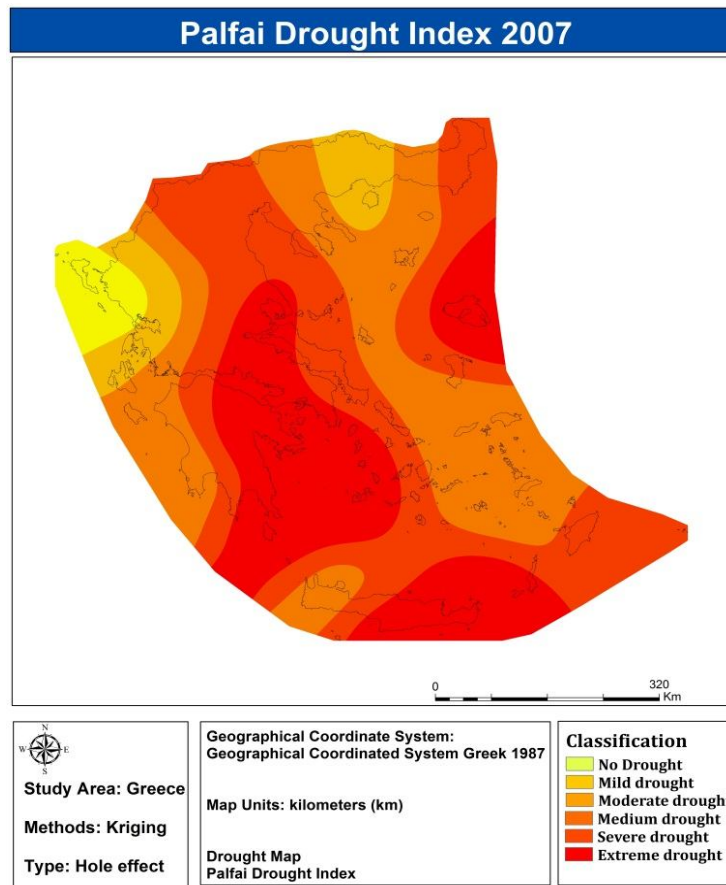
Εικόνα 5.7 Χάρτης κατανομής του PaDI για το 1990 με αλλαγή του συντελεστή βαρύτητα w_i



Εικόνα 5.8 Χάρτης κατανομής του PaDI για το 1993 με αλλαγή του συντελεστή βαρύτητα w_i



Εικόνα 5.9 Χάρτης κατανομής του PaDI για το 1995 με αλλαγή του συντελεστή βαρύτητα w_i Εικόνα 5.10 Χάρτης κατανομής του PaDI για το 2003 με αλλαγή του συντελεστή βαρύτητα w_i



Εικόνα 5.11 Χάρτης κατανομής του PaDI για το 2007 με αλλαγή του συντελεστή βαρύτητα w_i

Εικόνα 5.12 Χάρτης κατανομής του PaDI 10% με αλλαγή του συντελεστή βαρύτητα w_i

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα μεταπτυχιακή μελέτη εξετάστηκαν οι σημαντικότερες λειψυδρίες τα τελευταία είκοσι χρόνια στην Ελλάδα με βάσει τον υπολογισμό του δείκτη PaDI. Αρχικά ο δείκτης εφαρμόστηκε όπως ορίζεται με βάση τη βιβλιογραφία, έγινε όμως μια απόπειρα εφαρμογής του στα ελληνικά δεδομένα, προσαρμόζοντας το συντελεστή βαρύτητας και δίνοντας του τις αντίστοιχες τιμές για τη χώρα μας ώστε να έχουμε πιο σαφή αποτελέσματα.

Όπως έχει αναφερθεί και στα προηγούμενα κεφάλαια τα έτη που έπληξαν την Ελλάδα ήταν το 1990, 1993, 2000, 2007. Η μεγαλύτερη λειψυδρία ήταν αυτή του 1990 και σε διάρκεια και σε ένταση. Αρχικά δημιούργησε σοβαρά προβλήματα στην άρδευση των καλλιεργειών και την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας στην αρχή του έτους και συγκεκριμένα το μήνα Μάρτιο, που στην ουσία ξεκινά η άρδευση των καλλιεργειών. Μετά από ένα μόνο μήνα οι επιστήμονες προέβλεπαν ότι μόνο το 10% από τις καλλιέργειες θα επιβιώσει πράγμα όπου θα δημιουργούσε σοβαρό οικονομικό πρόβλημα στους αγρότες αλλά και στους εθνικούς πόρους.

Η Αττική είχε σοβαρότατο πρόβλημα στους διαθέσιμους υδατικούς πόρους που δημιουργούσαν προβλήματα στην ύδρευση, έτσι πραγματοποιήθηκε μεταφορά νερού με πλοίο από τον Αχελώο προς το Μόρνο που προτάθηκε ώστε να μειωθεί το πρόβλημα. Το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο πρότεινε εκ νέου για το μήνα Ιούλιο τη μεταφορά νερού με πλοίο. Πάρθηκαν γρήγορα μέτρα από τον τότε Πρωθυπουργό για τη διάνοιξη γεωτρήσεων, για τη μεταφορά νερού με υδροφόρα πλοία (με πολύ μεγάλο κόστος) και τη δημιουργία φράγματος στον ποταμό Εύηνο. Η αποκορύφωση του προβλήματος για την Αθήνα ήταν το μήνα Οκτώβριο όπου στην Αθήνα τα αποθέματα σε νερό αρκούσαν μόνο για λίγες μέρες και δεν υπήρχαν πολλές εναλλακτικές λύσεις. Η βροχή όμως του Οκτωβρίου έλυσε το πρόβλημα της ύδρευσης.

Τα επόμενα χρόνια σημειώθηκαν άλλες τρεις λειψυδρίες αλλά αυτή του 2000 ήταν εντονότερη από τις υπόλοιπες, στη συνέχεια έρχονται αυτή του 1993 και του 2007. Αυτές οι τρεις λειψυδρίες δε μπορούν να συγκριθούν με αυτή του 1990, όμως και αυτές δημιούργησαν σημαντικά προβλήματα κυρίως στον αγροτικό τομέα.

Η λειψυδρία του 1993 έπληξε κυρίως τη Βόρεια Ελλάδα, τη Θράκη, τα νησιά του Αιγαίου και λιγότερο τα Ιόνια νησιά. Στα νησιά το πρόβλημα έγινε εντονότερο τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω τουρισμού.

Το έτος 2000 το φαινόμενο της λειψυδρίας ήταν εντονότερο στην περιοχή της Στερεάς Ελλάδας και στα νησιά του Βόρειο Ανατολικού Αιγαίου. Τον Αύγουστο του 2000 το φαινόμενο αυτό εντάθηκε σε ολόκληρη την Ελλάδα, τον Οκτώβριο του ίδιου έτους εξασθένησε αρκετά και στο τέλος του έτους επανήλθαν οι φυσιολογικές συνθήκες. Η λειψυδρία του 2000 ήταν η μεγαλύτερη ύστερα από αυτή του 1990, δημιούργησε προβλήματα στις καλλιέργειες αλλά δεν συναντήθηκαν προβλήματα στην ύδρευση των μεγάλων αστικών κέντρων.

Σημαντικά προβλήματα δημιούργησε η λειψυδρία του 2007 όπου το φαινόμενο εντάθηκε τον Απρίλιο και το Μάιο και δημιούργησε προβλήματα στην γεωργία. Αυτό οδήγησε τους πολιτικούς να πάρουν γρήγορα μέτρα ώστε να μη συμβούν ανάλογα προβλήματα με αυτά του 1990. Χαρακτηριστικό είναι ότι το ΥΠΕΧΩΔΕ μόλις το Μάρτιο έδωσε μέτρα προς τις Νομαρχίες που επρόκειτο να πληγούν από το φαινόμενο. Στη συνέχεια έγιναν κάποια μικρά έργα υδροληψίας στα νησιά, ακόμα ανακοινώθηκαν και μικρά εγχειροβελτιωτικά έργα κυρίως από την περιοχή της Θεσσαλίας, αυτό έγινε λόγω των αγροτών που καθιστά την περιοχή ιδιαίτερα τρωτή στη λειψυδρία. Τους καλοκαιρινούς μήνες ευτυχώς το φαινόμενο δεν έγινε εντονότερο, όμως τα νησιά η βιομηχανία του τουρισμού έκανε την κατάσταση χειρότερη. Το φαινόμενο εξασθένησε σημαντικά μετά το τέλος του καλοκαιριού. Στο τέλος του έτους ανατέθηκε στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών η δημιουργία του σχεδίου δράσης για την αντιμετώπιση των λειψυδριών.

Το γενικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι πως η χώρα αντιμετωπίζει πρόβλημα λειψυδρίας καθώς οι μεγαλύτερες τιμές βροχόπτωσης σημειώνονται στη Δυτική Ελλάδα ενώ οι χαμηλότερες στην Ανατολική και συγκεκριμένα στις Κυκλάδες και στο Ν. Αττικής, δηλαδή σε περιοχές με μεγαλύτερη ζήτηση για κατανάλωση νερού.

Η χρήση των δεικτών της λειψυδρίας είναι ένα σημαντικό κομμάτι για την ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων σε μια περιοχή ή σε εθνικό επίπεδο. Για μεγαλύτερη ασφάλεια και για καλύτερα αποτελέσματα χρειάζεται η χρησιμοποίηση περισσότερων από ένα δείκτη. Ένα άλλο μέρος της διαχείρισης είναι η πρόγνωση για το φαινόμενο της λειψυδρίας, όμως είναι εξαιρετικά δύσκολο και επικίνδυνο ειδικά για μεγάλες χρονικές περιόδους, αλλά σε συνδυασμό δεικτών-

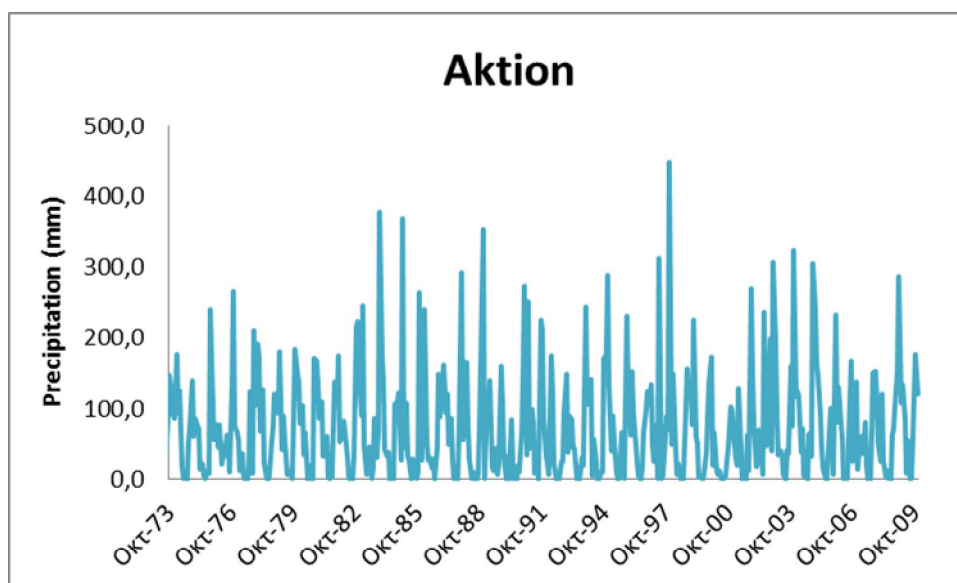
πρόγνωσης τα αποτελέσματα για τη λήψη των αποφάσεων θα είναι σαφώς ικανοποιητικότερα. Επίσης σημαντικό κομμάτι είναι η ποιότητα των μετεωρολογικών δεδομένων που χρησιμοποιούνται. Στην εν λόγω μελέτη το πλήθος των μετεωρολογικών σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν ήταν αρκετά ικανοποιητικό, όμως απαιτείται περαιτέρω μελέτη του δείκτη Palfai στον ελλαδικό χώρο ούτως με συνδυασμό των δεδομένων της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας ούτως ώστε να γίνει μια πιο ολοκληρωμένη διερεύνηση του δείκτη στην Ελλάδα.

Για να προφυλαχθεί η Ελλάδα αλλά και άλλες χώρες από ακραία φαινόμενα λειψυδρίας πρέπει να οχυρωθεί με ένα σχέδιο δράσης ικανό να θέσει τους σκοπούς και τους στόχους με στρατηγική διορατικότητα για τη διαχείριση των υδατικών πόρων. Όμως συνήθως στην Ελλάδα οι πολιτικοί και οι λήπτες των αποφάσεων δεν λειτουργούν με διορατικότητα και βάση του σχεδίου που υπάρχει για την αντιμετώπιση και τον μετριασμό του φαινομένου. Η ανησυχία και ο πανικός κατά τη διάρκεια μιας λειψυδρίας αντικαθίστανται γρήγορα από την απάθεια μόλις επιστρέψουν οι βροχές και οι συνθήκες λειψυδρίας βελτιωθούν. Εάν οι πολιτικοί επιθυμούν να διασπάσουν αυτόν τον κύκλο στο επόμενο επεισόδιο της λειψυδρίας ή έστω να μειώσουν την τρωτότητα του συστήματος πρέπει να αντικατασταθεί η αδιαφορία με τον προληπτικό σχεδιασμό.

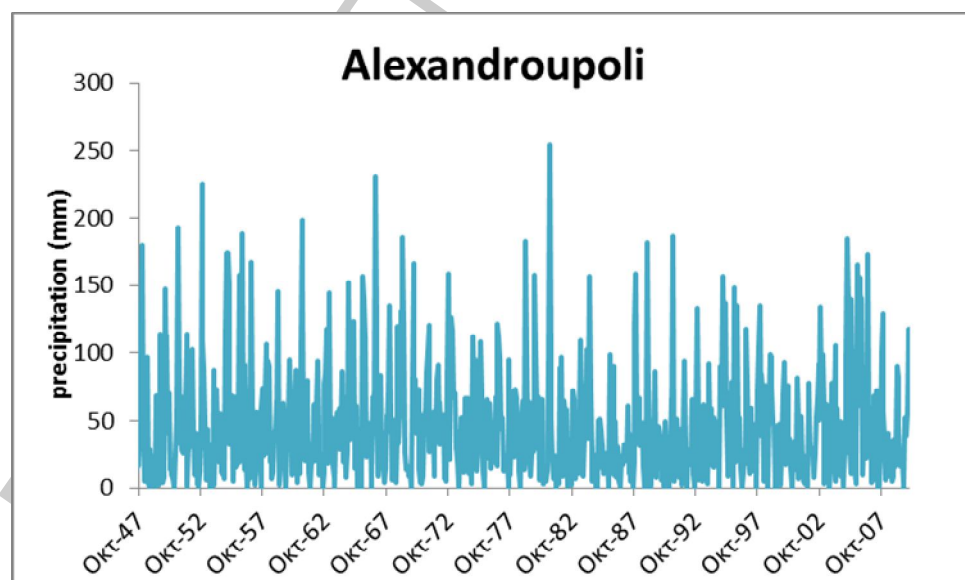
Οι λειψυδρίες των τελευταίων είκοσι ετών όπως εμφανίστηκαν στην παρούσα μελέτη έδειξαν ότι η πολιτεία πρέπει να οργανωθεί με το ισχυρό όπλο του προληπτικού σχεδιασμού ώστε οι λήπτες των αποφάσεων να μην προβούν σε λύσεις βεβιασμένες και αποφάσεις κάτω από μεγάλη πίεση που τελικά δεν επιφέρουν τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Αντίθετα με τη σωστή προετοιμασία μειώνεται η τρωτότητα του συστήματος-περιοχής στα πλαίσια της λειψυδρίας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

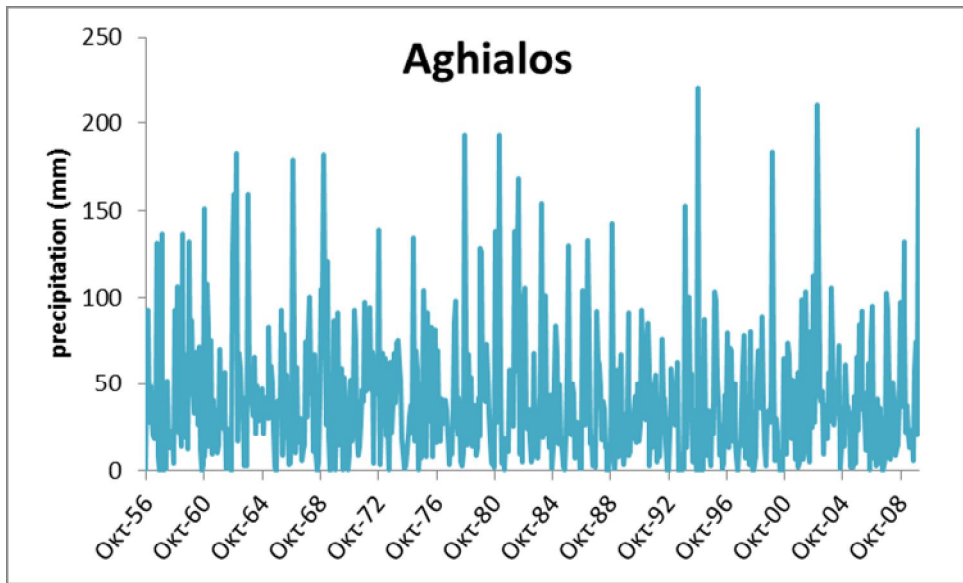
ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ



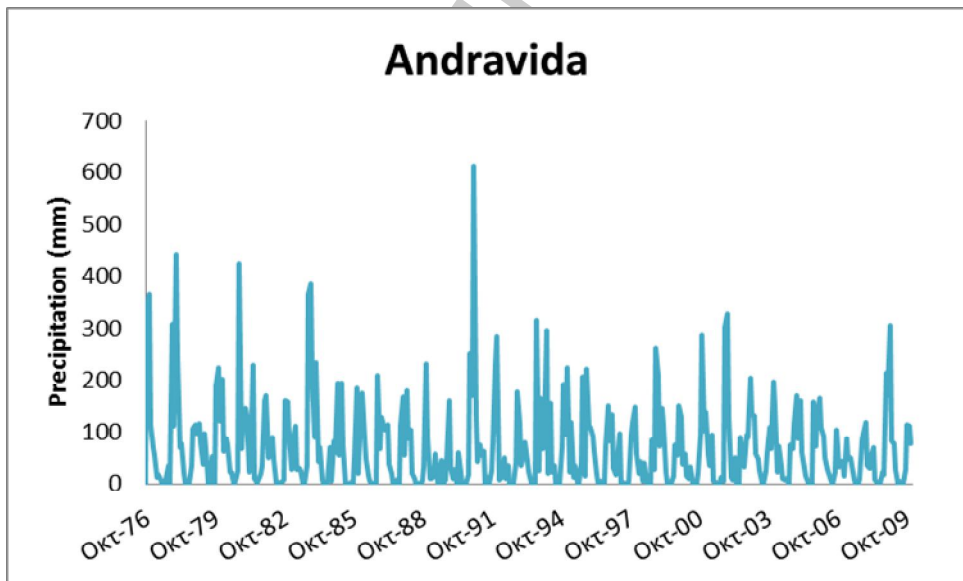
Διάγραμμα Α.1. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Άκτιον.



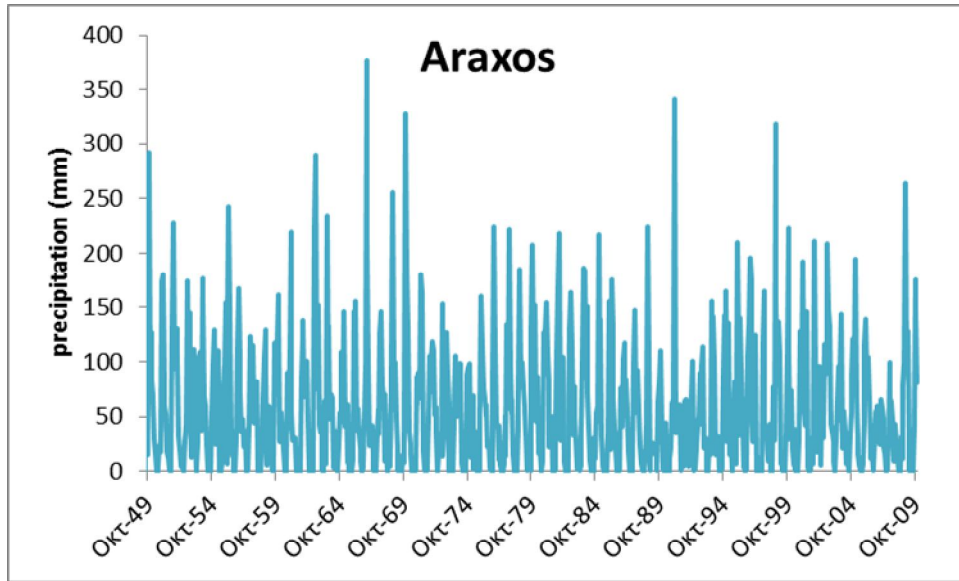
Διάγραμμα Α.2. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Αλεξανδρούπολη.



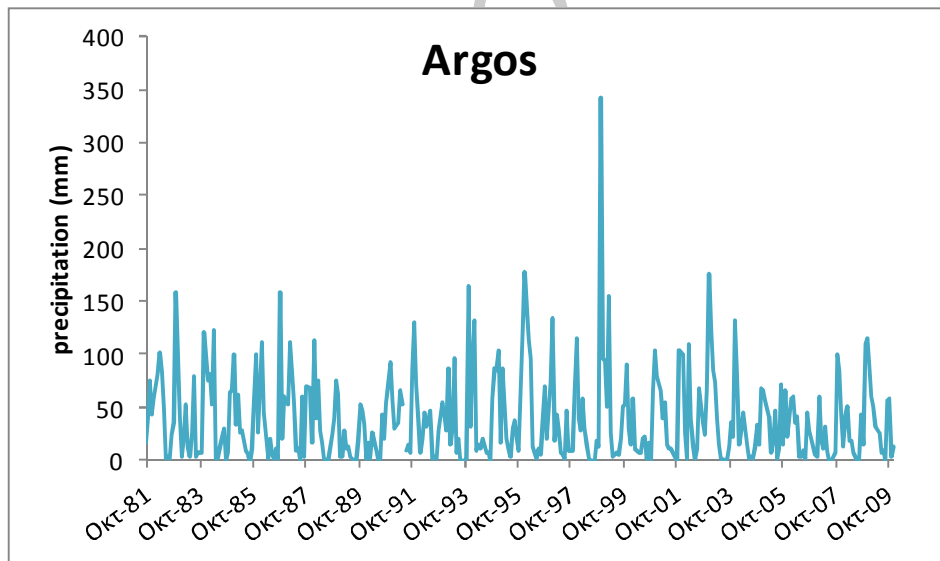
Διάγραμμα Α.3. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Αγκιάλος.



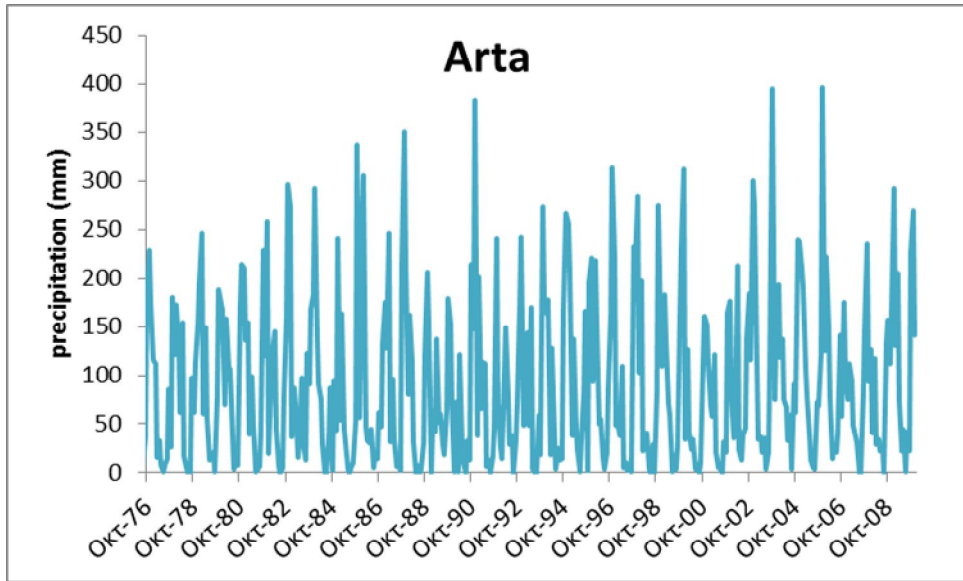
Διάγραμμα Α.4. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Ανδραβίδα.



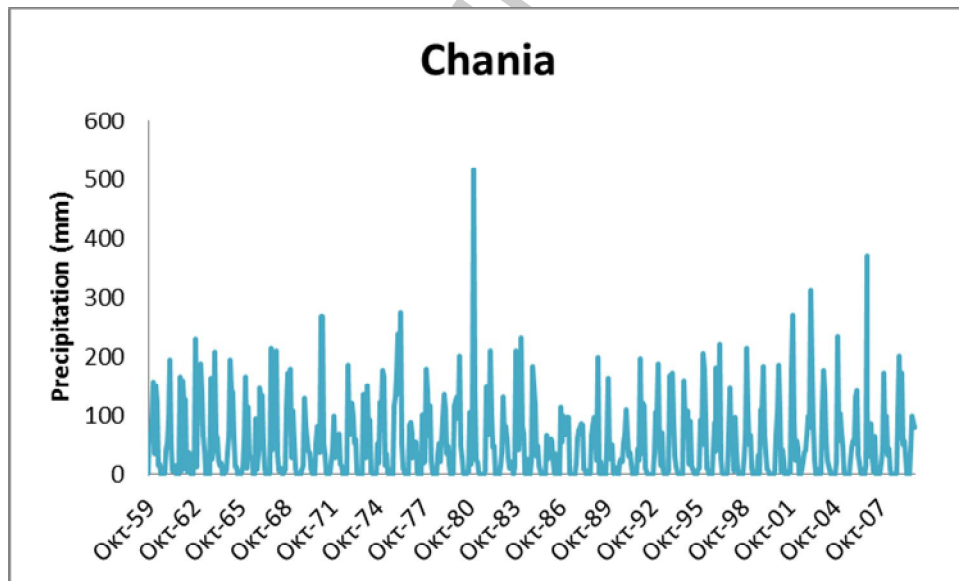
Διάγραμμα Α.5. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Άραξος.



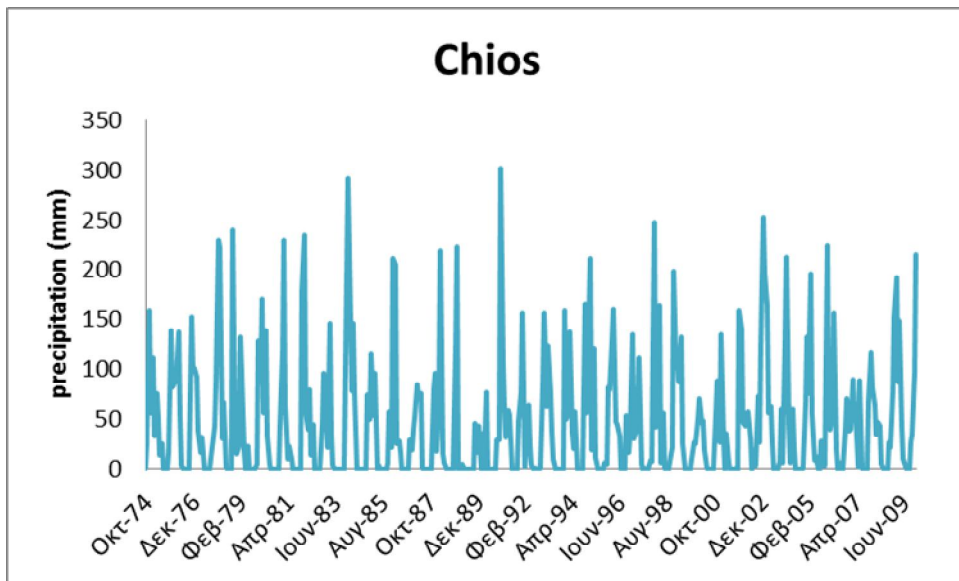
Διάγραμμα Α.6. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Άργος.



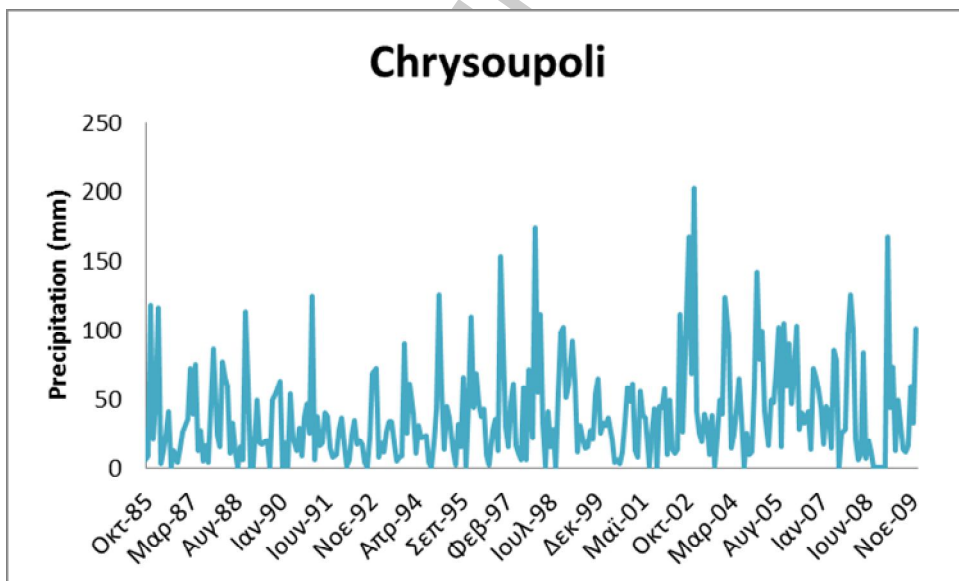
Διάγραμμα Α.7. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Άρτα.



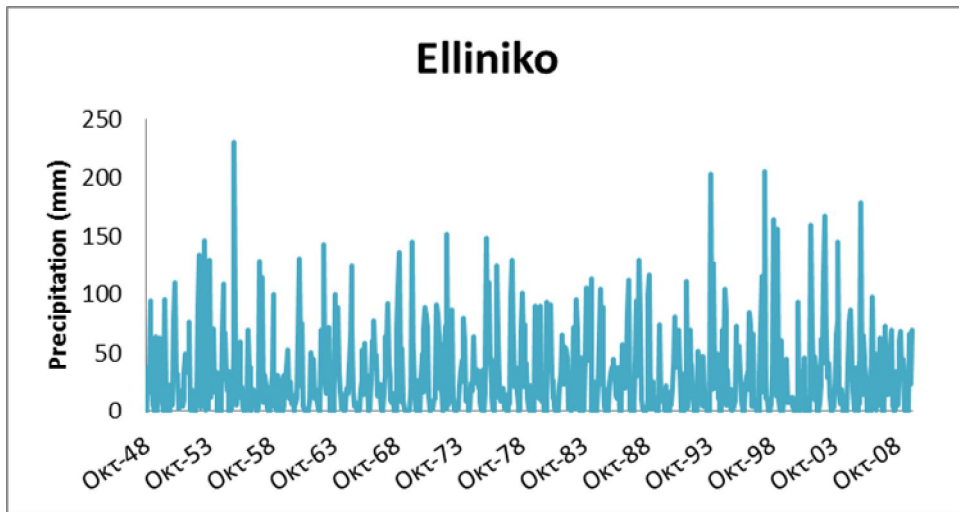
Διάγραμμα Α.8. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Χανιά.



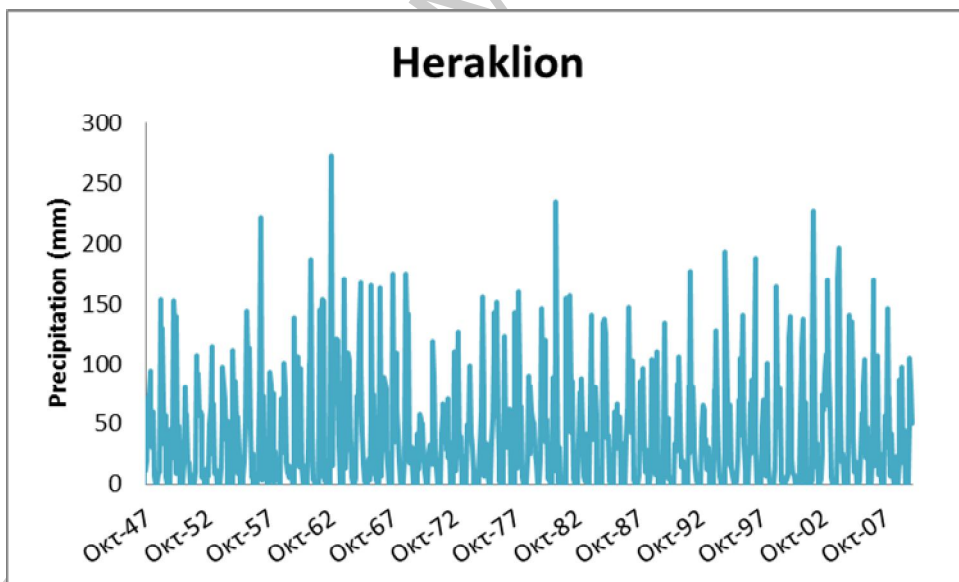
Διάγραμμα Α.9. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Χίος.



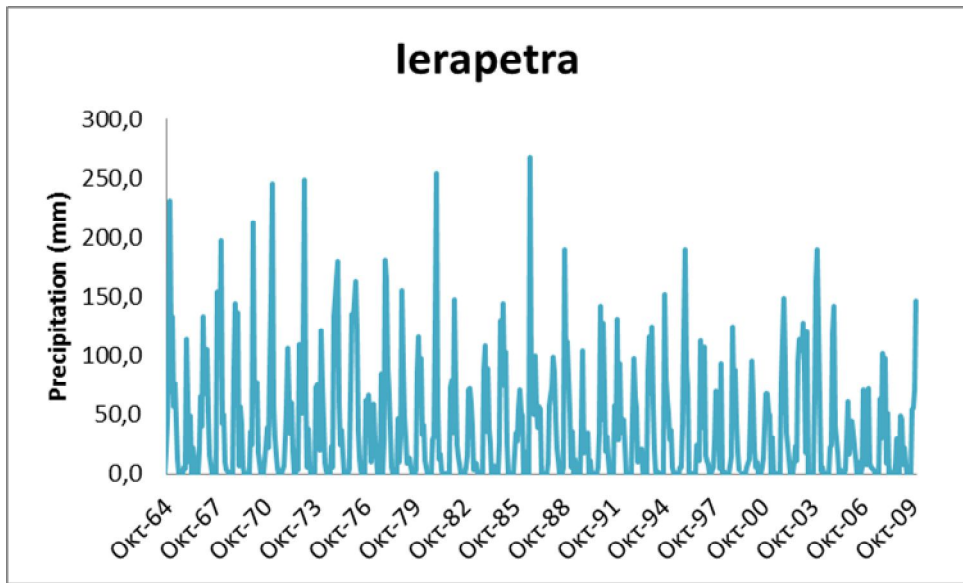
Διάγραμμα Α.10. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Χρυσούπολη.



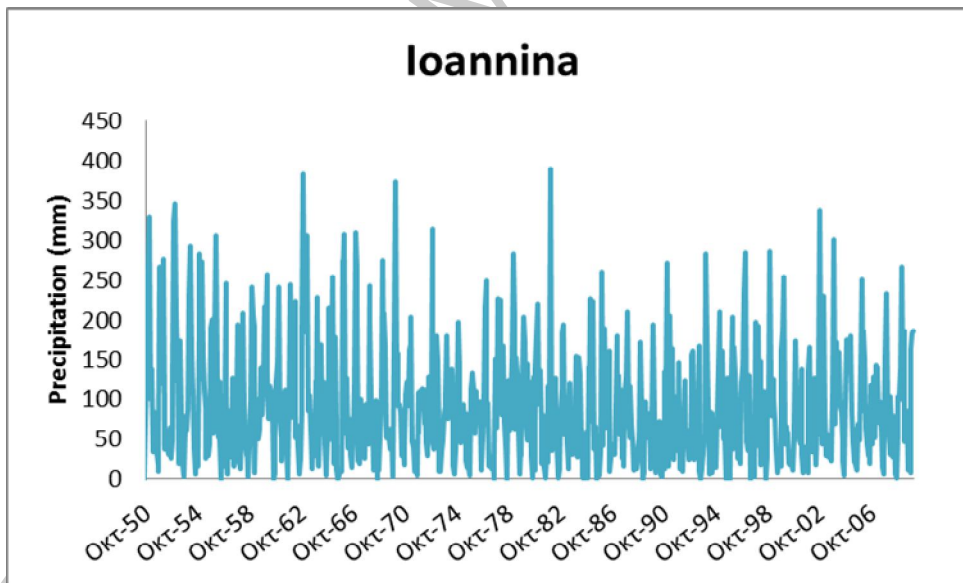
Διάγραμμα Α.11. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Ελληνικό.



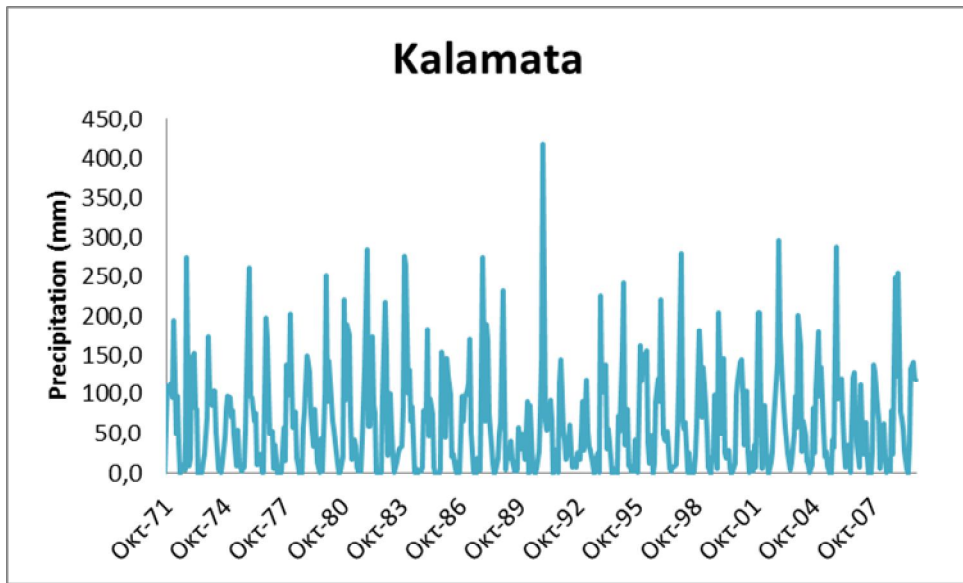
Διάγραμμα Α.12. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Ελληνικό.



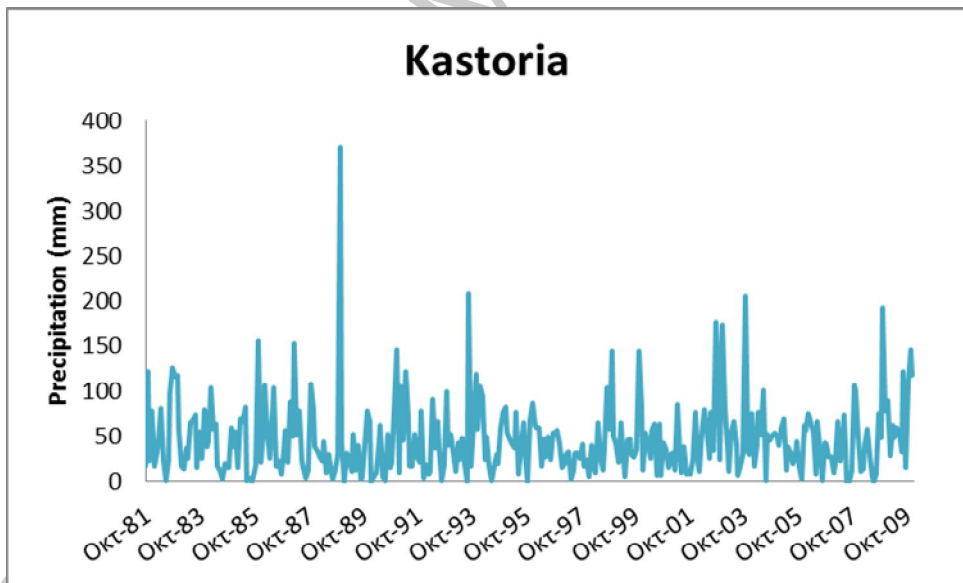
Διάγραμμα Α.13. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Ιερέπετρα.



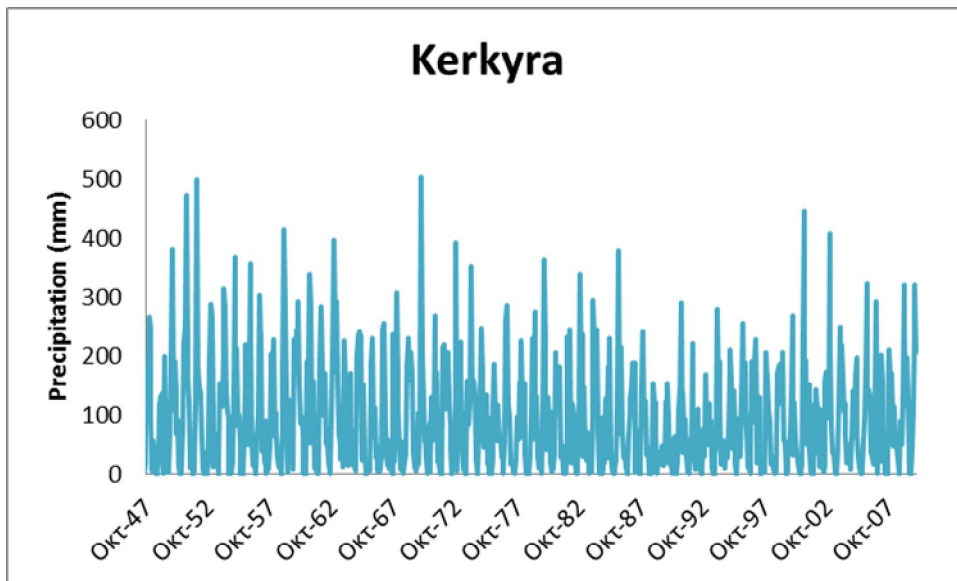
Διάγραμμα Α.14. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Ιωάννινα.



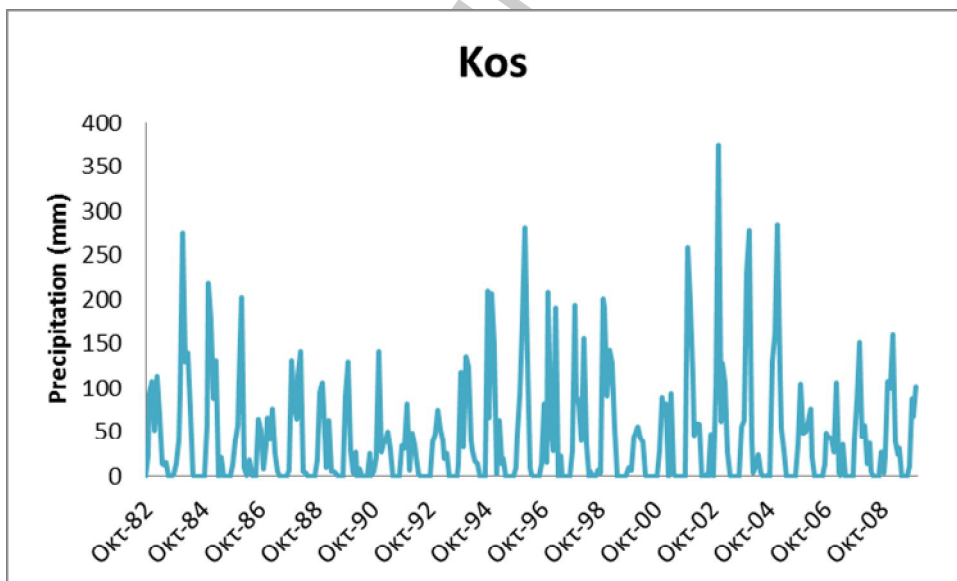
Διάγραμμα Α.15. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Καλαμάτα.



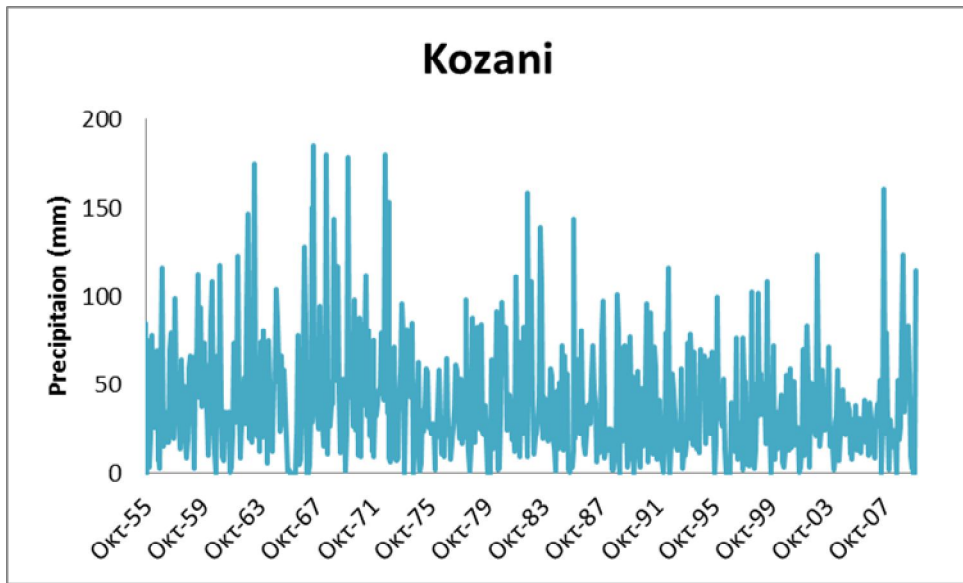
Διάγραμμα Α.16. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Καστοριά.



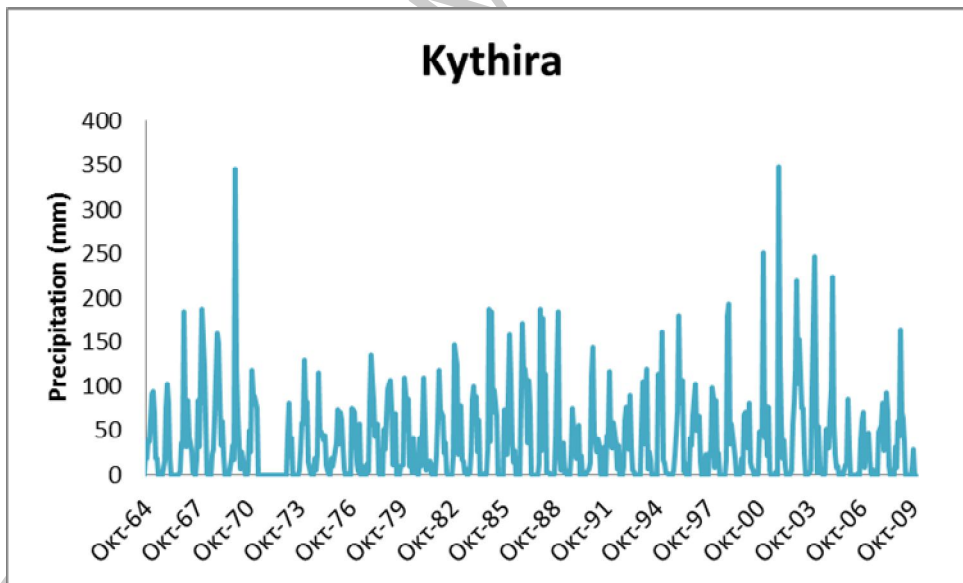
Διάγραμμα Α.17. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Κέρκυρα.



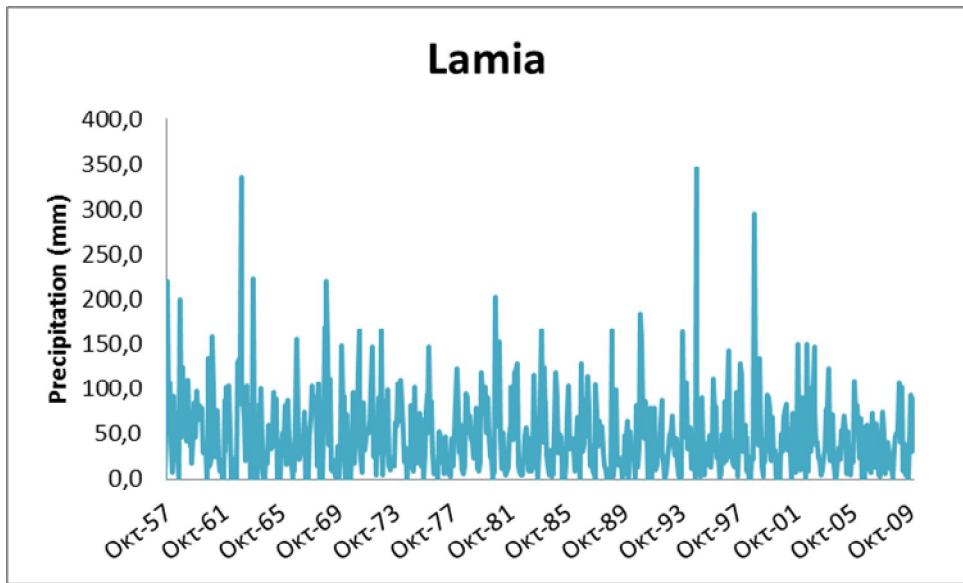
Διάγραμμα Α.18. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Κώς.



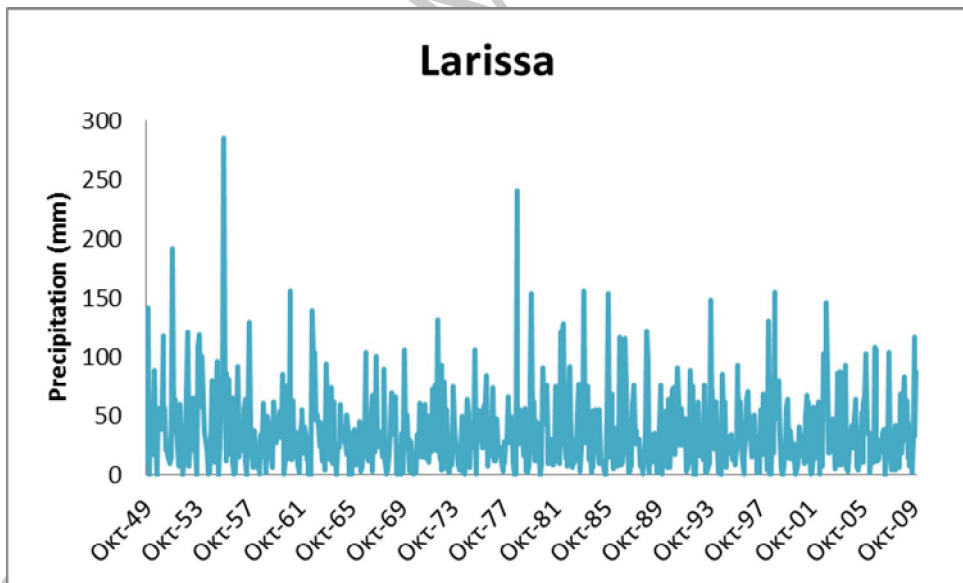
Διάγραμμα Α.19. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Κοζάνη.



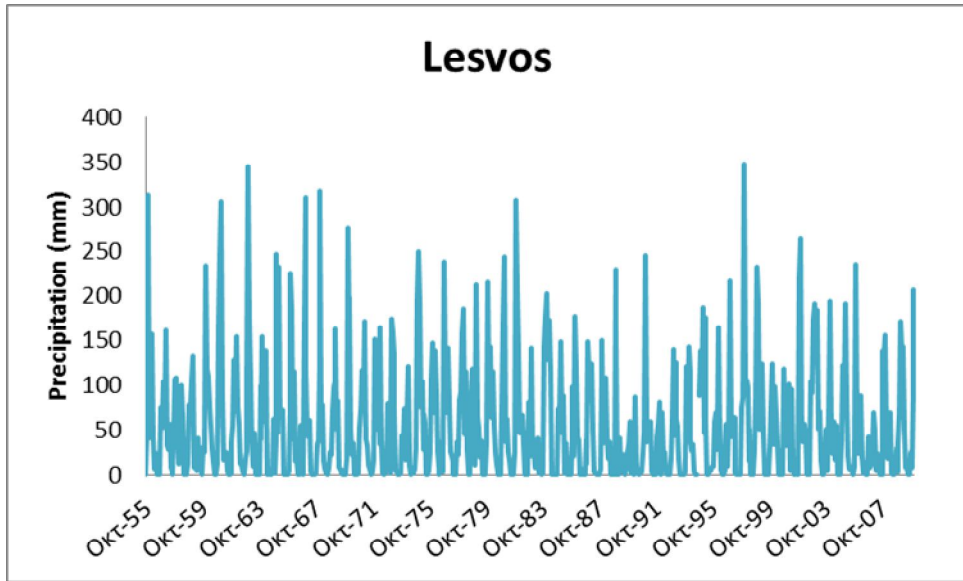
Διάγραμμα Α.20. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Κύθηρα.



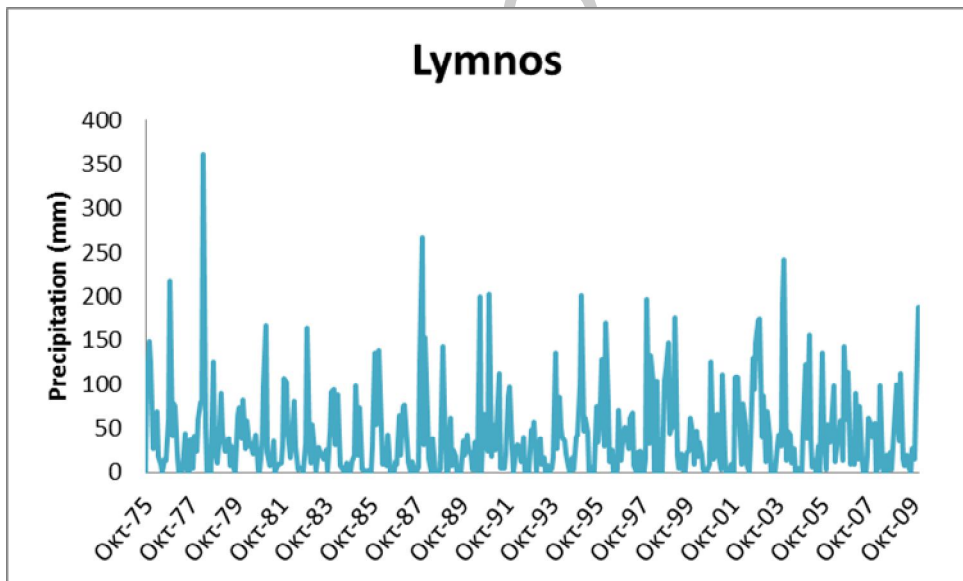
Διάγραμμα Α.21. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Λαμία.



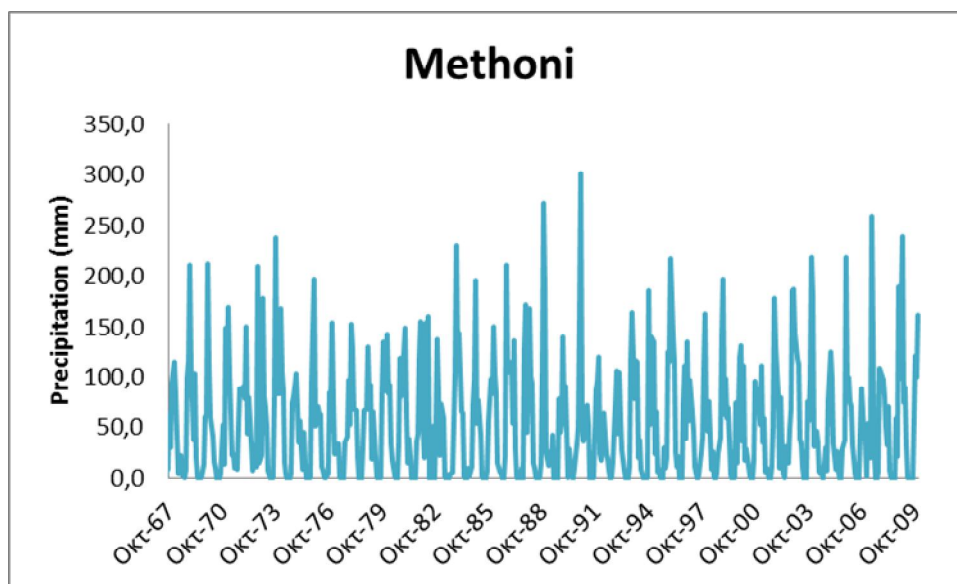
Διάγραμμα Α.22. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Λάρισα.



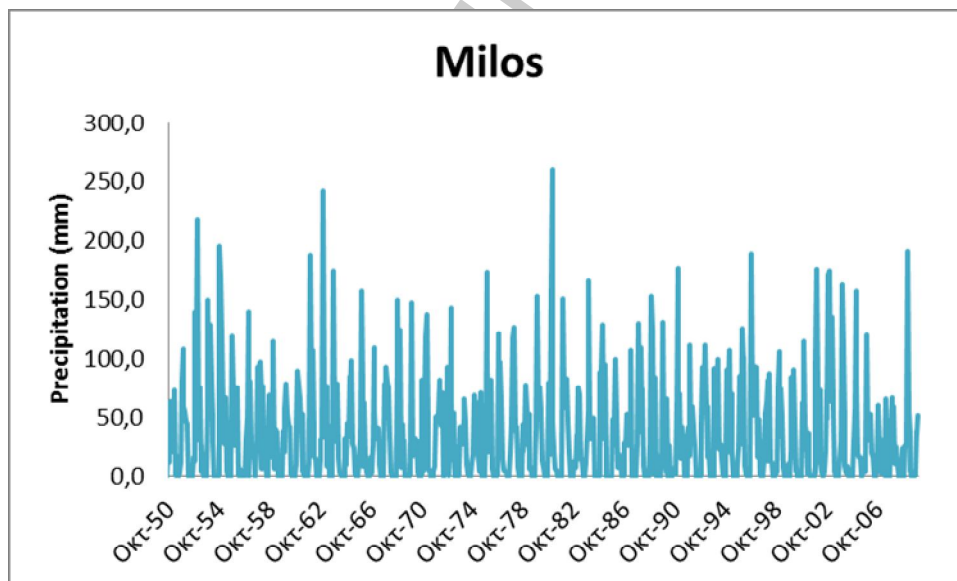
Διάγραμμα Α.23. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Λέσβος.



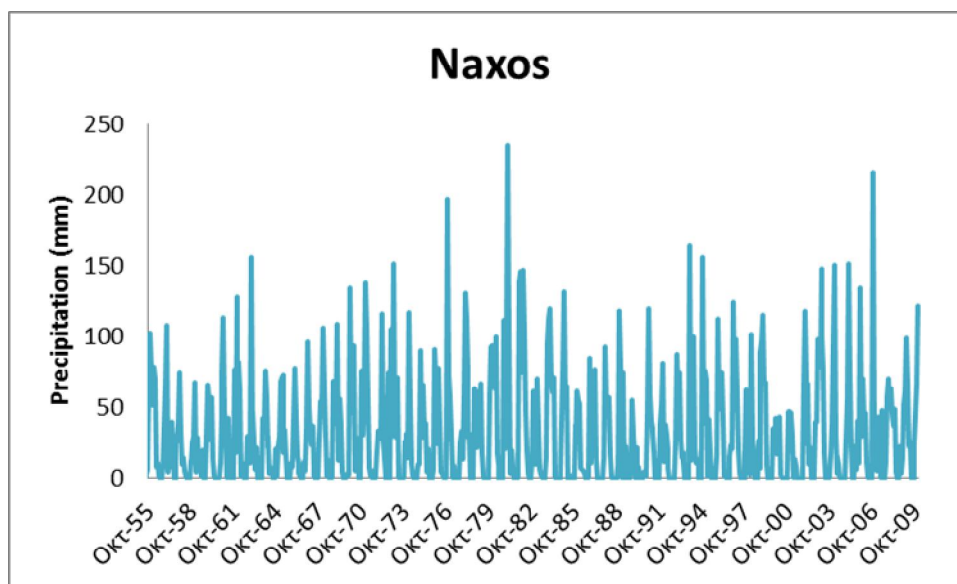
Διάγραμμα Α.24. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Λήμνος.



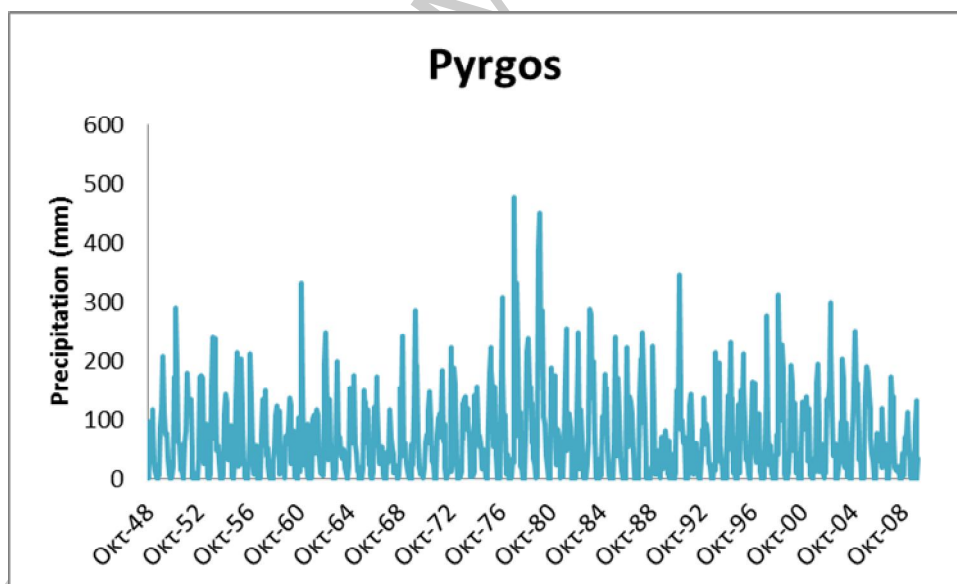
Διάγραμμα Α.25. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Μεθώνη.



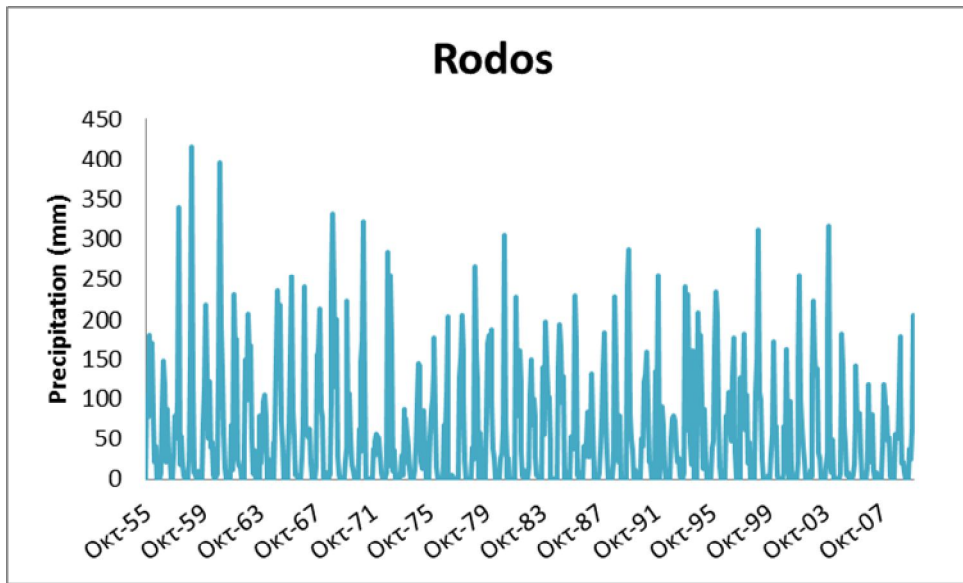
Διάγραμμα Α.26. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Μήλος.



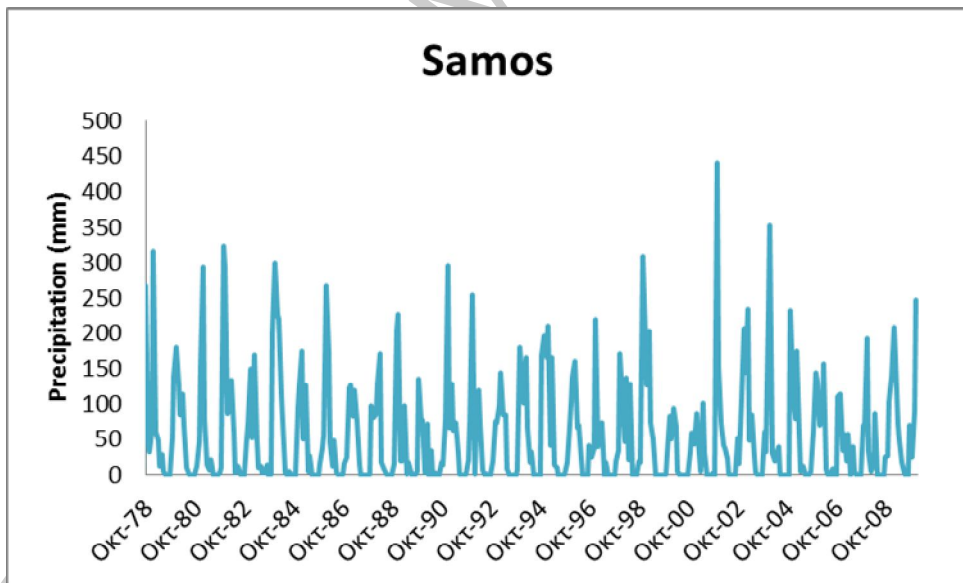
Διάγραμμα Α.27. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Νάξος.



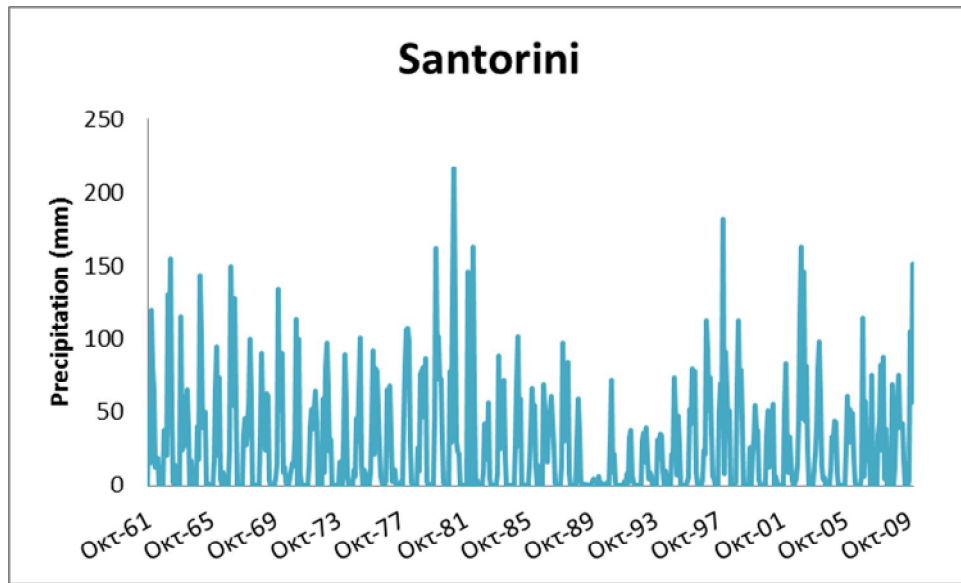
Διάγραμμα Α.28. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Πύργος.



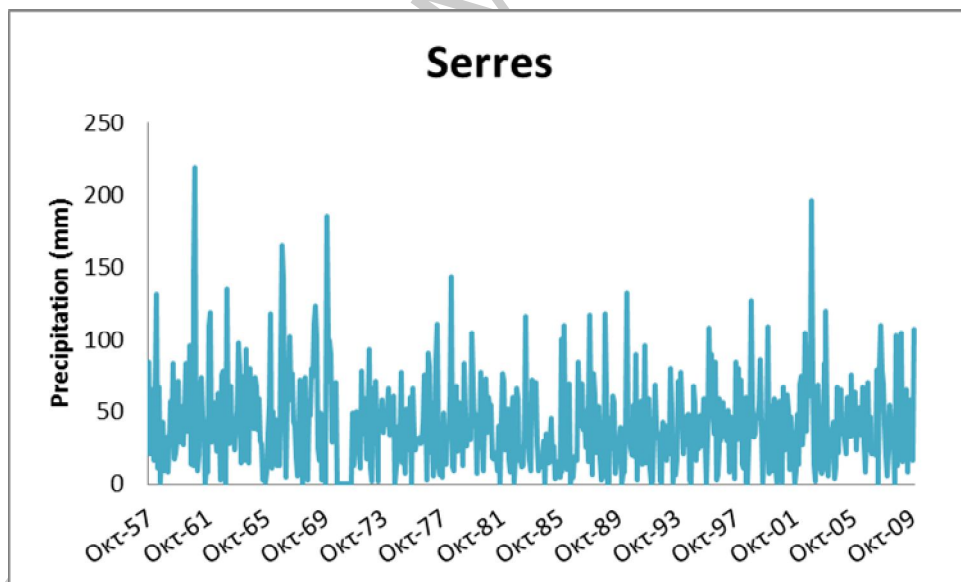
Διάγραμμα Α.29. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Ρόδος.



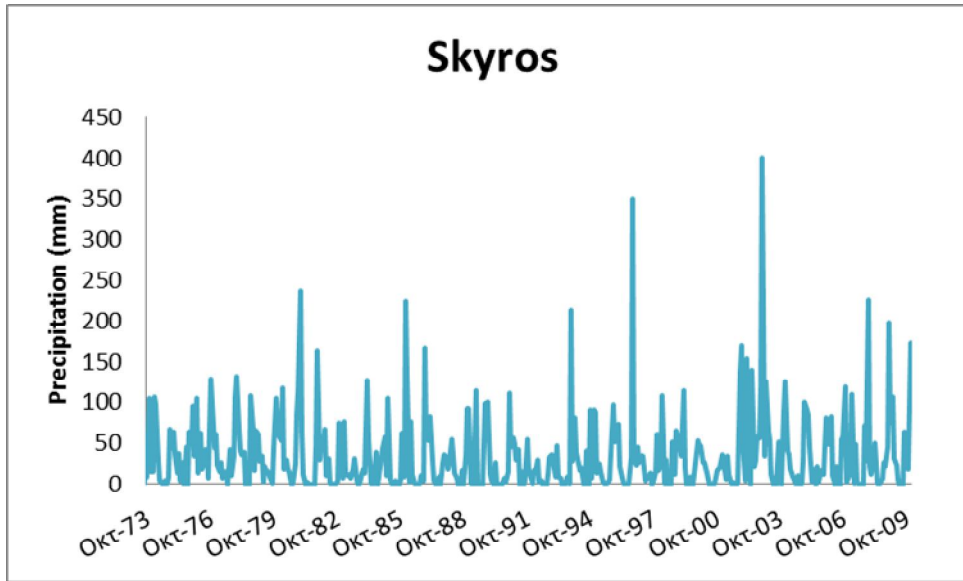
Διάγραμμα Α.30. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Σάμος.



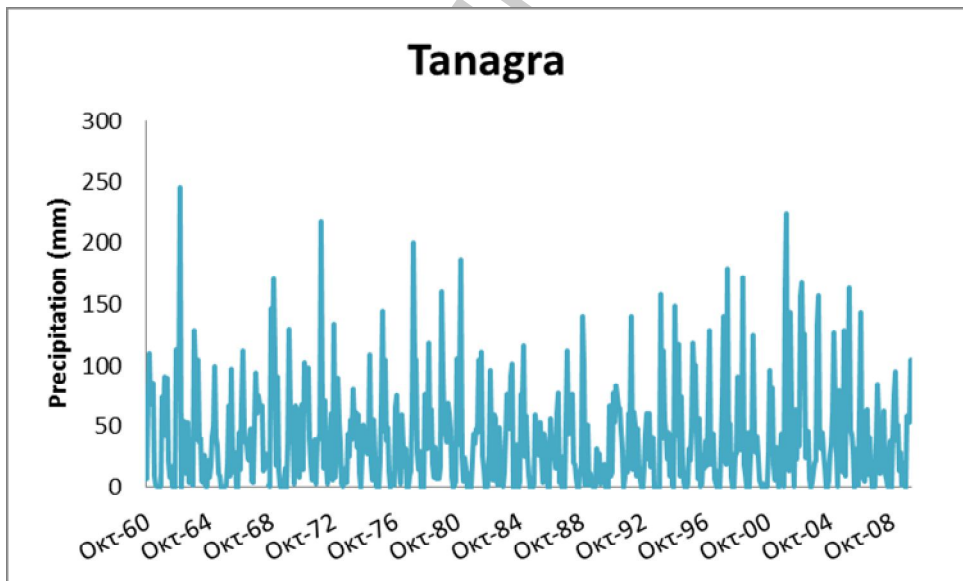
Διάγραμμα Α.31. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Σαντορίνη.



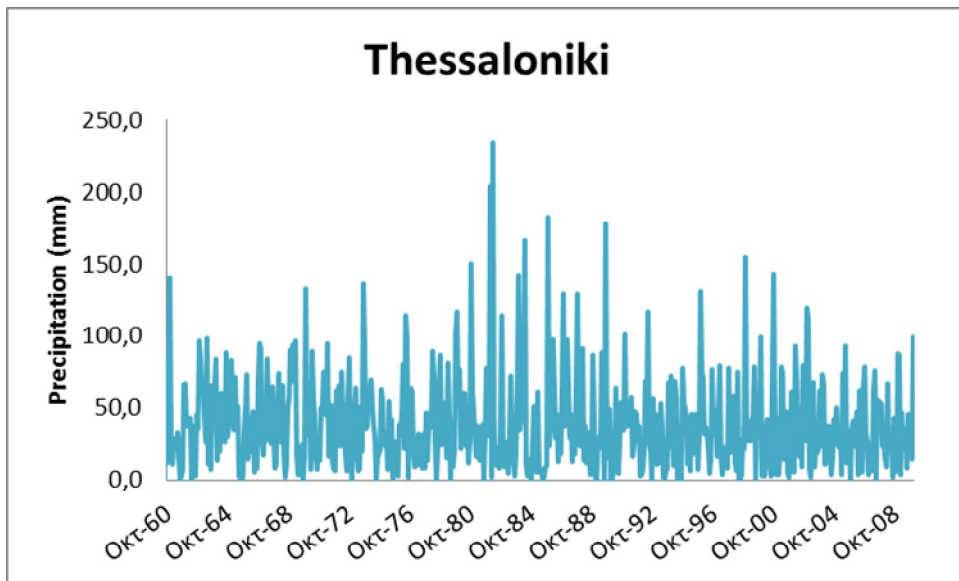
Διάγραμμα Α.32. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Σέρρες.



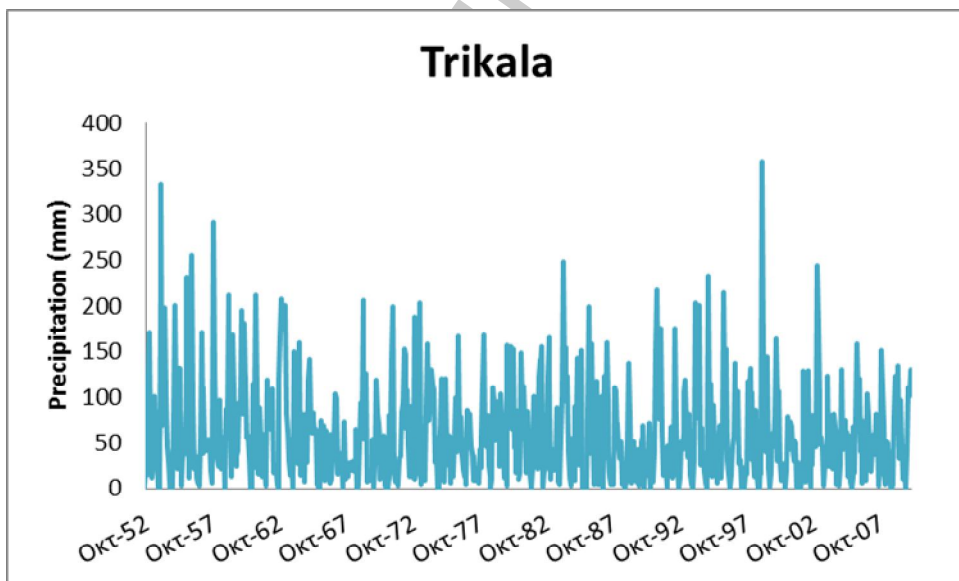
Διάγραμμα Α.33. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Σκύρος.



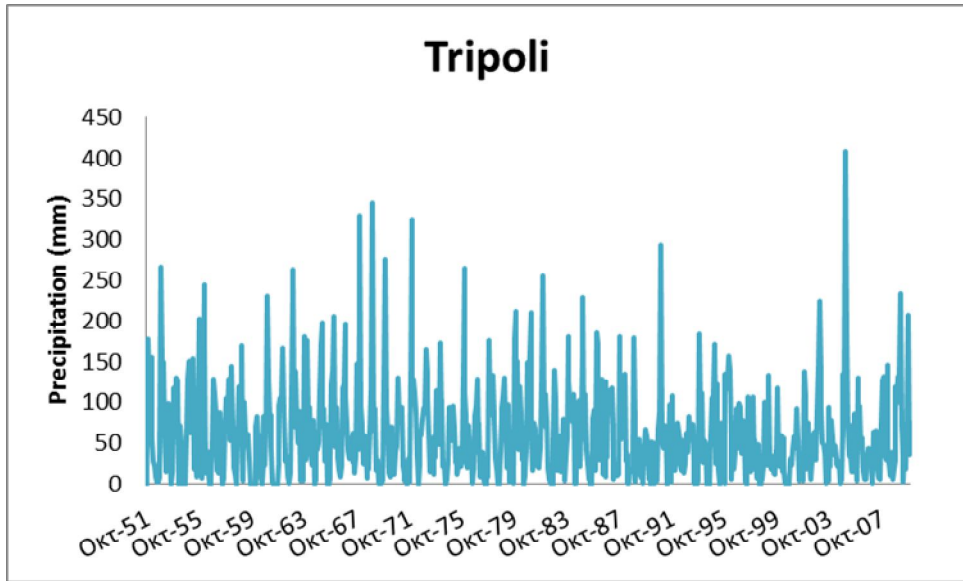
Διάγραμμα Α.34. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Τανάγρα.



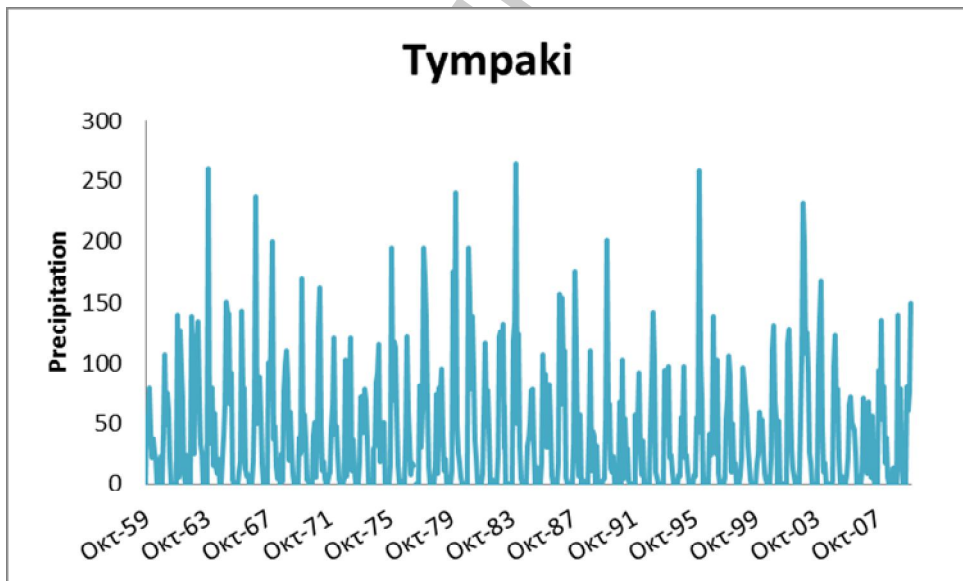
Διάγραμμα Α.35. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Τανάγρα.



Διάγραμμα Α.36. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Τρίκαλα.



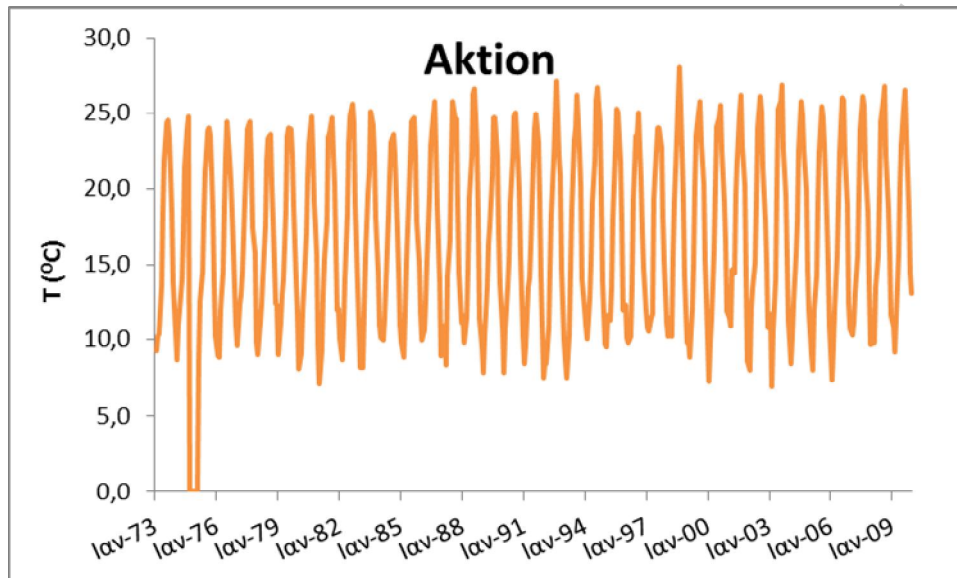
Διάγραμμα Α.37. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Τρίπολη.



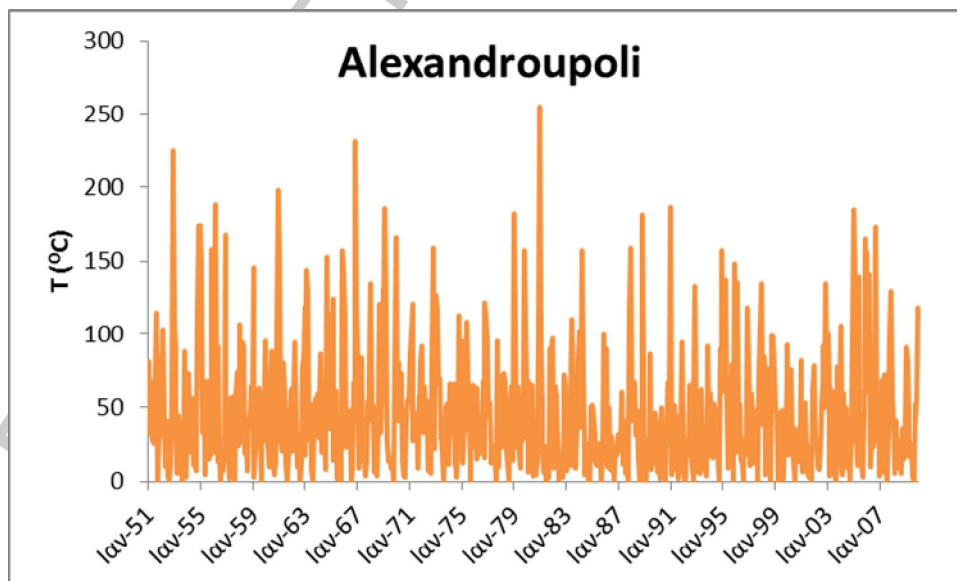
Διάγραμμα Α.38. Χρονοσειρά βροχοπτώσεων σταθμός Τυμπάκι.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄

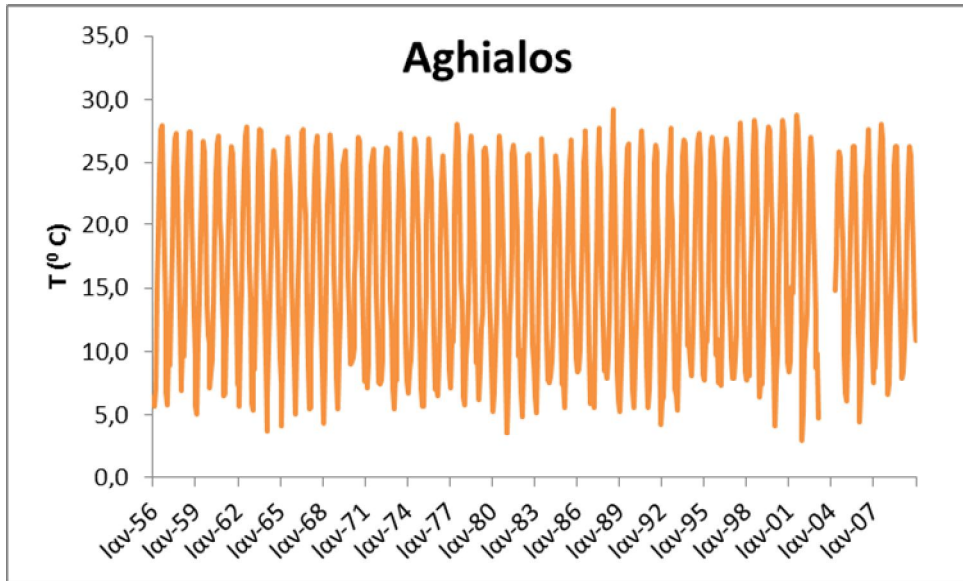
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ



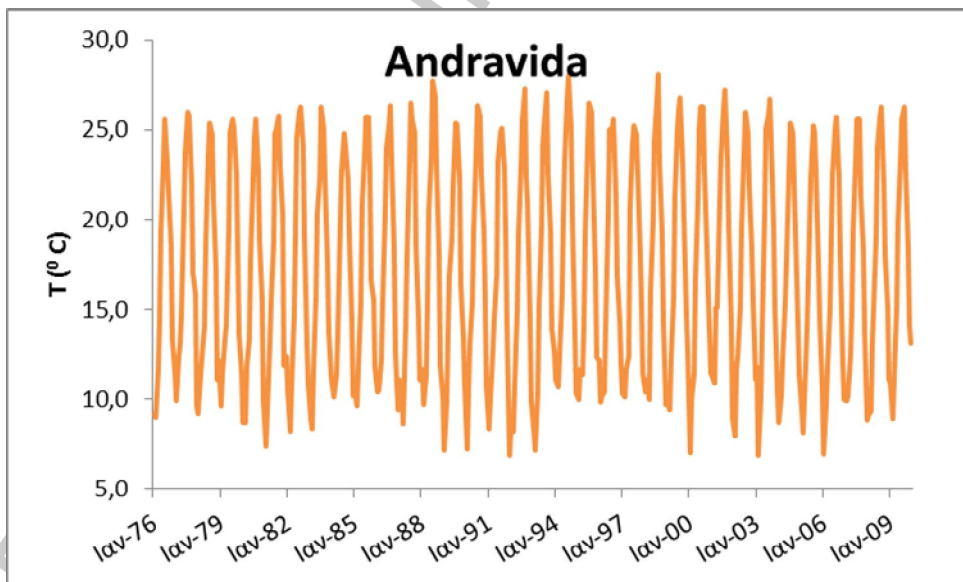
Διάγραμμα Β.1. Θερμοκρασία για τον σταθμό Άκτιον



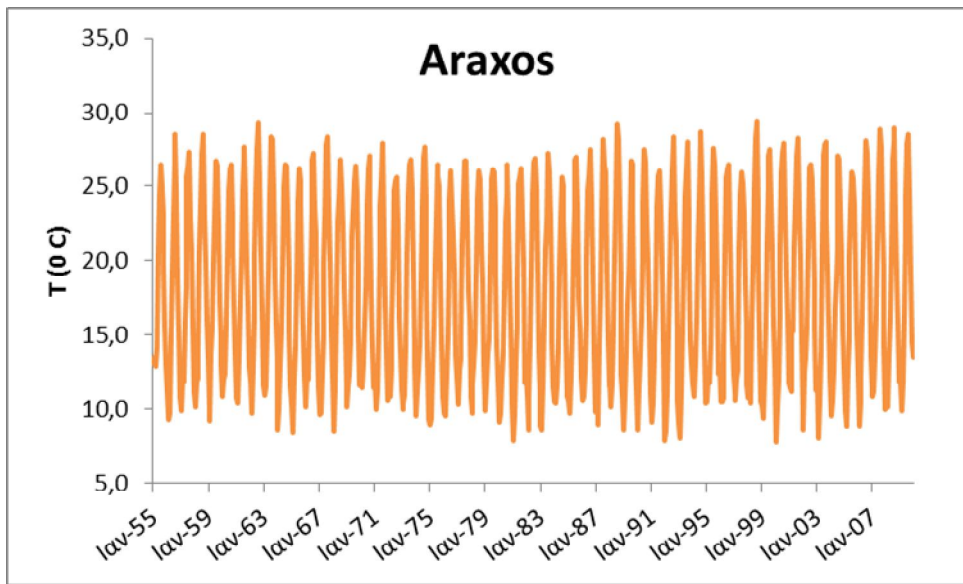
Διάγραμμα Β.2. Θερμοκρασία για τον σταθμό Αλεξανδρούπολη



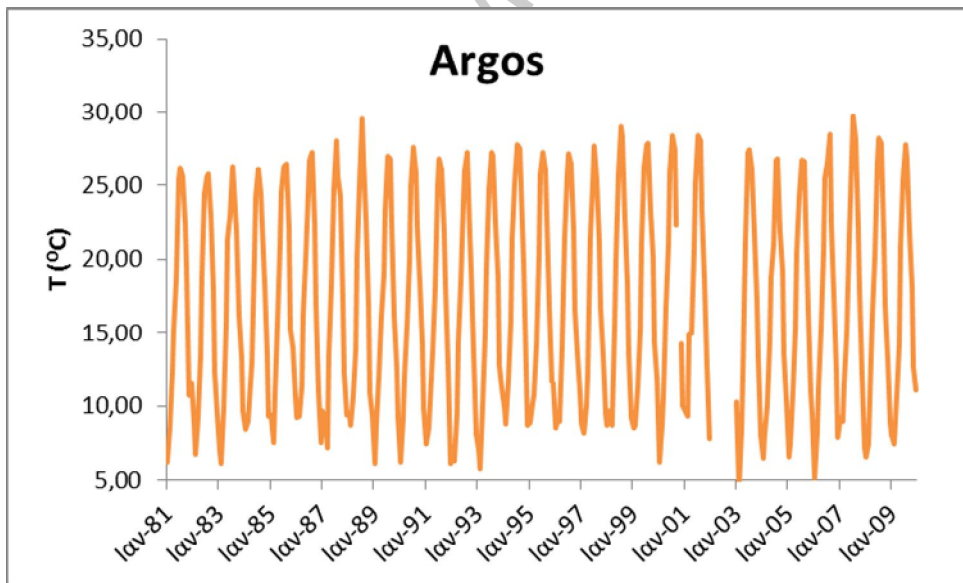
Διάγραμμα Β.3. Θερμοκρασία για τον σταθμό Αγκιάλος



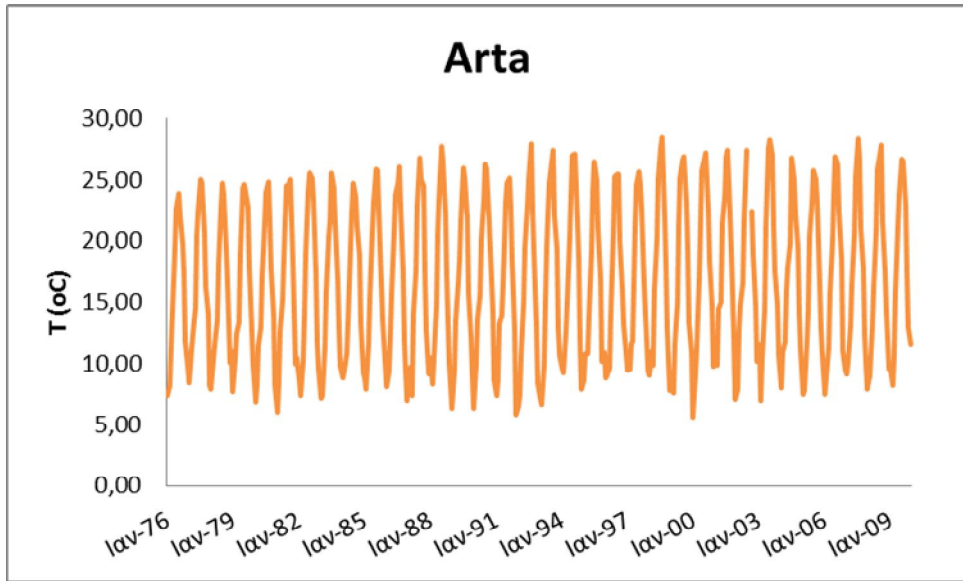
Διάγραμμα Β.4. Θερμοκρασία για τον σταθμό Ανδραβίδα



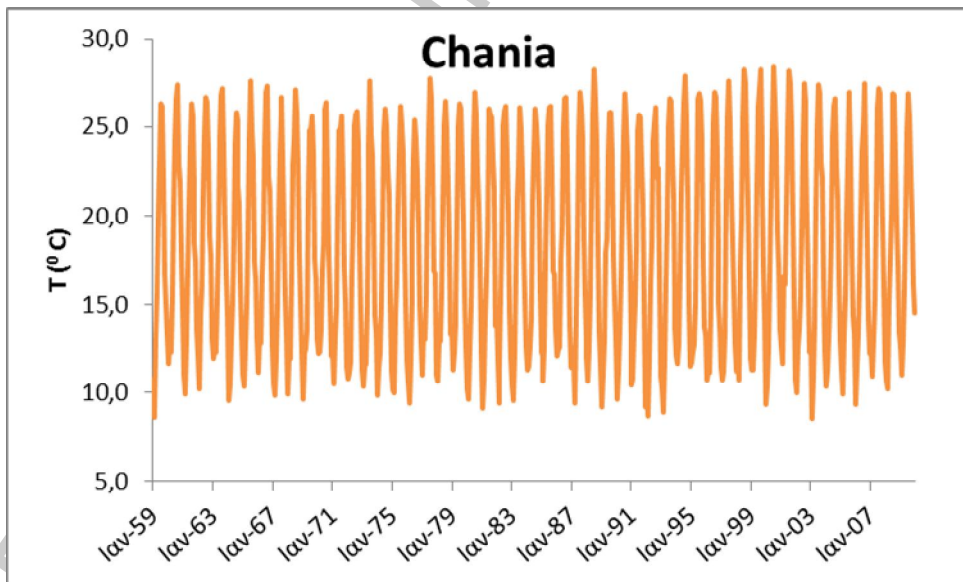
Διάγραμμα Β.5. Θερμοκρασία για τον σταθμό Άραξος



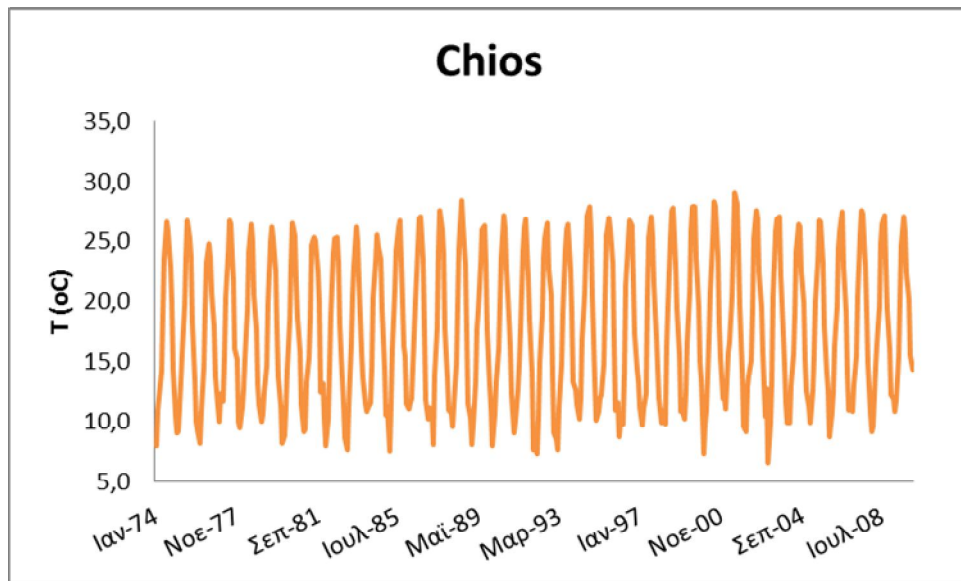
Διάγραμμα Β.6. Θερμοκρασία για τον σταθμό Άργος



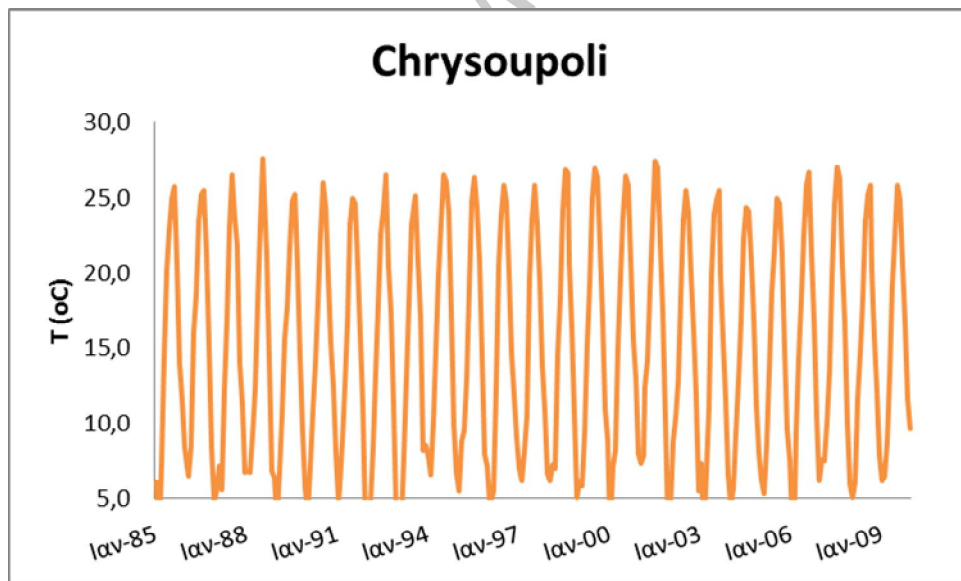
Διάγραμμα Β.7. Θερμοκρασία για τον σταθμό Άρτα



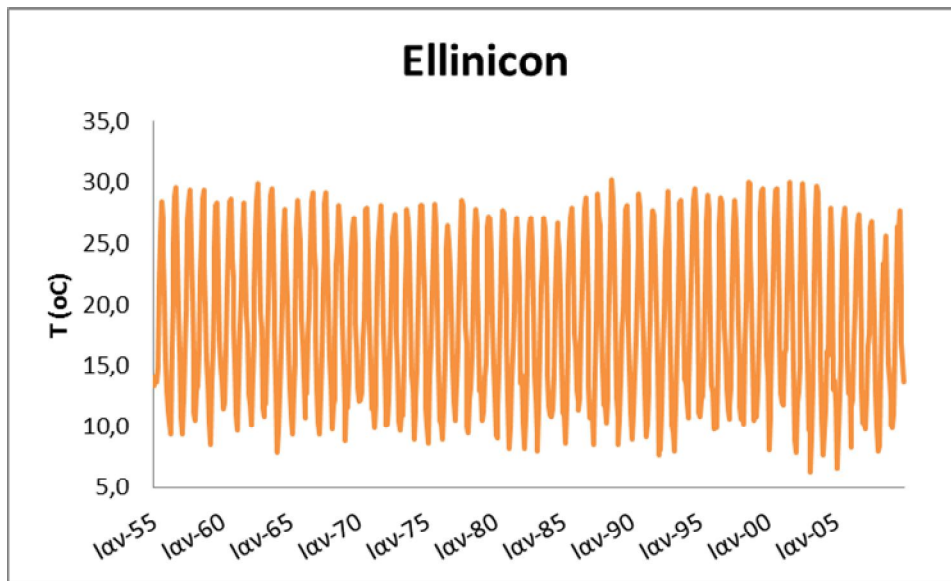
Διάγραμμα Β.8. Θερμοκρασία για τον σταθμό Χανιά



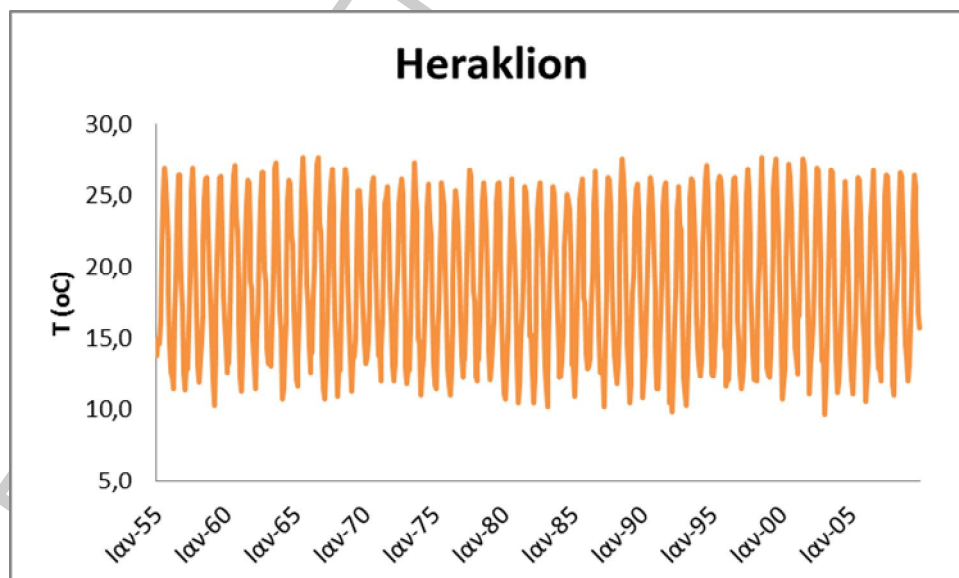
Διάγραμμα Β.9. Θερμοκρασία για τον σταθμό Χίος



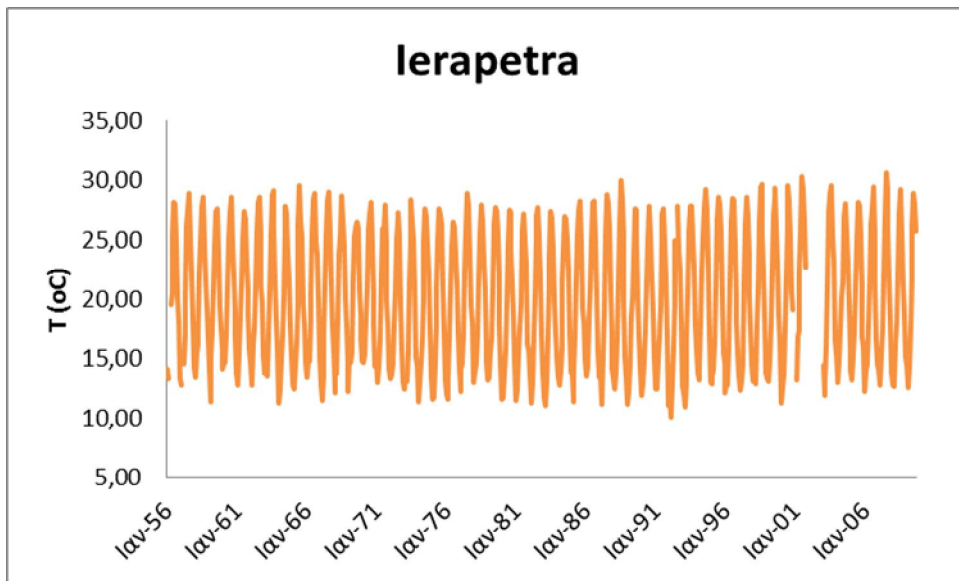
Διάγραμμα Β.10. Θερμοκρασία για τον σταθμό Χρυσούπολη



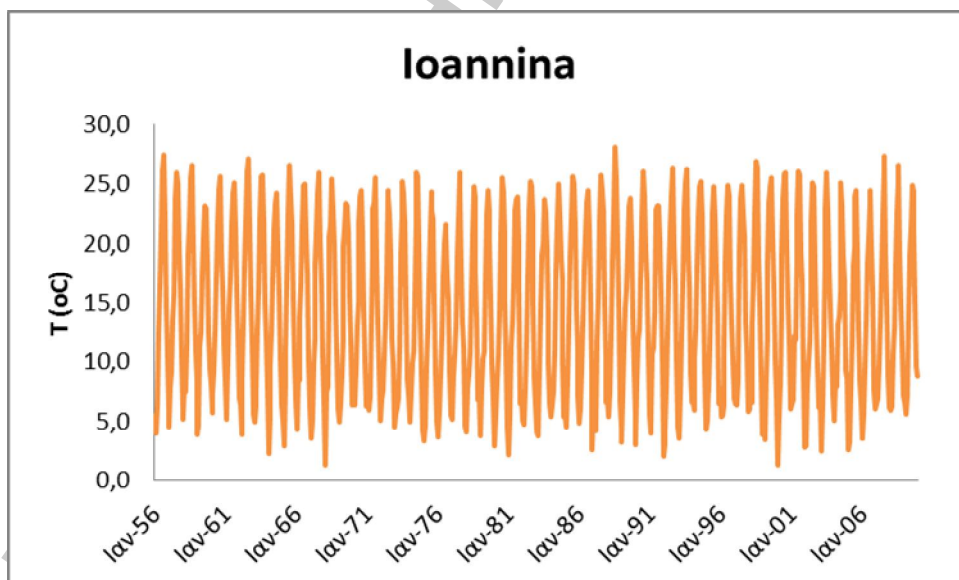
Διάγραμμα Β.11. Θερμοκρασία για τον σταθμό Ελληνικό



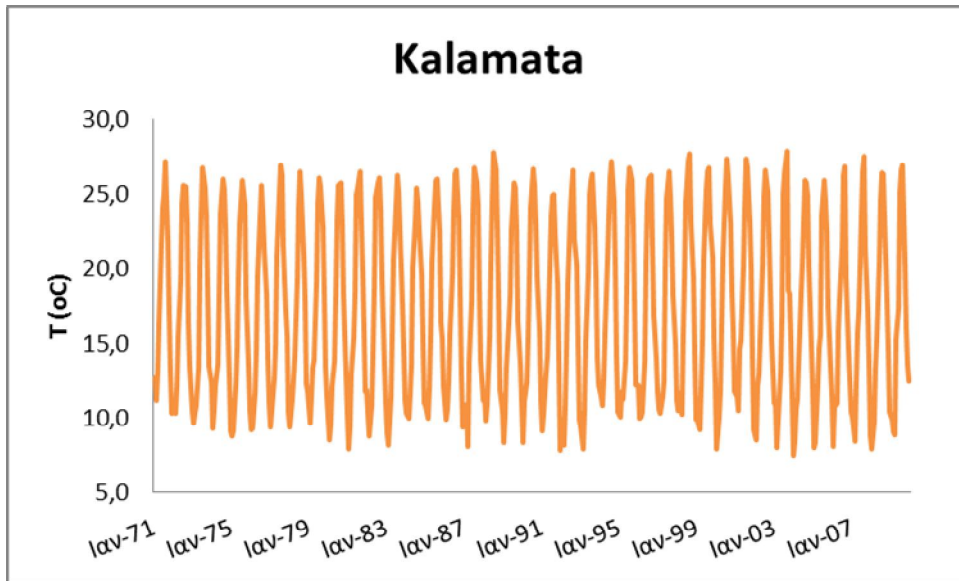
Διάγραμμα Β.12. Θερμοκρασία για τον σταθμό Ηράκλειο



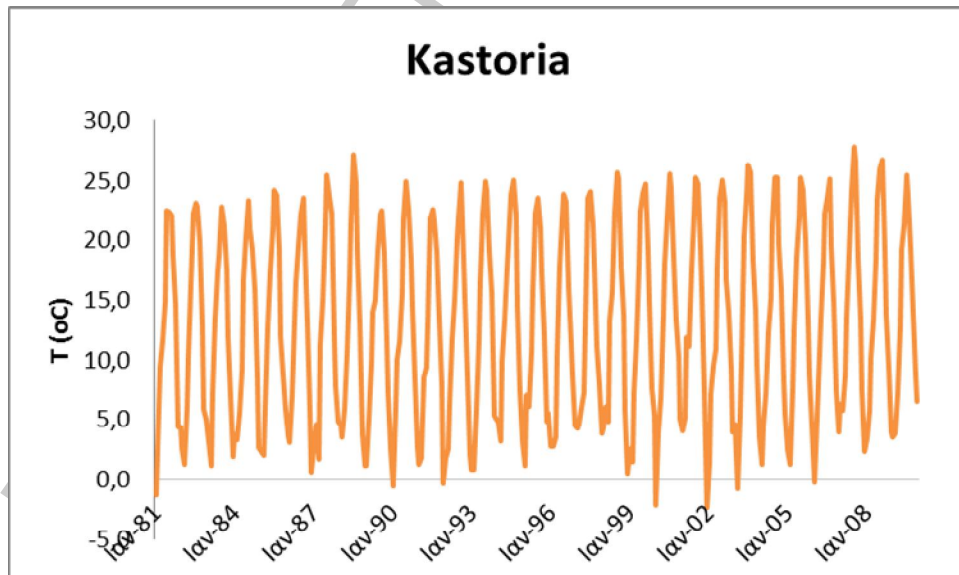
Διάγραμμα Β.13. Θερμοκρασία για τον σταθμό Ιεράπετρα



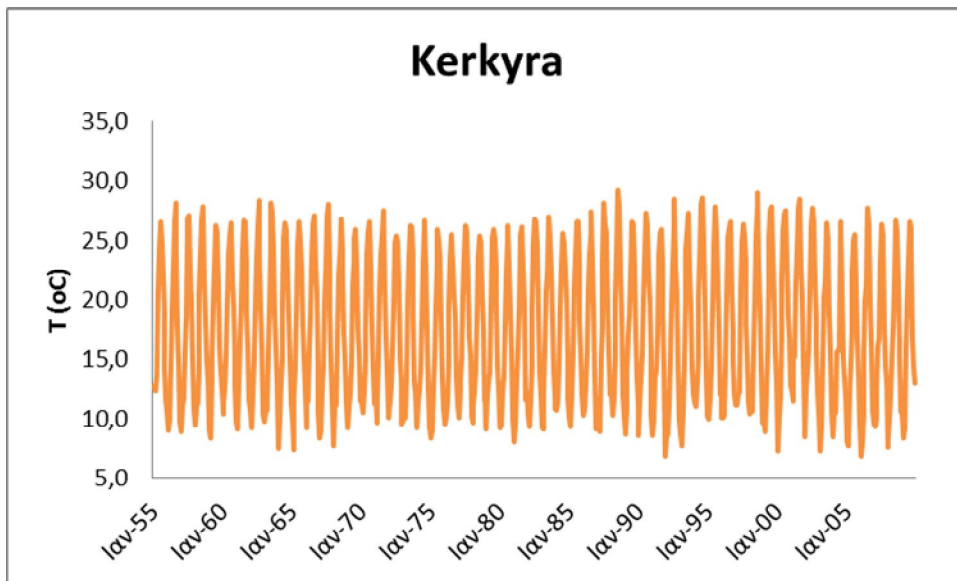
Διάγραμμα Β.14. Θερμοκρασία για τον σταθμό Ιωάννινα



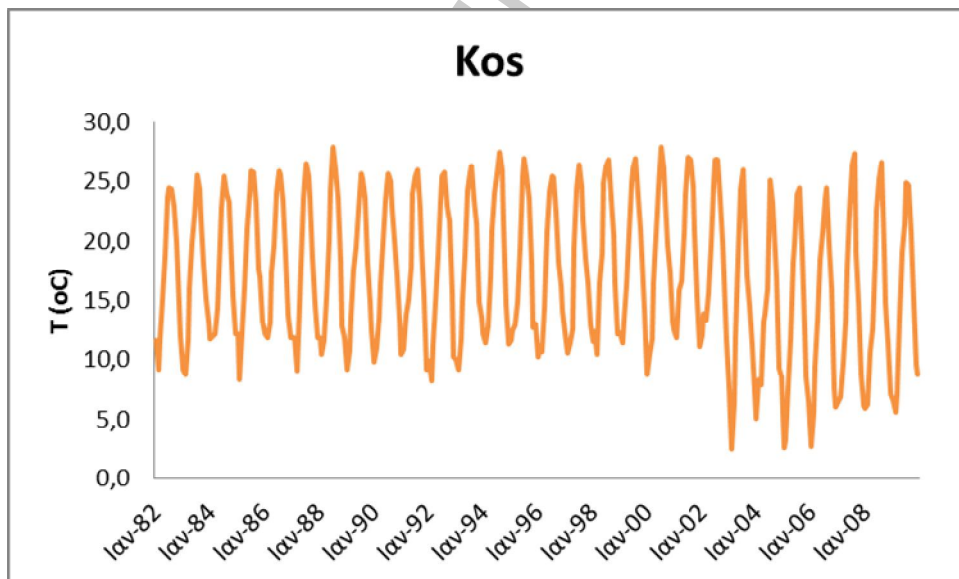
Διάγραμμα Β.15. Θερμοκρασία για τον σταθμό Καλαμάτα



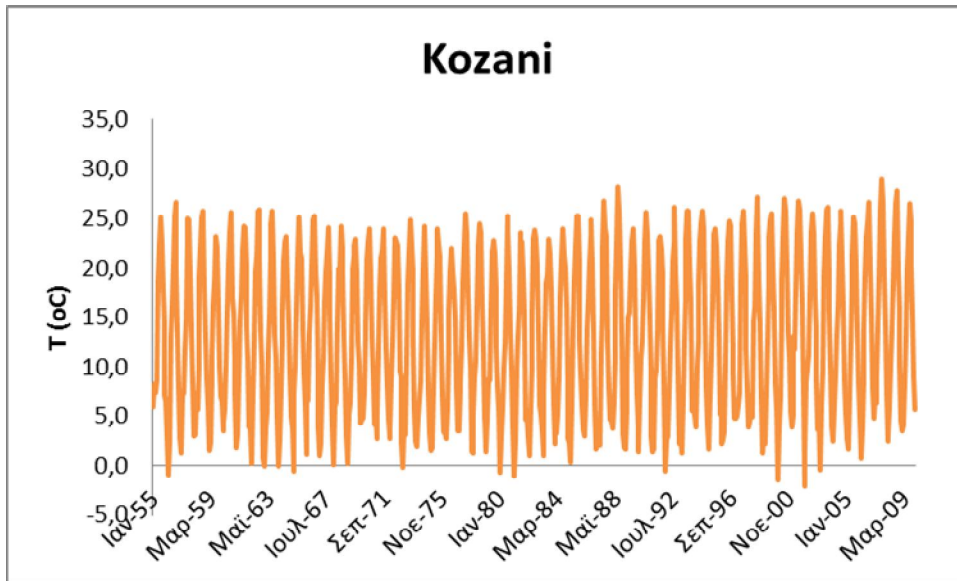
Διάγραμμα Β.16. Θερμοκρασία για τον σταθμό Καστοριά



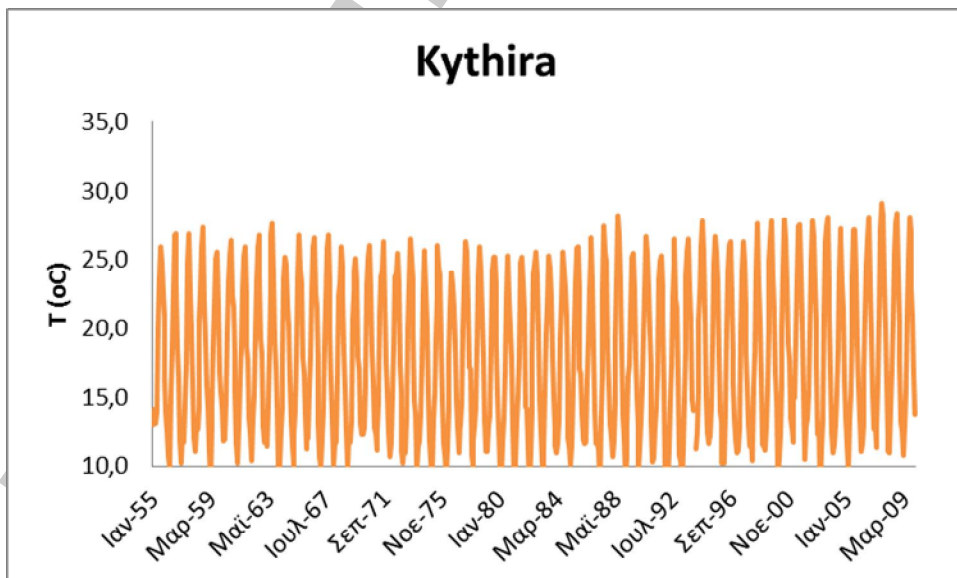
Διάγραμμα Β.17. Θερμοκρασία για τον σταθμό Κέρκυρα



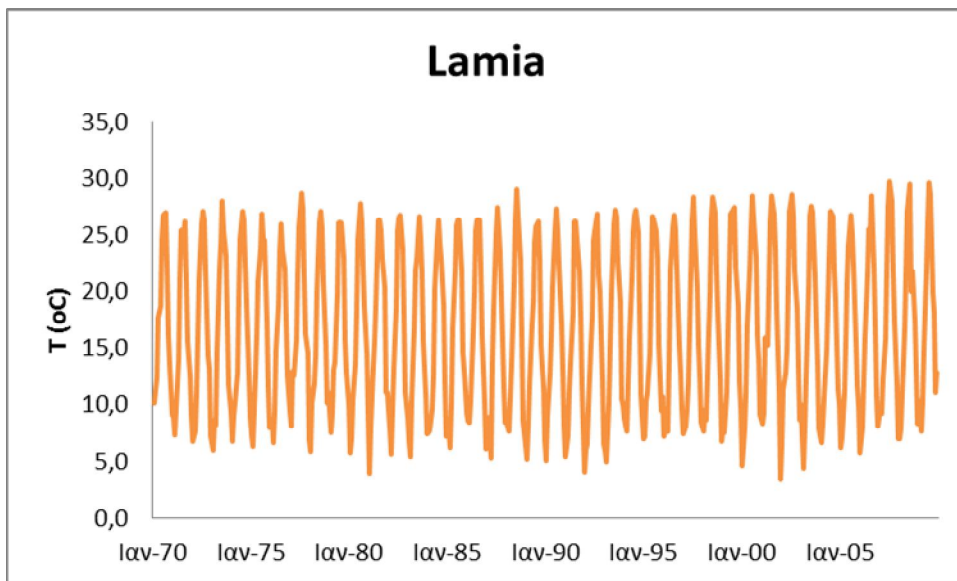
Διάγραμμα Β.18. Θερμοκρασία για τον σταθμό Κως



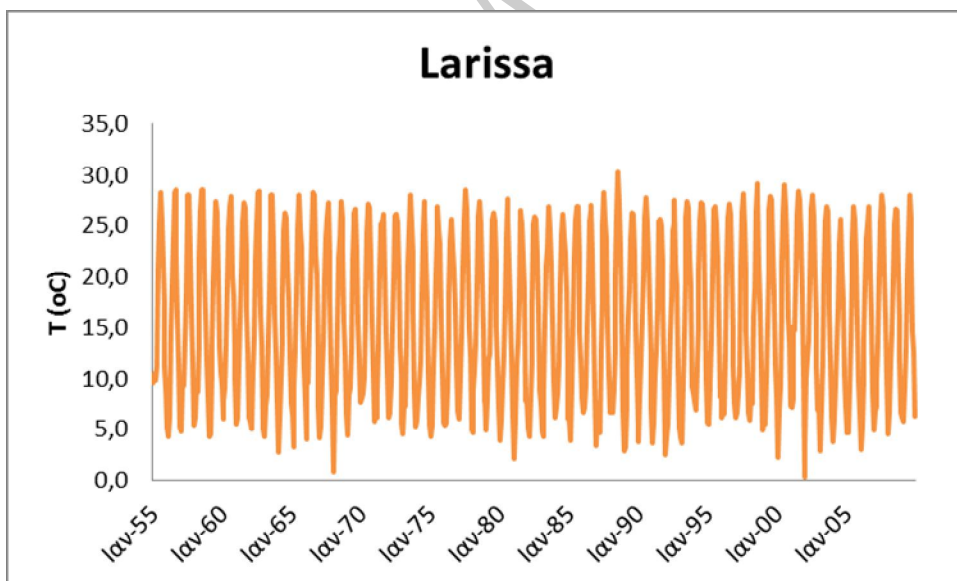
Διάγραμμα Β.19. Θερμοκρασία για τον σταθμό Κοζάνη



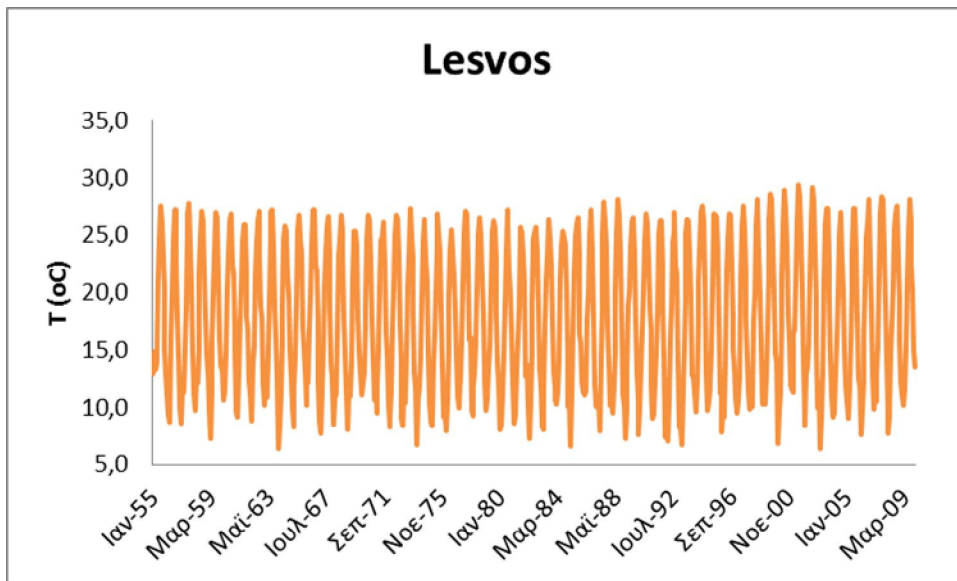
Διάγραμμα Β.20. Θερμοκρασία για τον σταθμό Κύθηρα



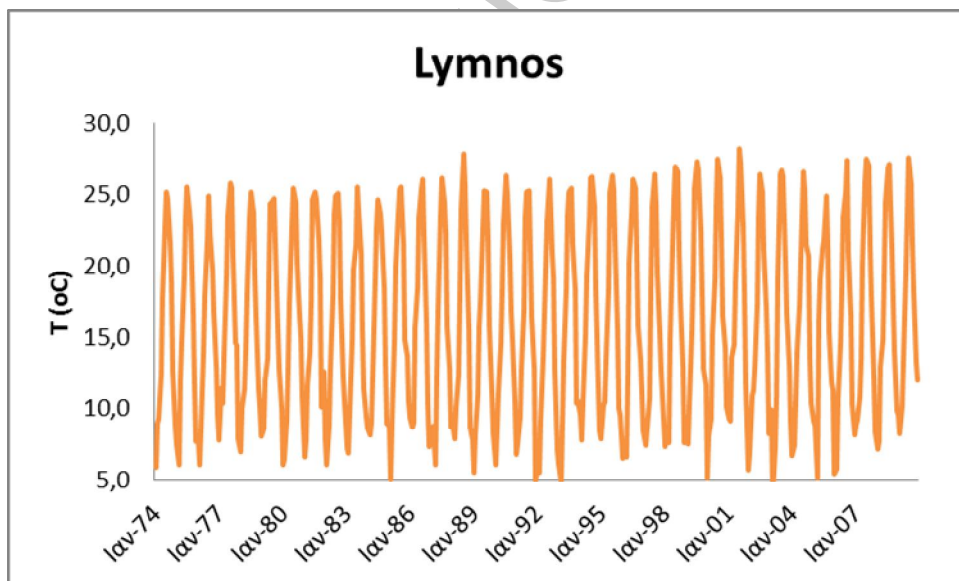
Διάγραμμα Β.21. Θερμοκρασία για τον σταθμό Λαμία



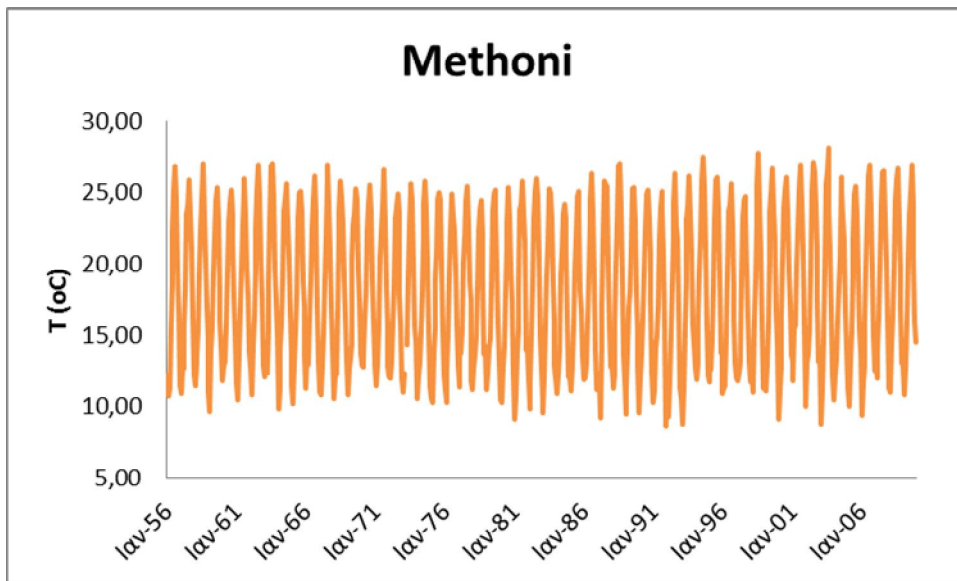
Διάγραμμα Β.22. Θερμοκρασία για τον σταθμό Λάρισα



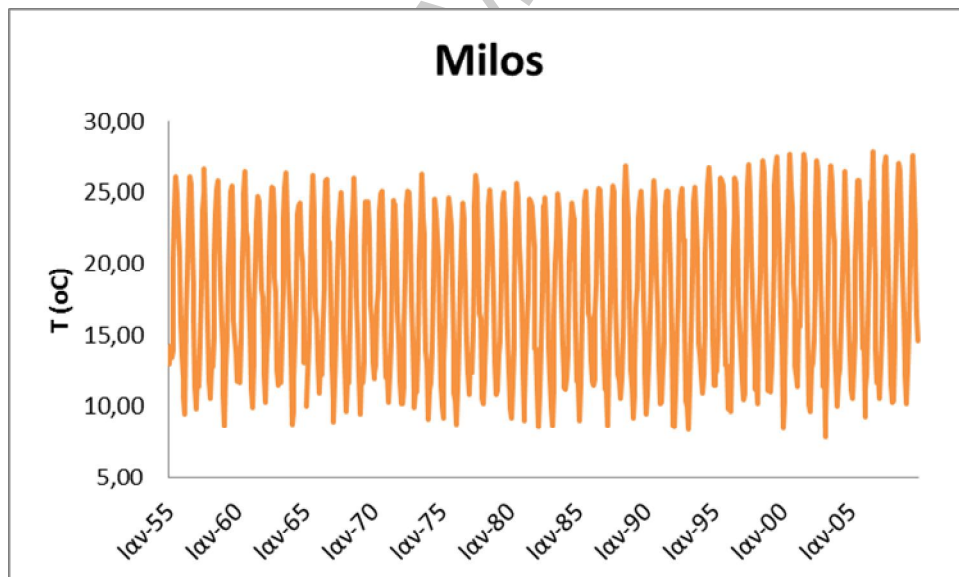
Διάγραμμα Β.23. Θερμοκρασία για τον σταθμό Λέσβος



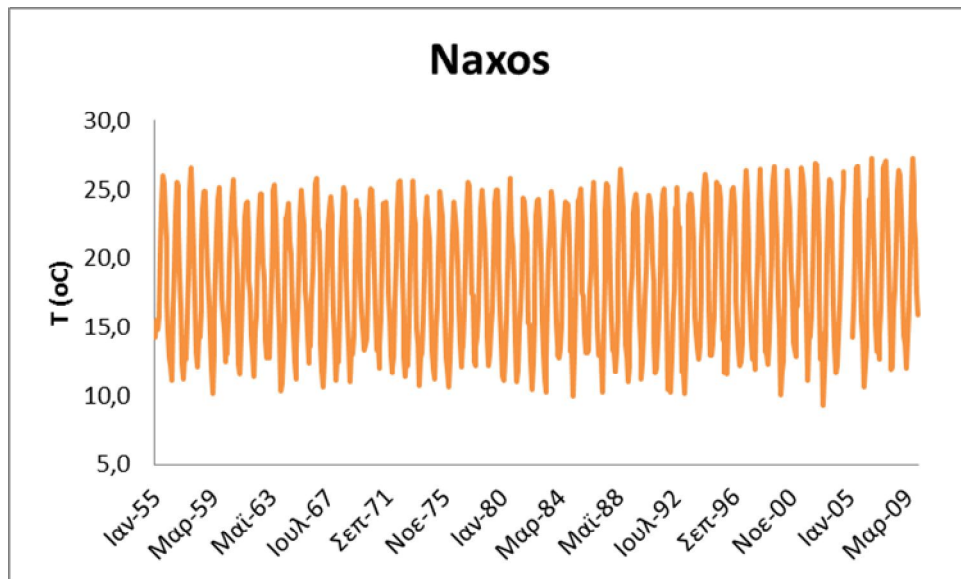
Διάγραμμα Β.24. Θερμοκρασία για τον σταθμό Λήμνος



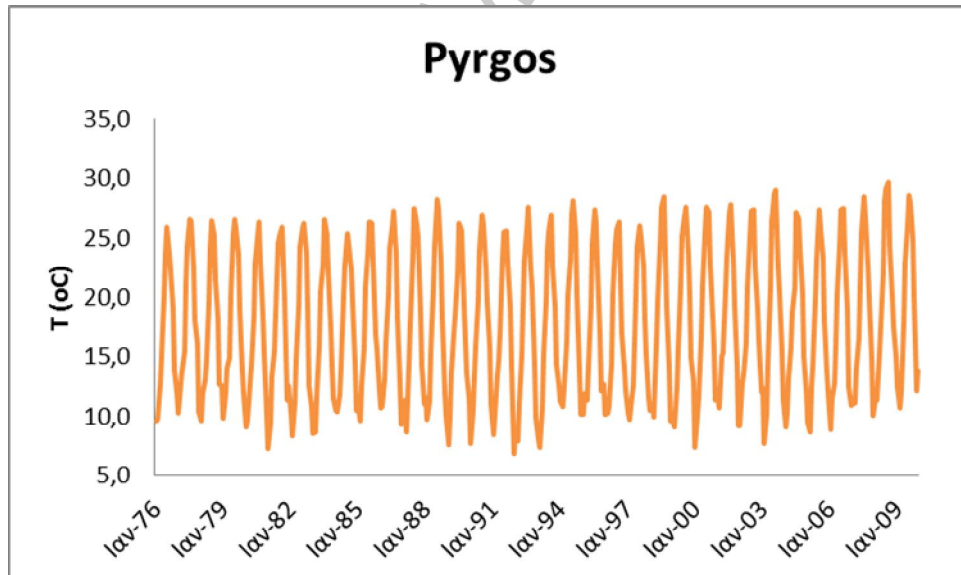
Διάγραμμα Β.25. Θερμοκρασία για τον σταθμό Μεθώνη



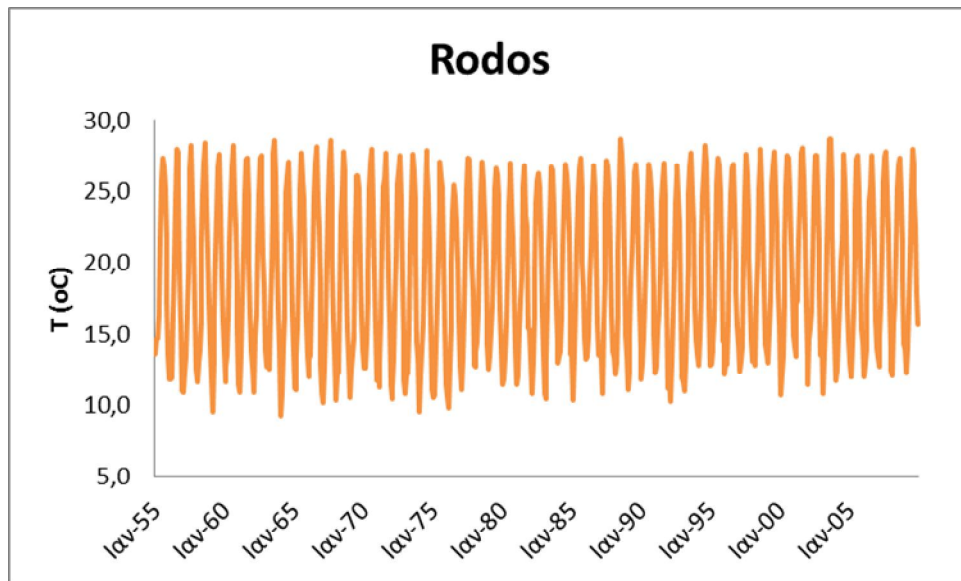
Διάγραμμα Β.26. Θερμοκρασία για τον σταθμό Μήλος



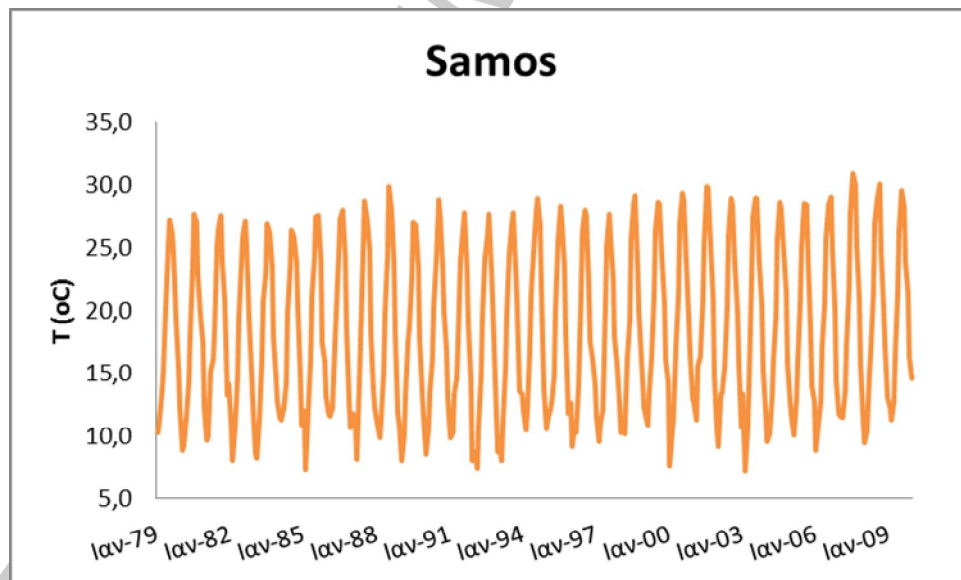
Διάγραμμα Β.27. Θερμοκρασία για τον σταθμό Νάξος



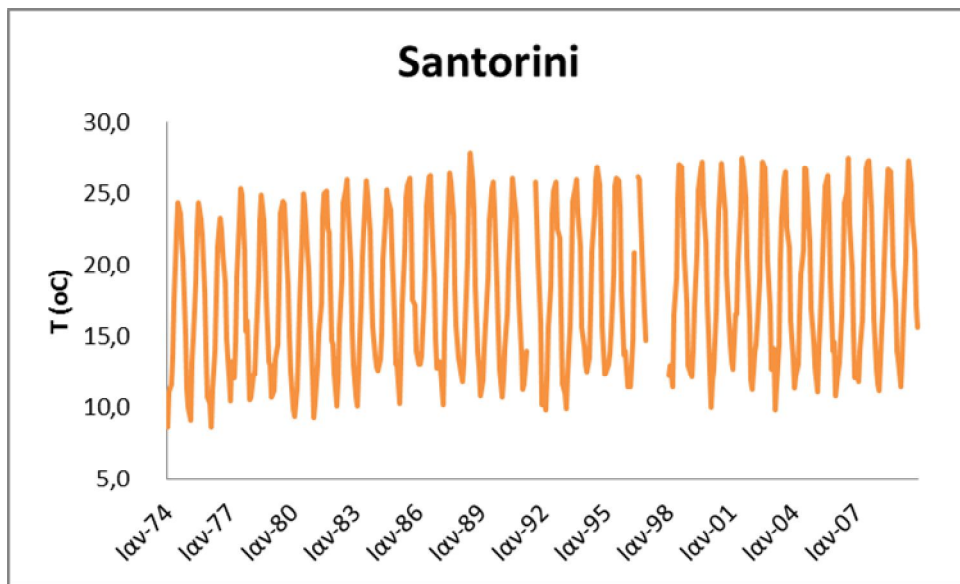
Διάγραμμα Β.28. Θερμοκρασία για τον σταθμό Πύργος



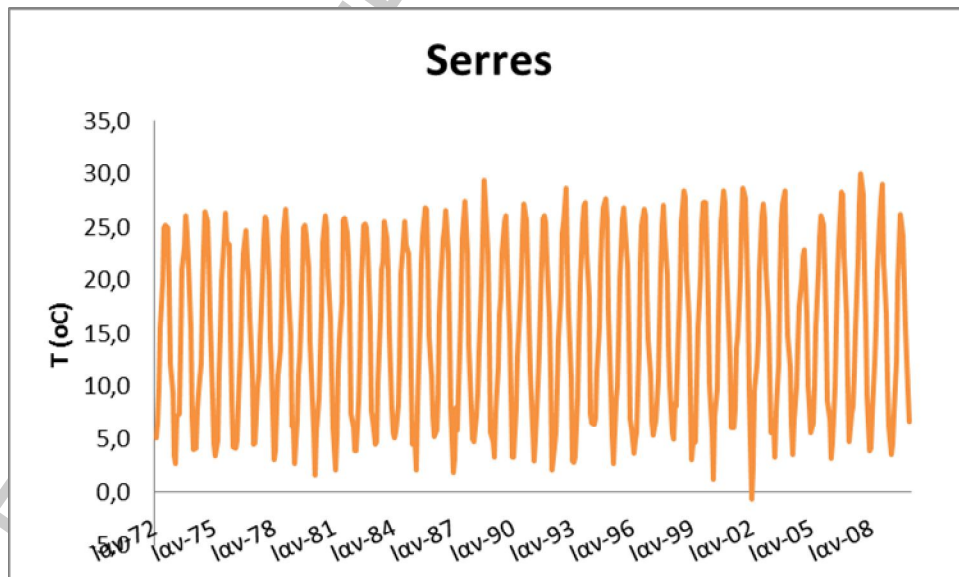
Διάγραμμα Β.29. Θερμοκρασία για τον σταθμό Ρόδος



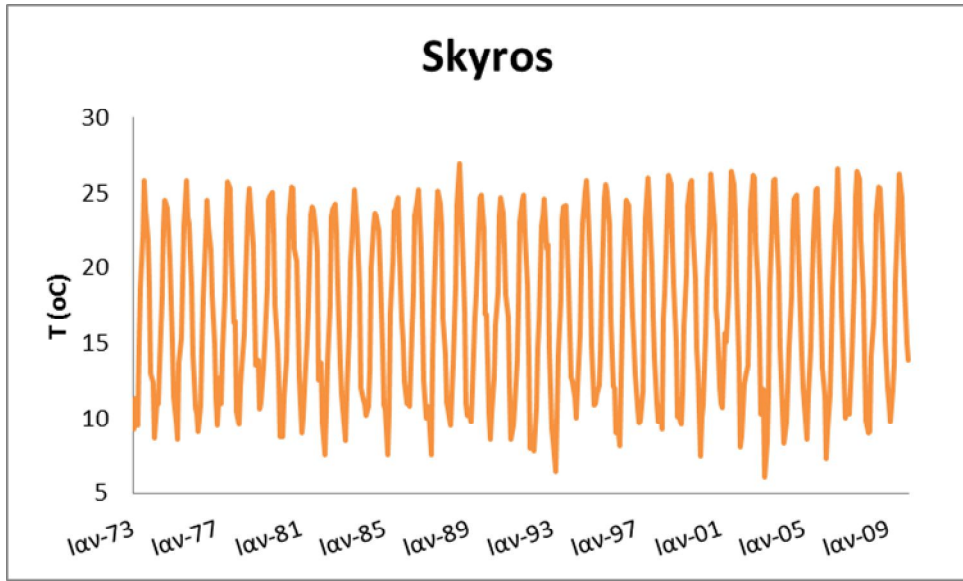
Διάγραμμα Β.30. Θερμοκρασία για τον σταθμό Σάμος



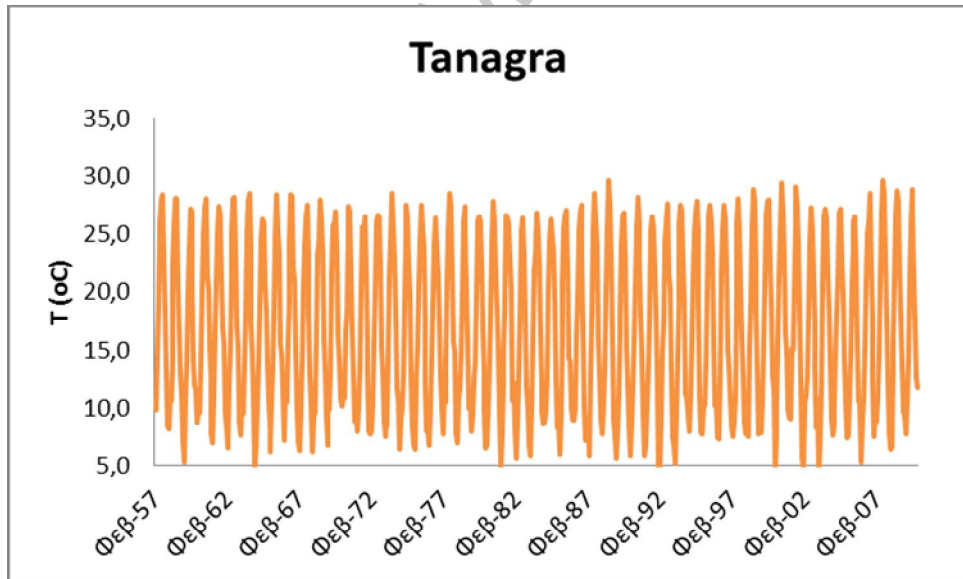
Διάγραμμα Β.31. Θερμοκρασία για τον σταθμό Σαντορίνη



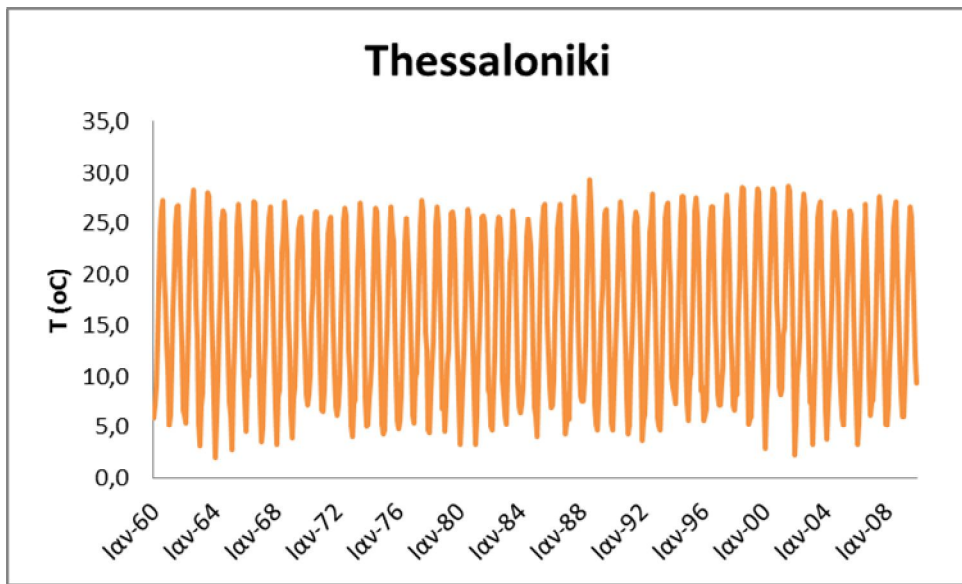
Διάγραμμα Β.32. Θερμοκρασία για τον σταθμό Σέρρες



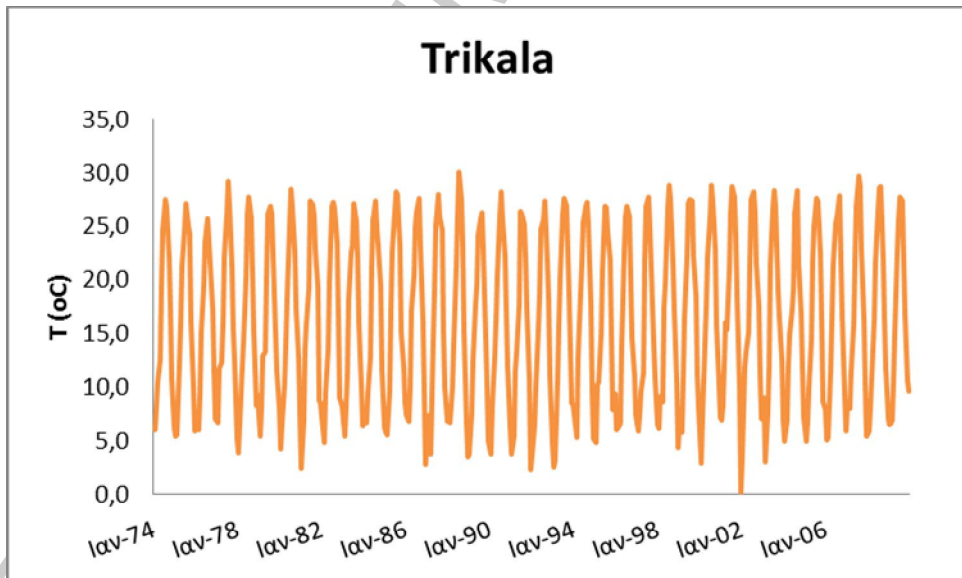
Διάγραμμα Β.33. Θερμοκρασία για τον σταθμό Σκύρος



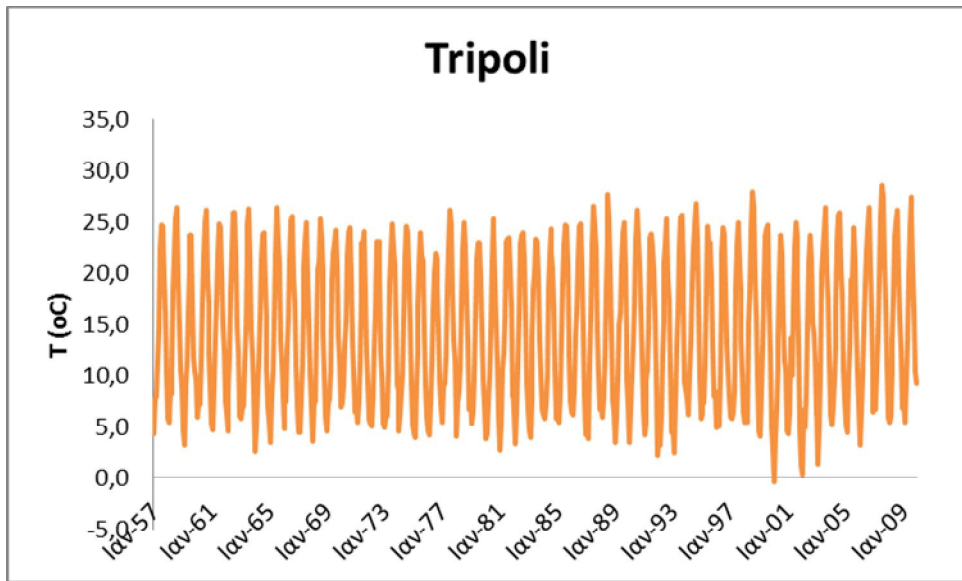
Διάγραμμα Β.34. Θερμοκρασία για τον σταθμό Τανάγρα



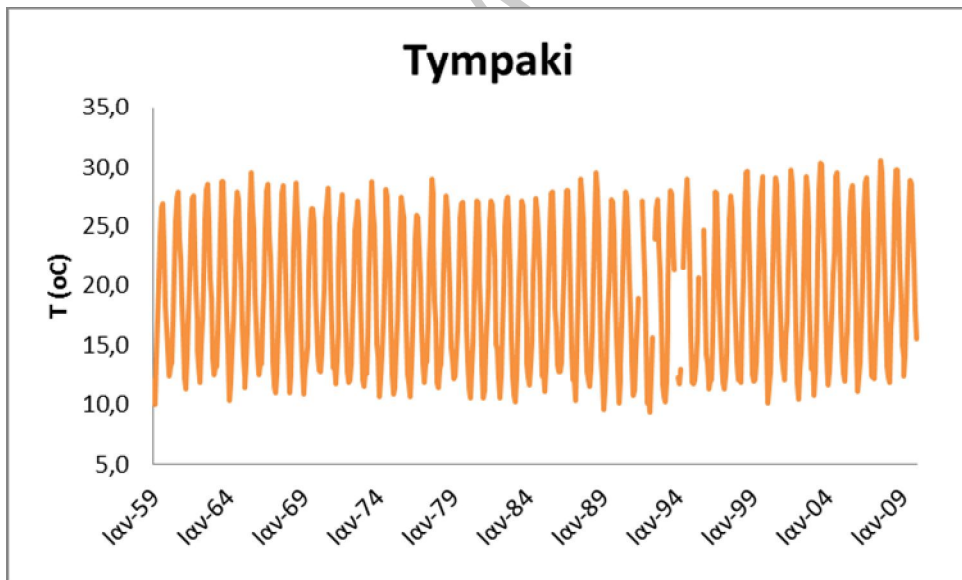
Διάγραμμα Β.35. Θερμοκρασία για τον σταθμό Θεσσαλονίκη



Διάγραμμα Β.36. Θερμοκρασία για τον σταθμό Τρίκαλα



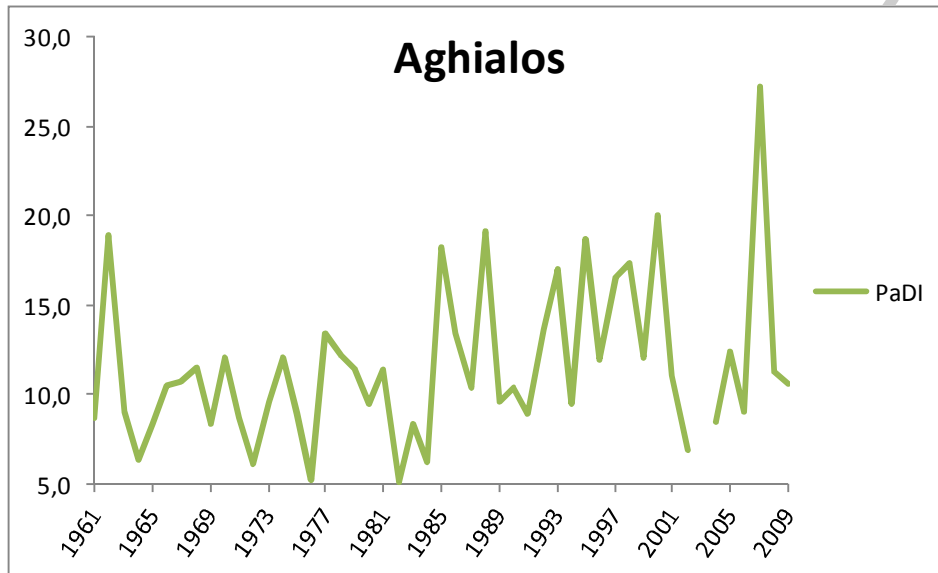
Διάγραμμα Β.37. Θερμοκρασία για τον σταθμό Τρίπολη



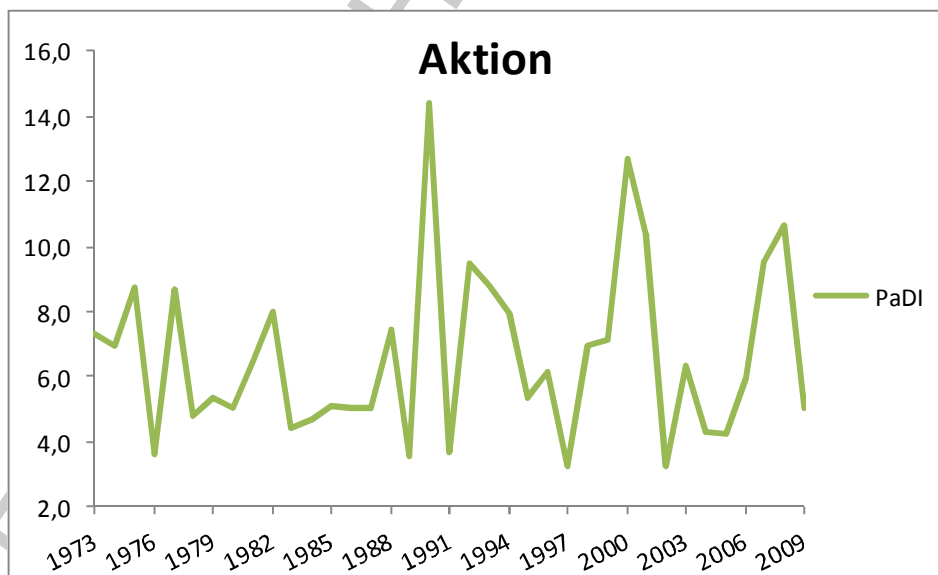
Διάγραμμα Β.38. Θερμοκρασία για τον σταθμό Τυμπάκι

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ΄

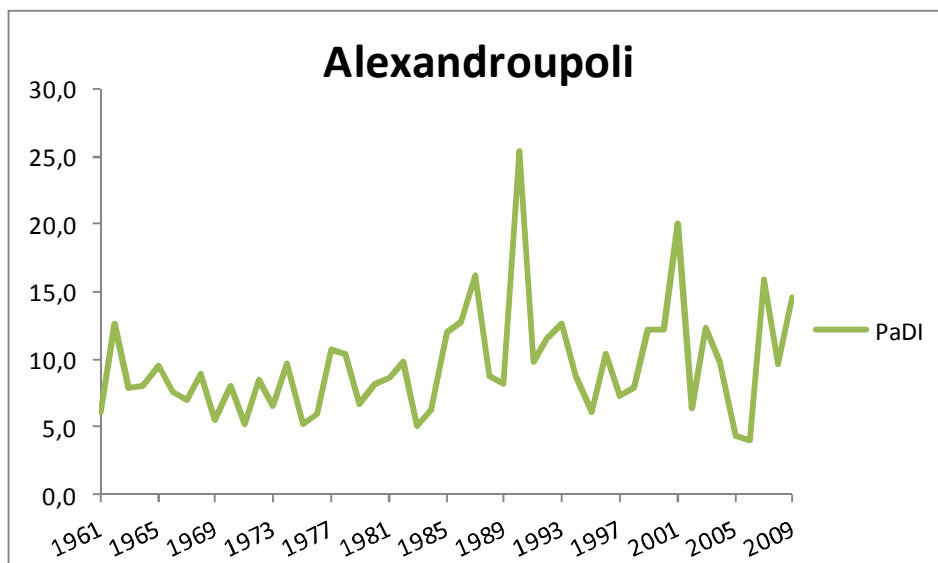
PaDI



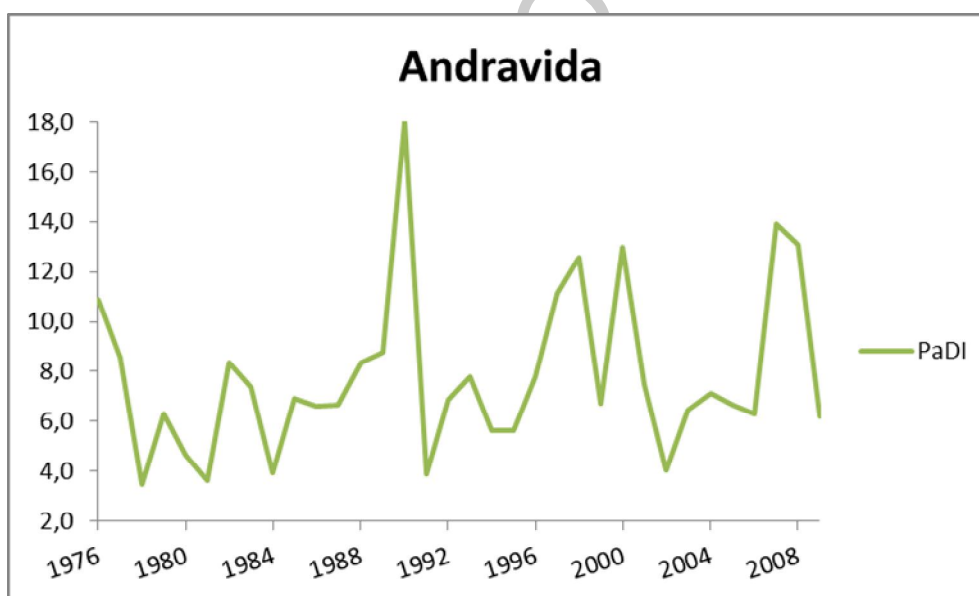
Διάγραμμα Γ.1. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Αγκιάλος.



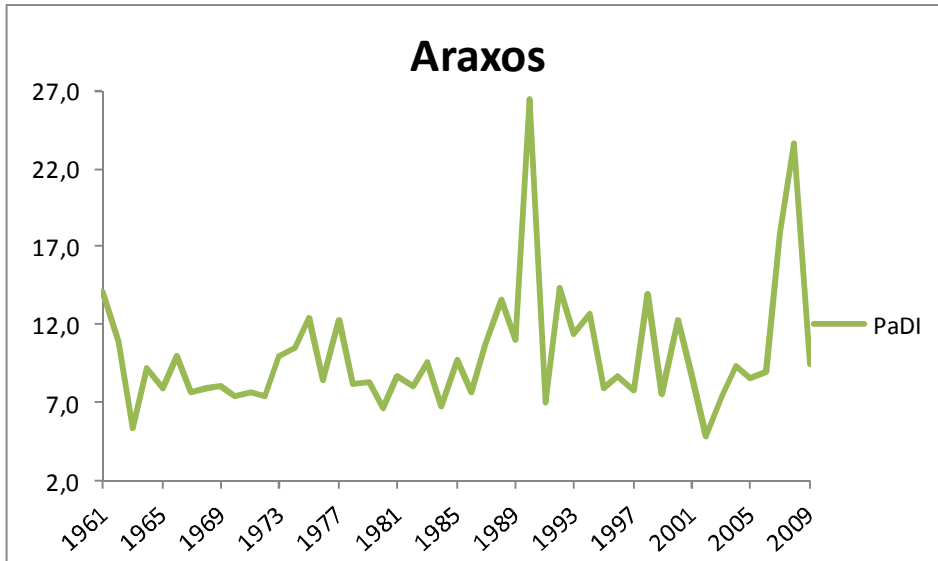
Διάγραμμα Γ.2. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Άκτιον



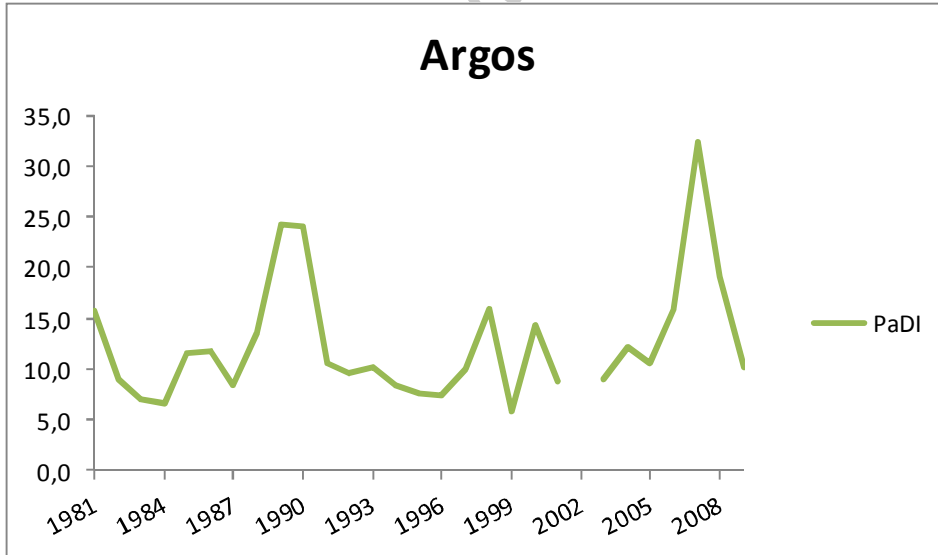
Διάγραμμα Γ.3. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Αλεξανδρούπολη



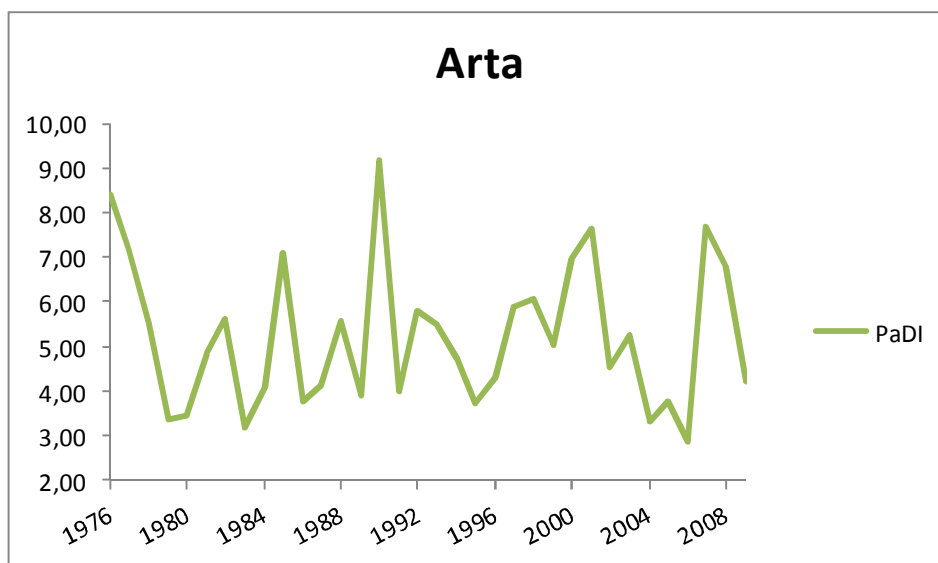
Διάγραμμα Γ.4. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Ανδραβίδα



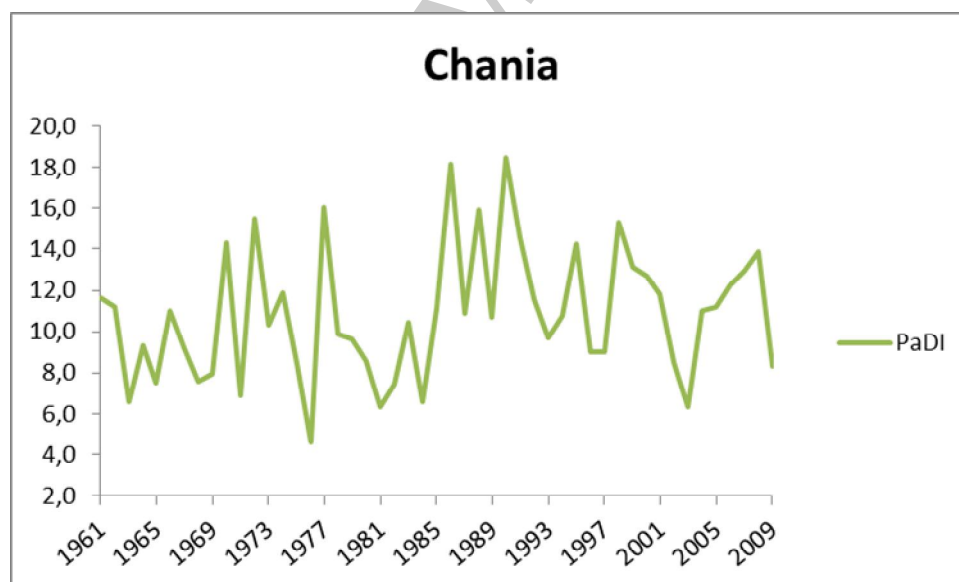
Διάγραμμα Γ.5. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Άραξος



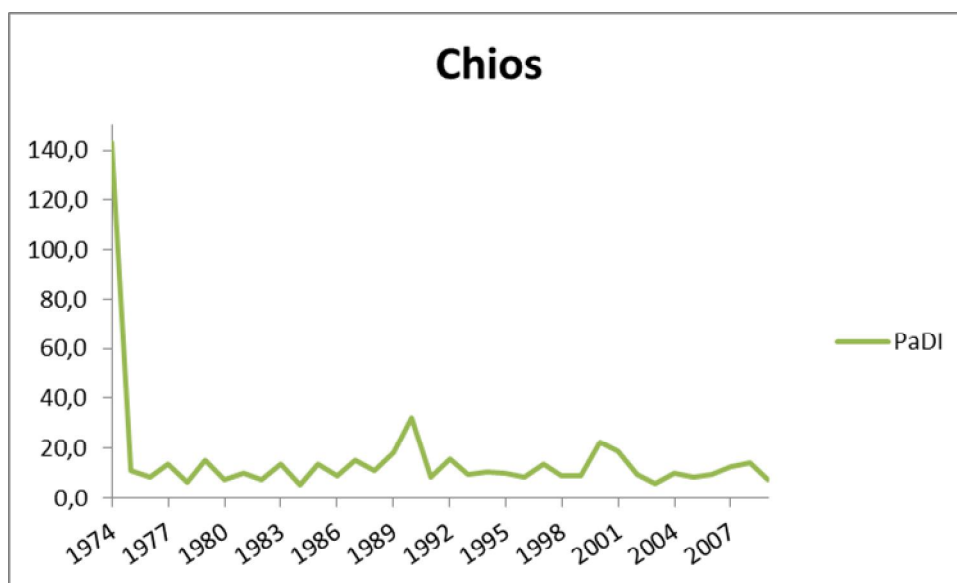
Διάγραμμα Γ.6. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Άργος



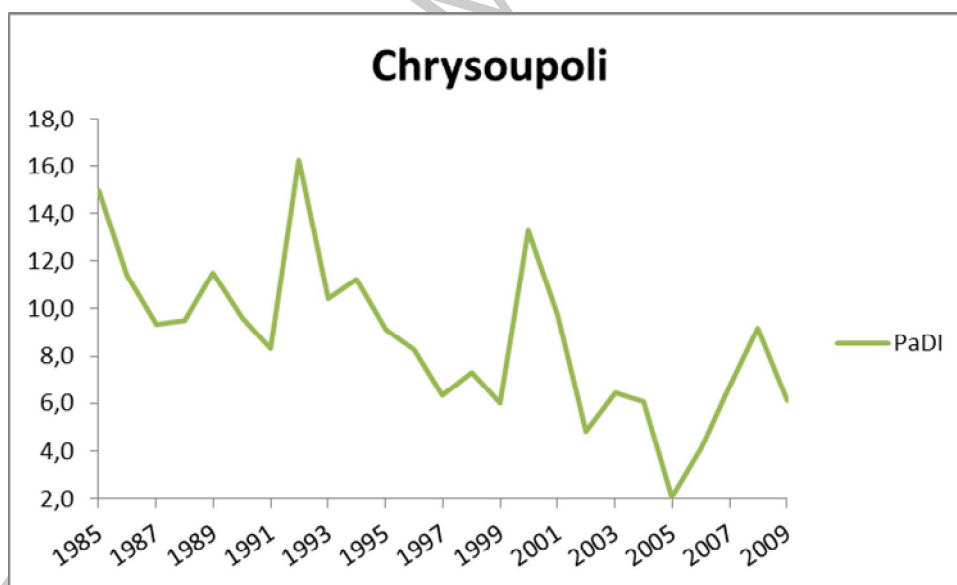
Διάγραμμα Γ.7. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Άρτα



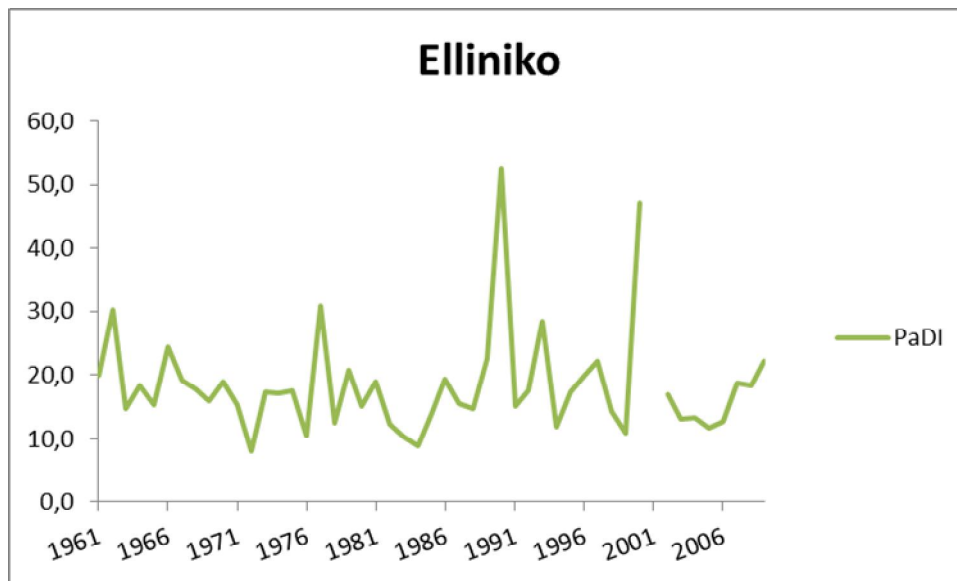
Διάγραμμα Γ.8. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Χανιά



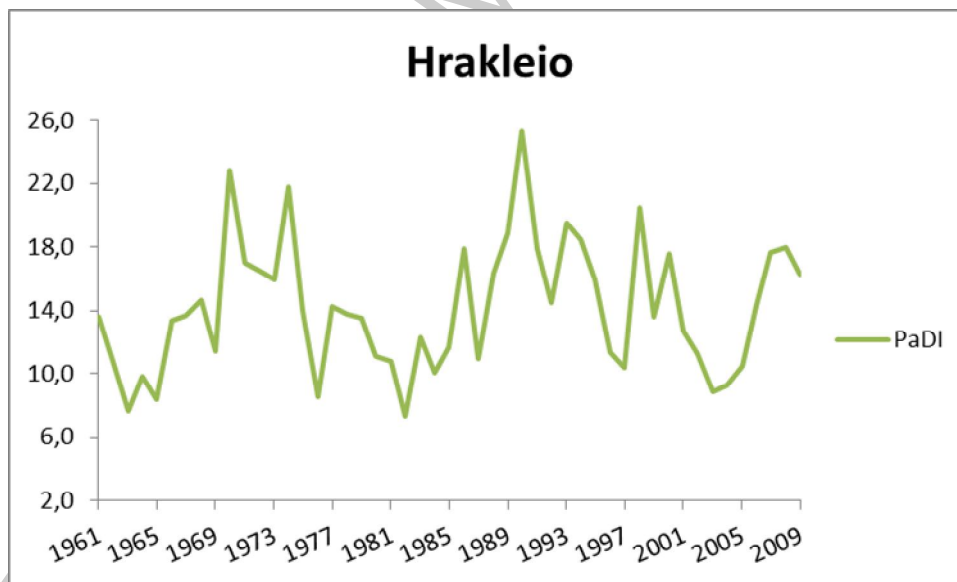
Διάγραμμα Γ.9. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Χίος



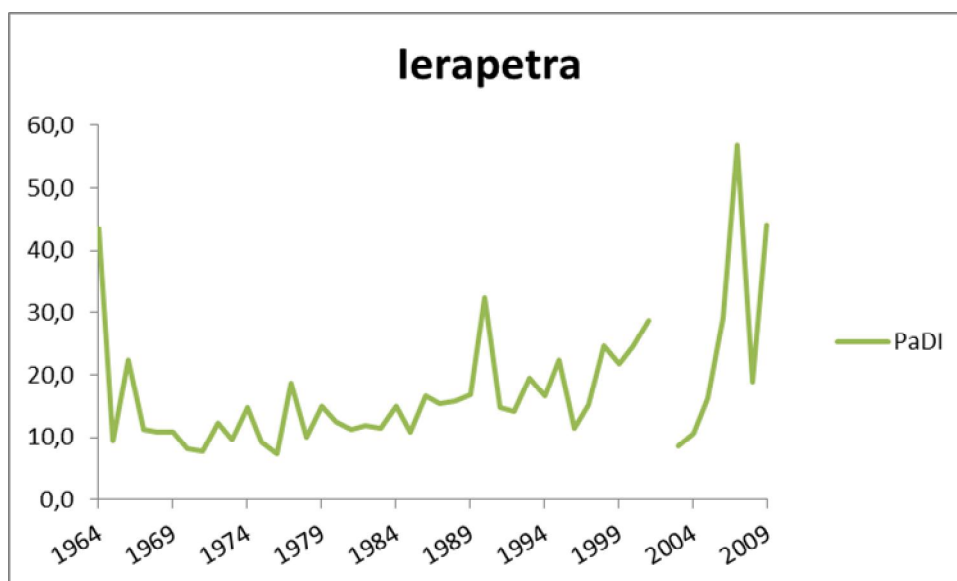
Διάγραμμα Γ.10. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Χρυσούπολη



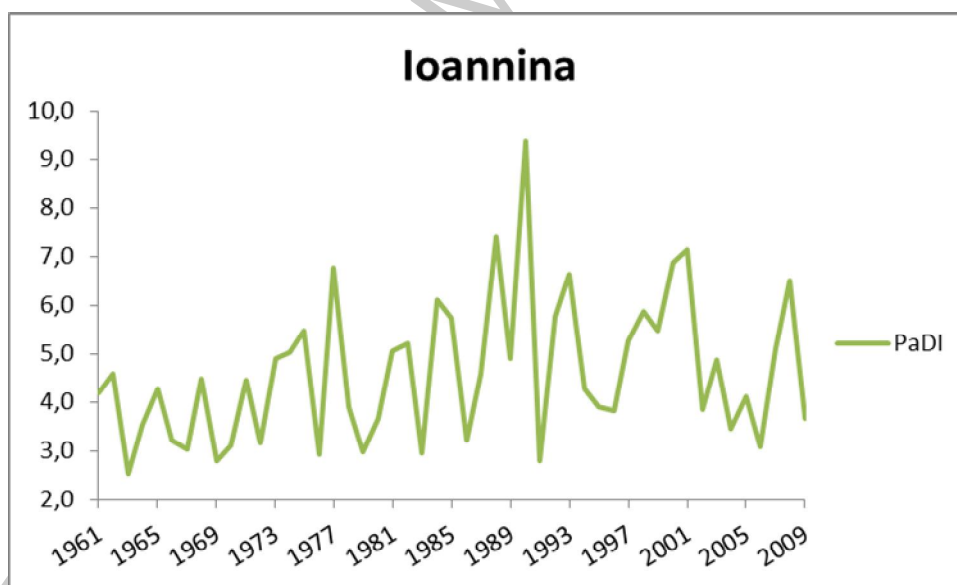
Διάγραμμα Γ.11. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Ελληνικό



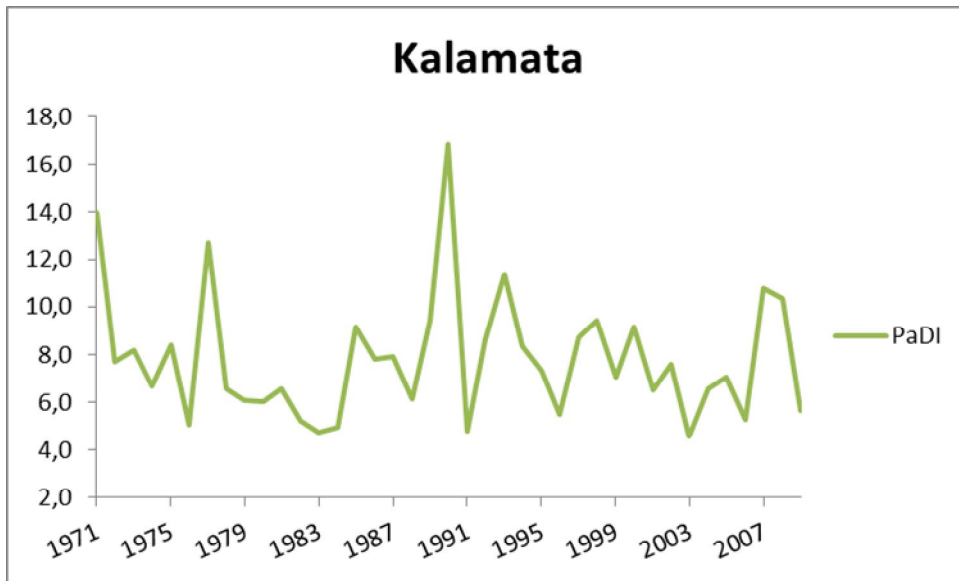
Διάγραμμα Γ.12. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Ηράκλειο



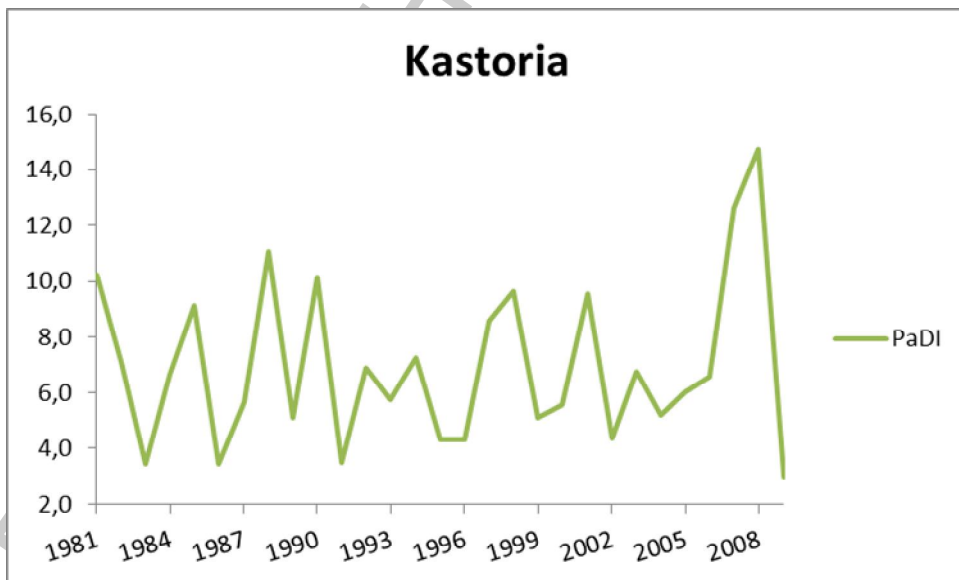
Διάγραμμα Γ.13. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Ιεράπετρα



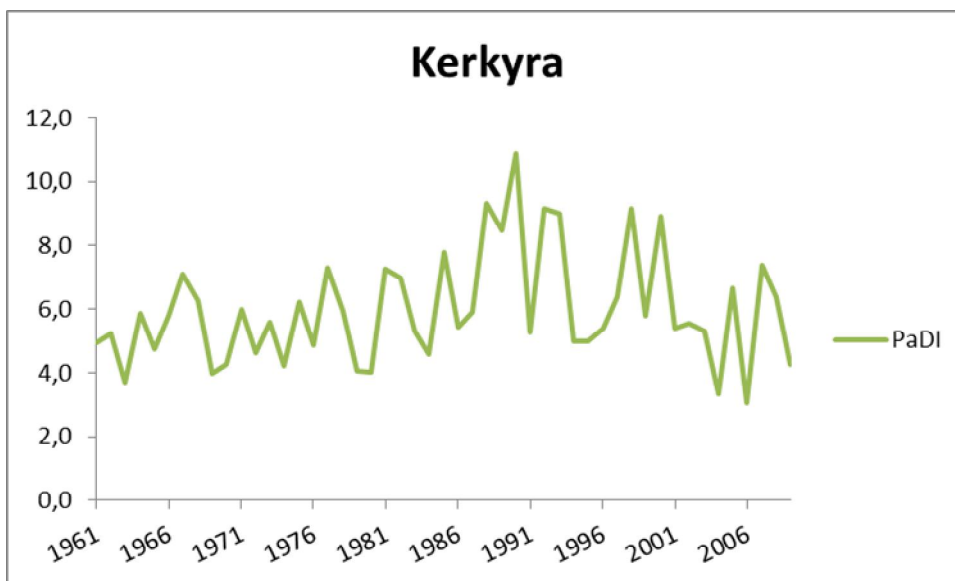
Διάγραμμα Γ.14. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Ιωάννινα



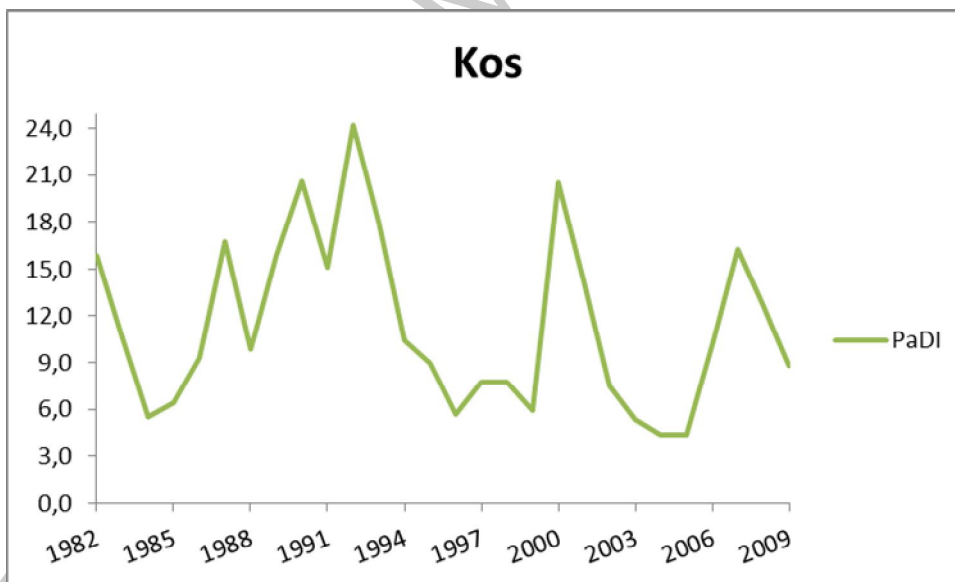
Διάγραμμα Γ.15. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Καλαμάτα



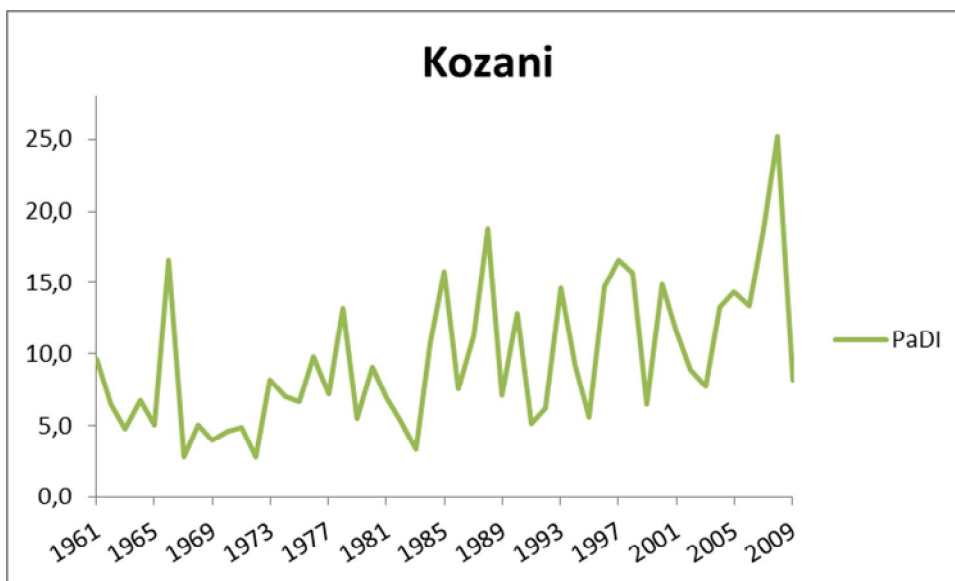
Διάγραμμα Γ.16. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Καστοριά



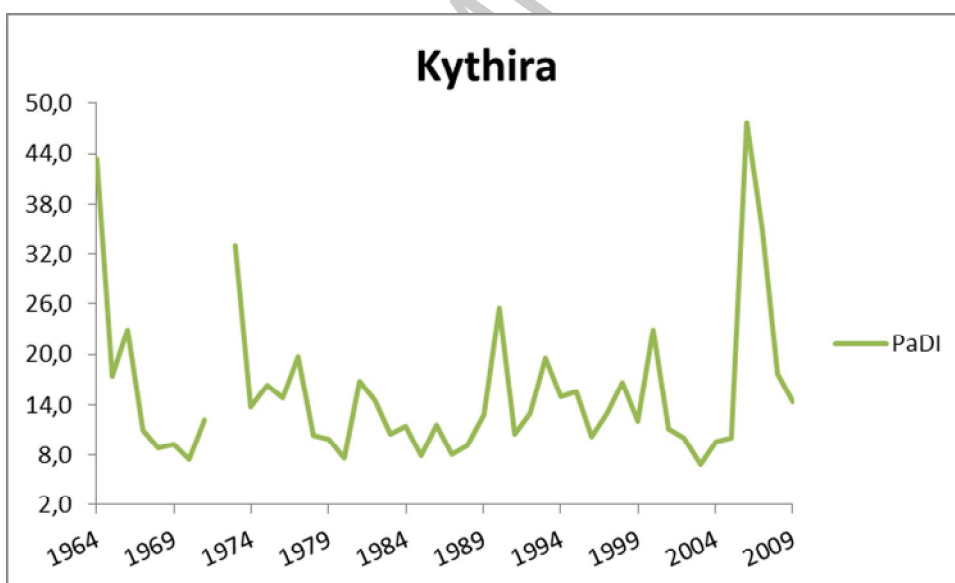
Διάγραμμα Γ.17. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Κέρκυρα



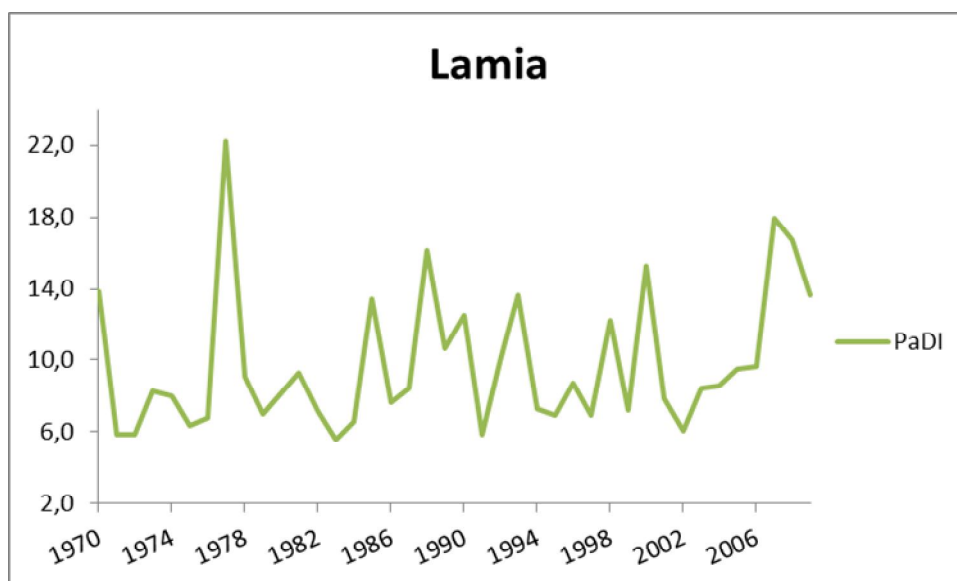
Διάγραμμα Γ.18. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Κώς



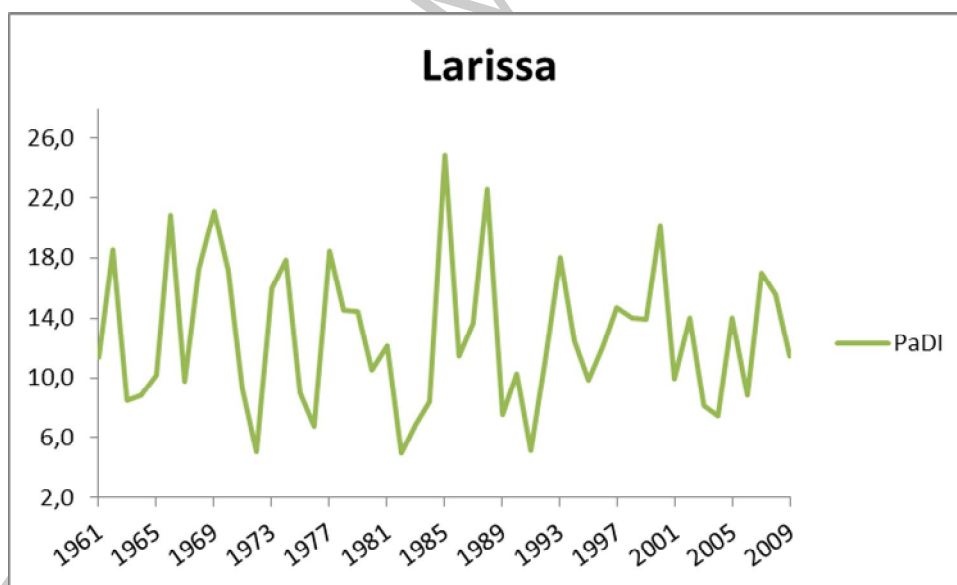
Διάγραμμα Γ.19. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Κοζάνη



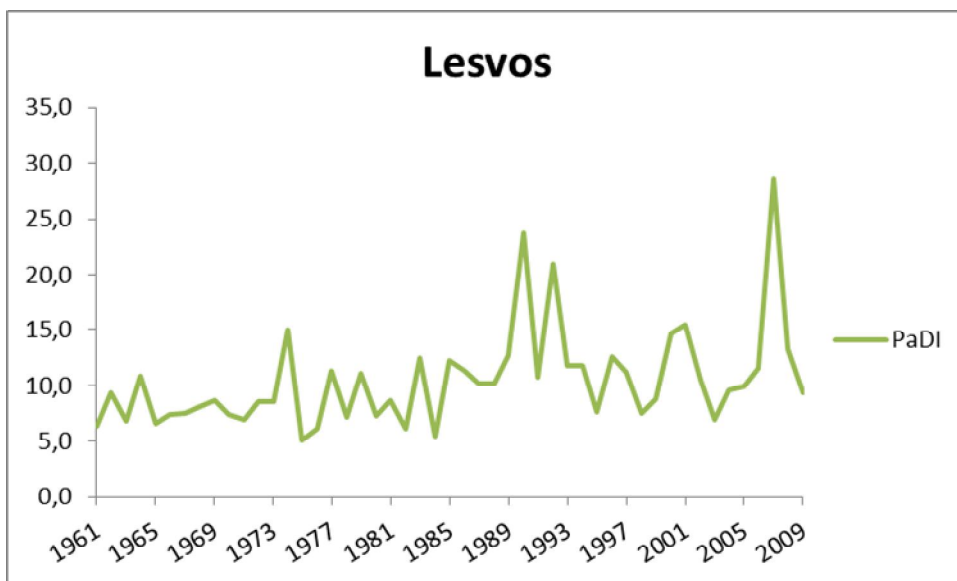
Διάγραμμα Γ.20. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Κύθηρα



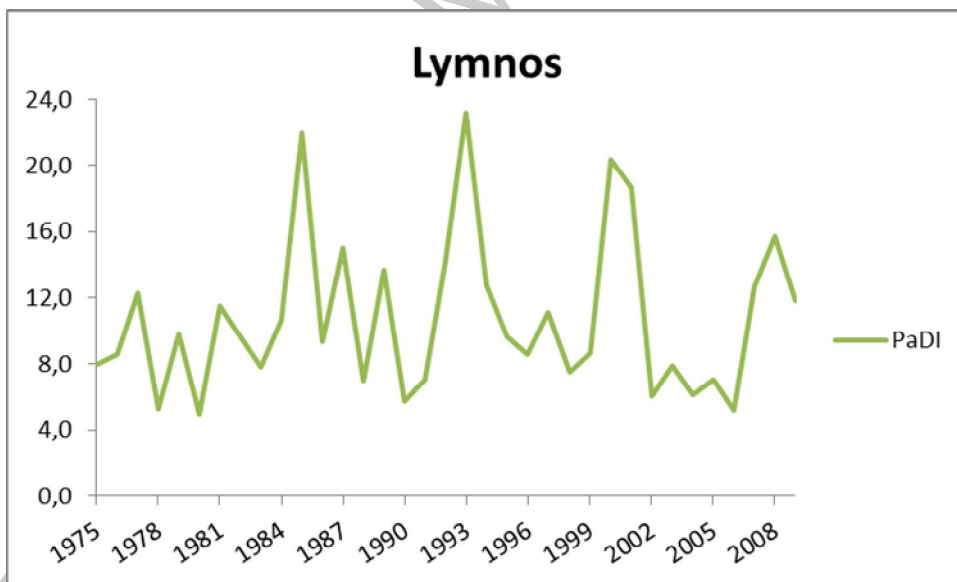
Διάγραμμα Γ.21. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Λαμία



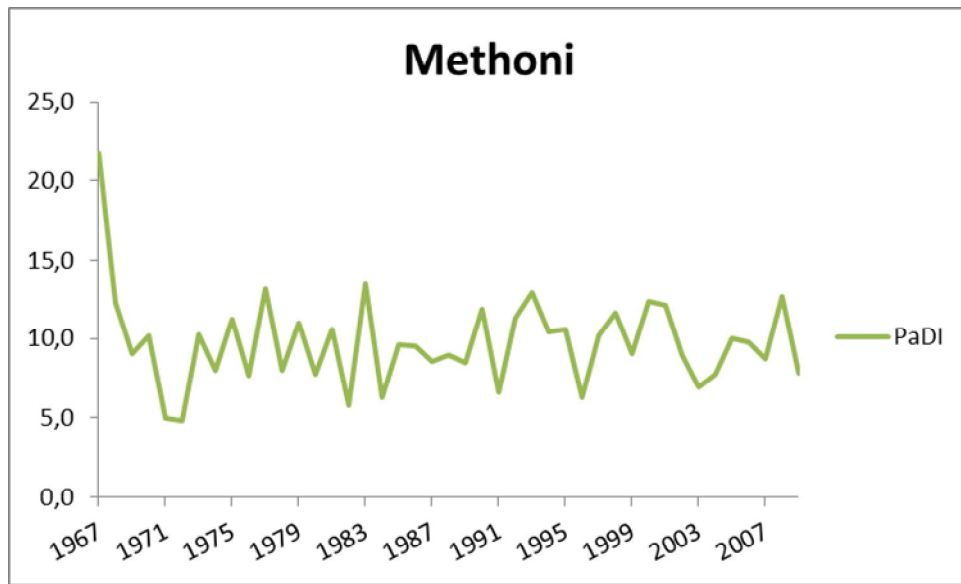
Διάγραμμα Γ.22. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Λάρισσα



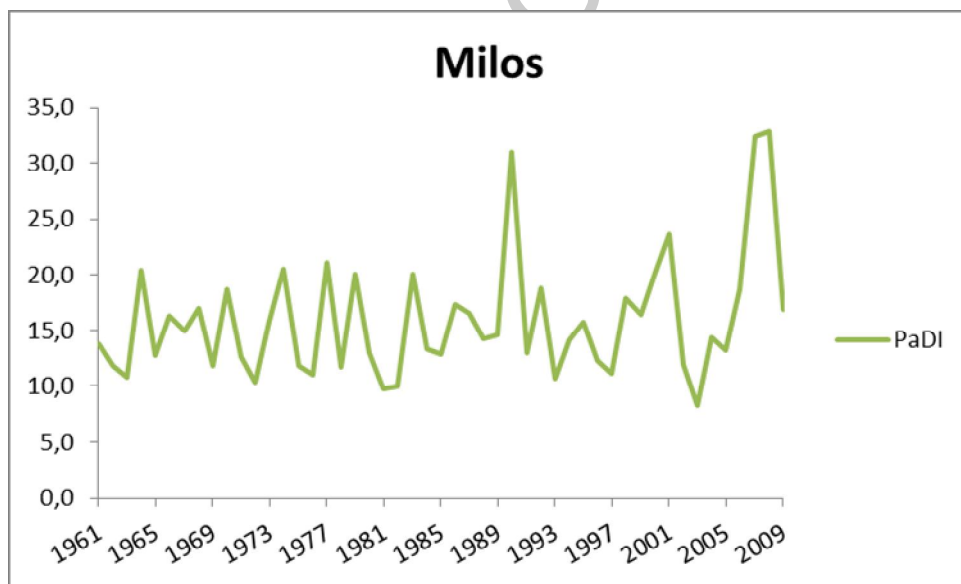
Διάγραμμα Γ.23. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Λέσβος



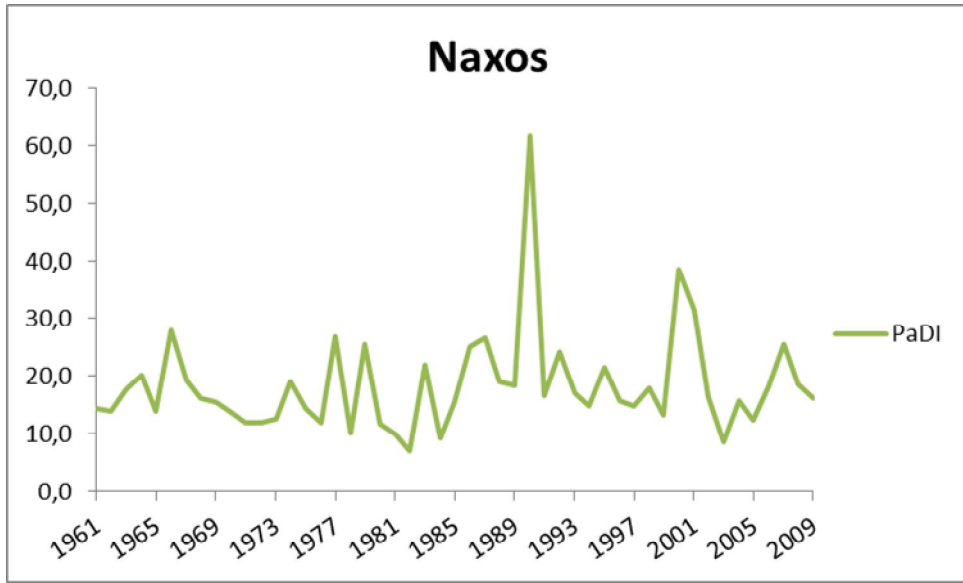
Διάγραμμα Γ.24. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Λύμνος



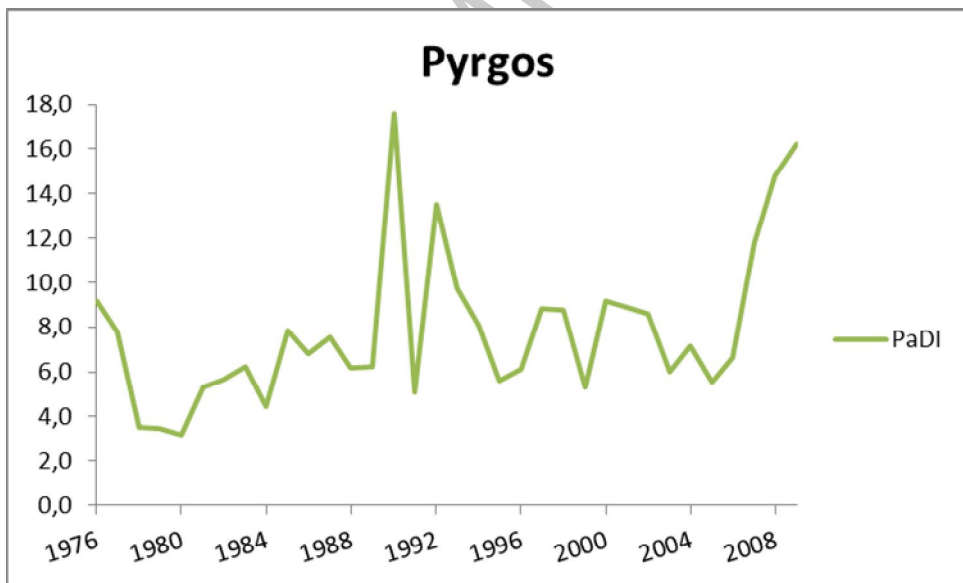
Διάγραμμα Γ.25. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Μεθώνη



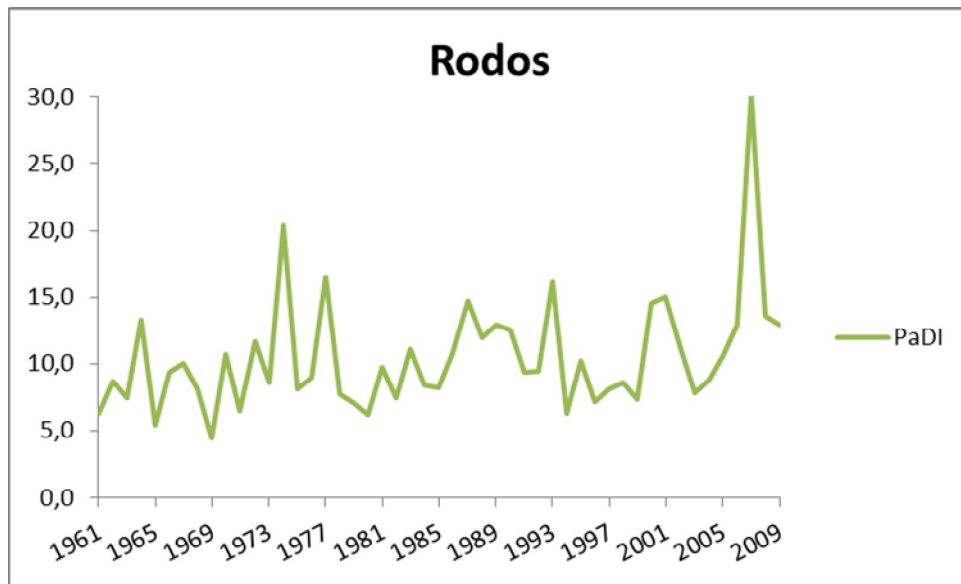
Διάγραμμα Γ.26. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Μήλος



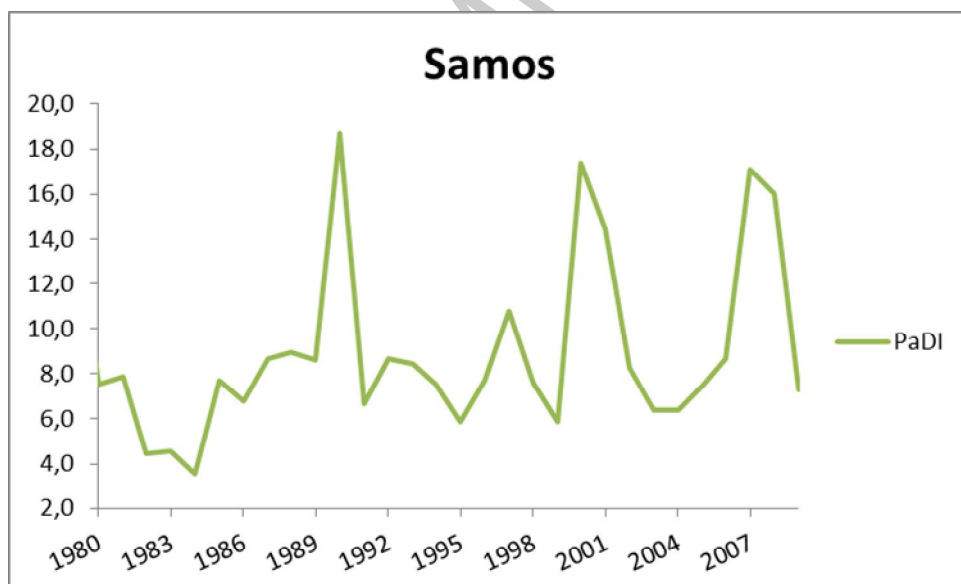
Διάγραμμα Γ.27. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Νάξος



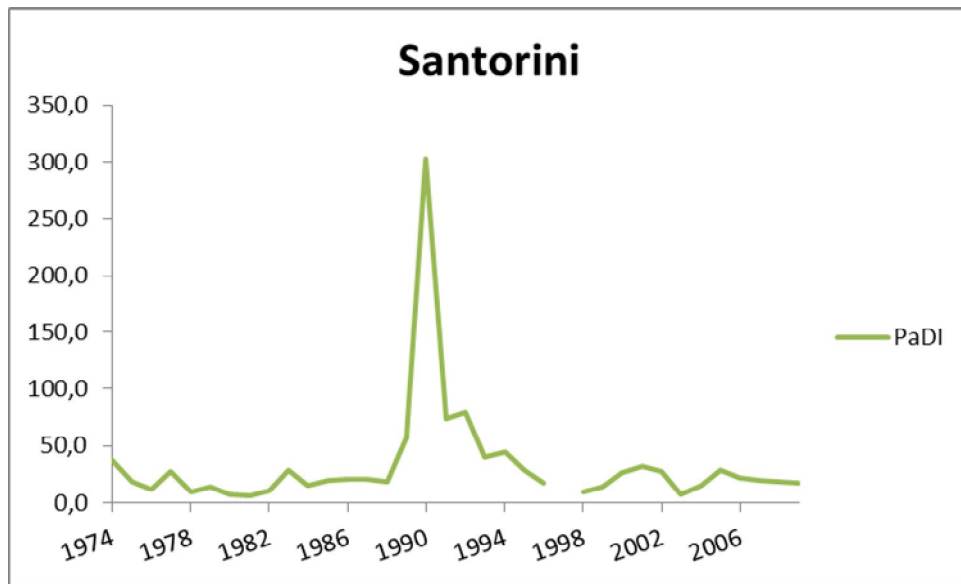
Διάγραμμα Γ.28. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Πύργος



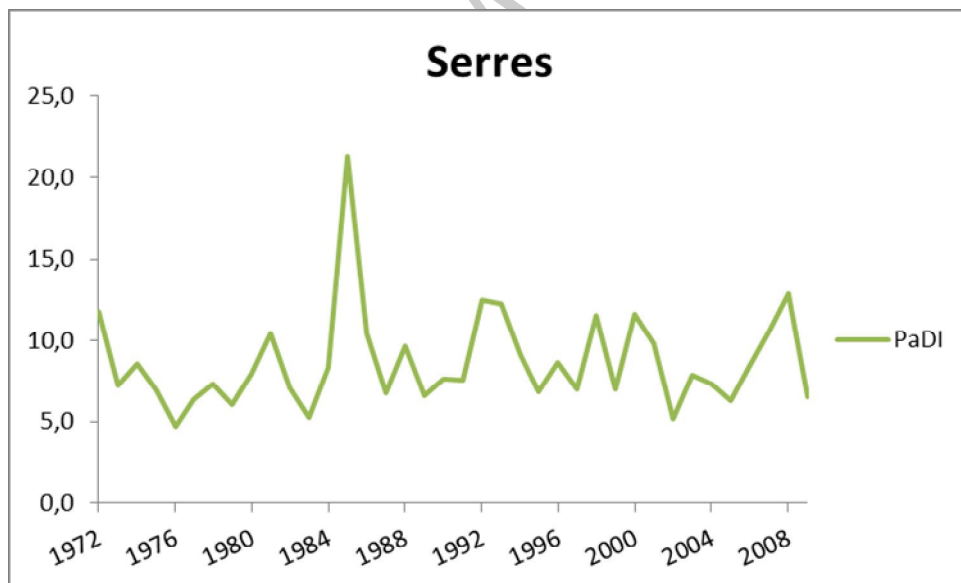
Διάγραμμα Γ.29. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Ρόδος



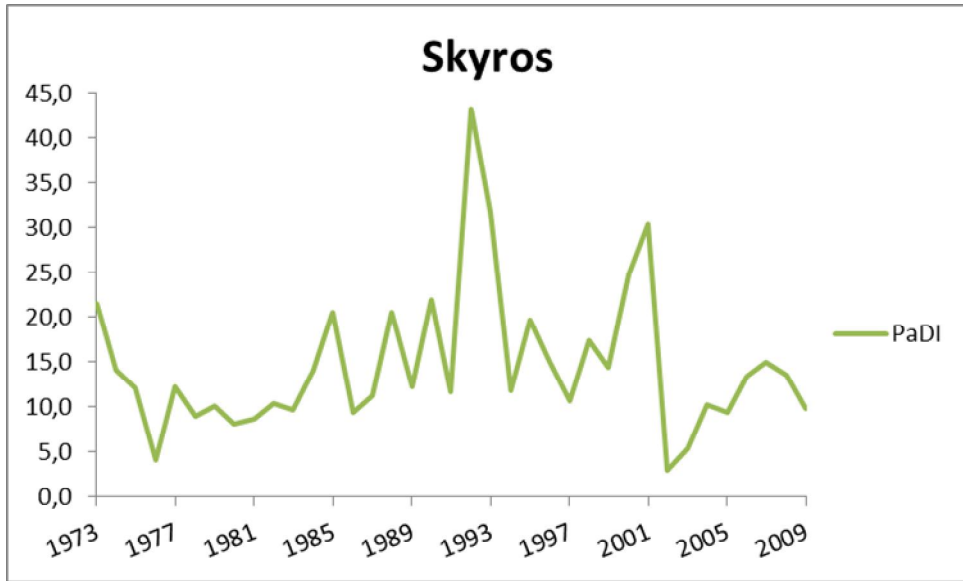
Διάγραμμα Γ.30. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Σάμος



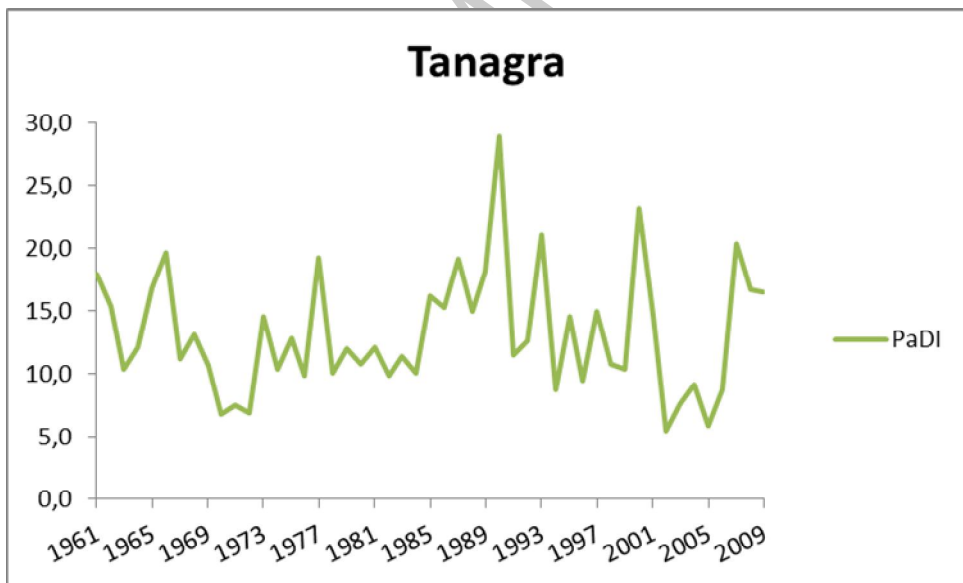
Διάγραμμα Γ.31. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Σαντορίνη



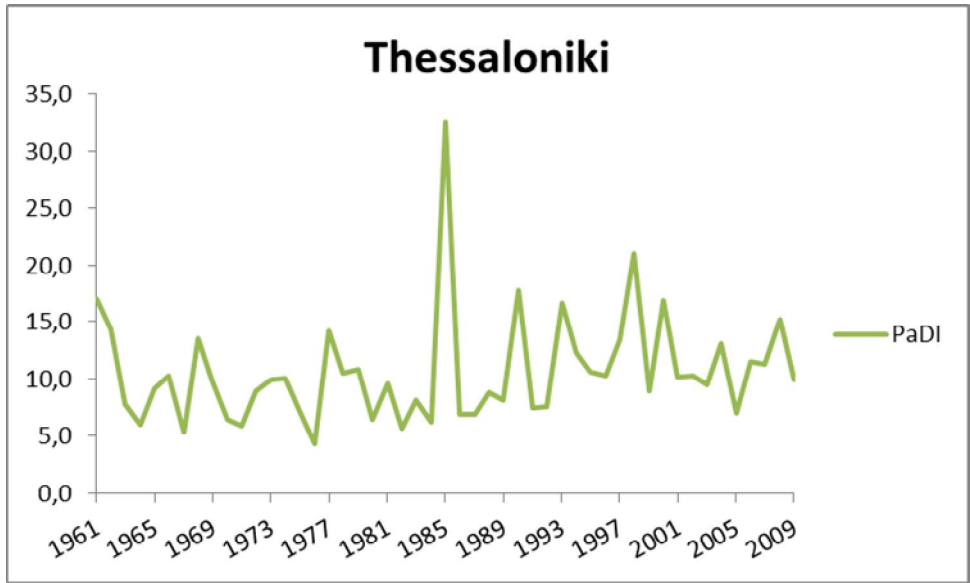
Διάγραμμα Γ.32. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Σέρρες



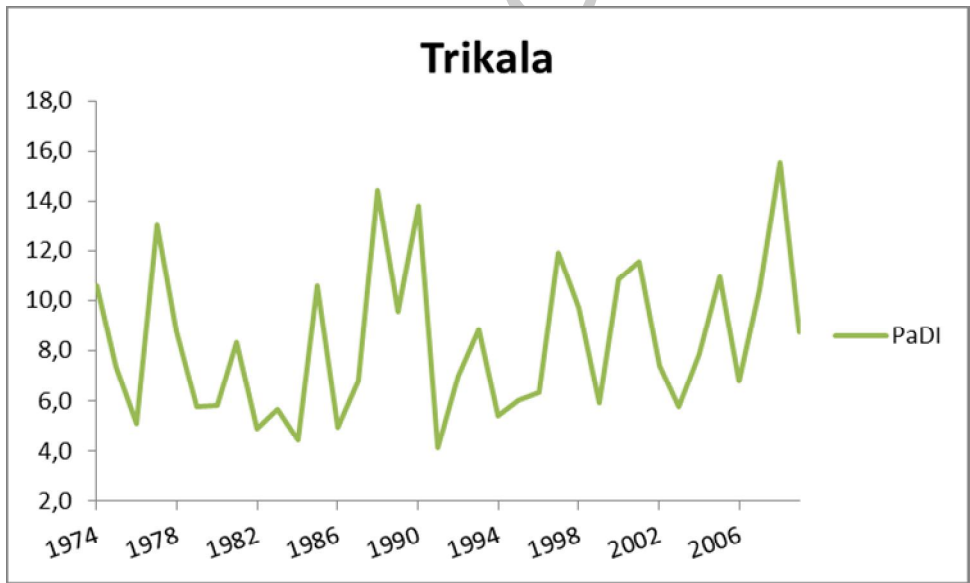
Διάγραμμα Γ.33. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Σκύρος



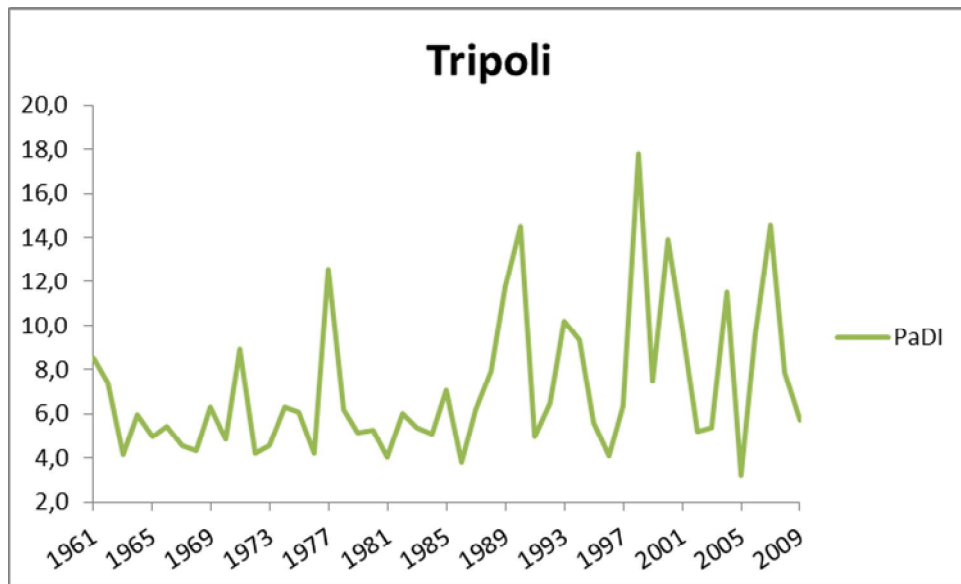
Διάγραμμα Γ.34. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Τανάγρα



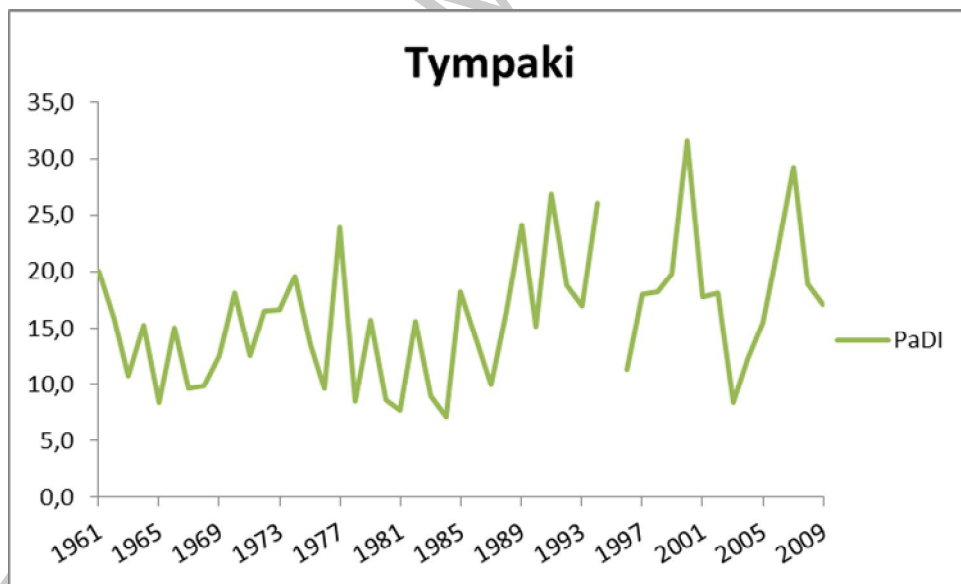
Διάγραμμα Γ.35. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Θεσσαλονίκη



Διάγραμμα Γ.36. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Τρίκαλα



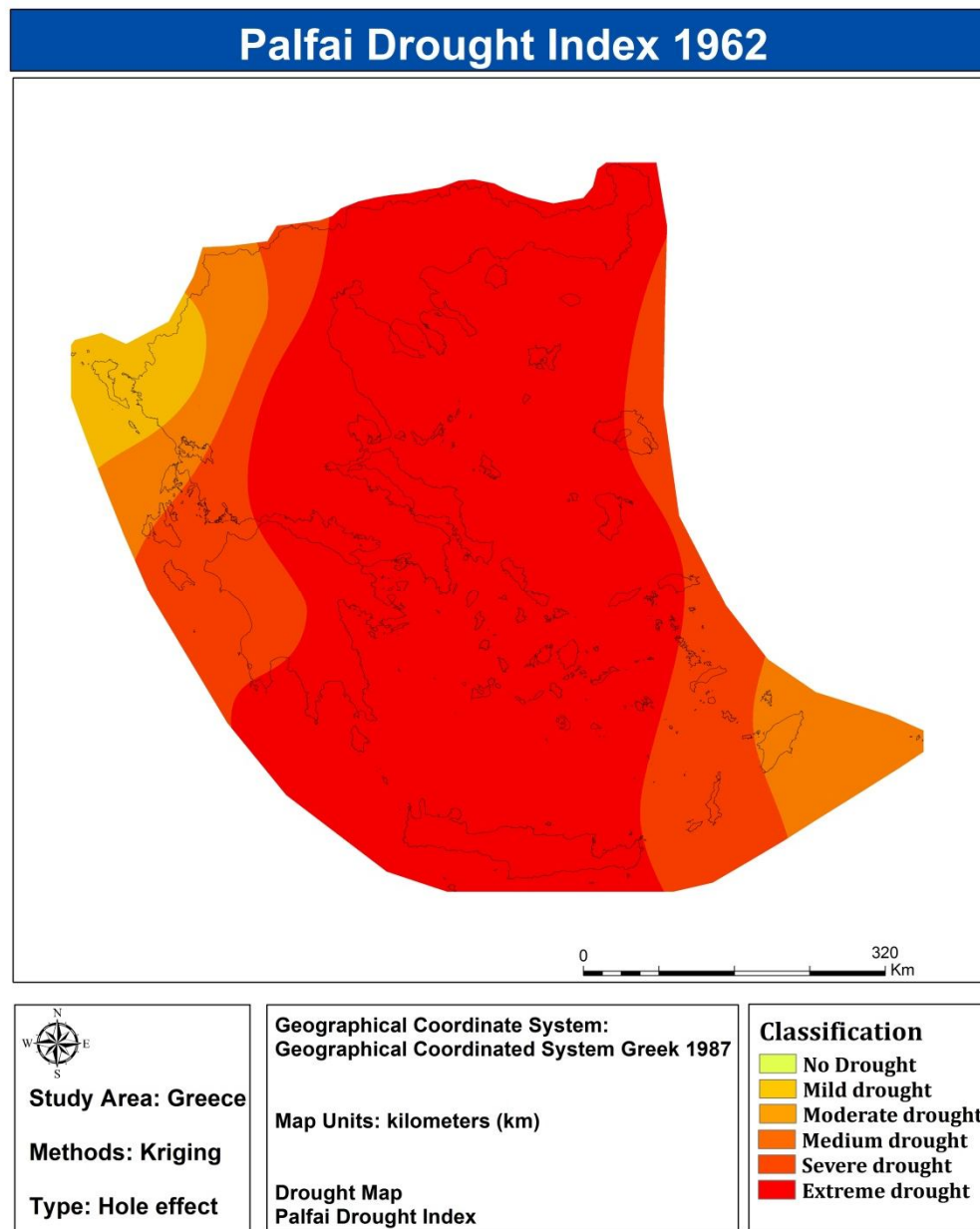
Διάγραμμα Γ.37. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Τρίπολη



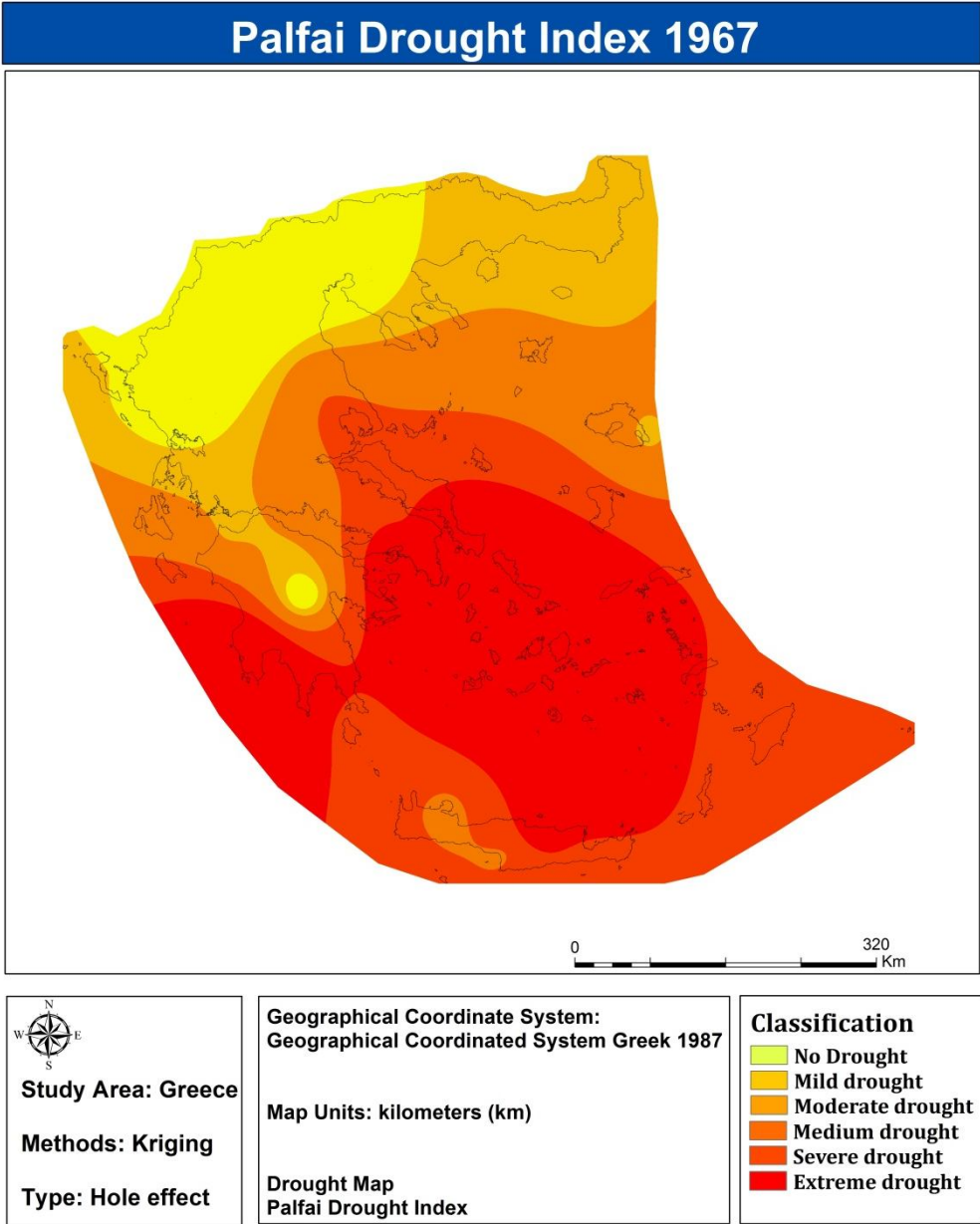
Διάγραμμα Γ.37. Ο δείκτης PaDI για τον σταθμό Τυμπάκι

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ΄

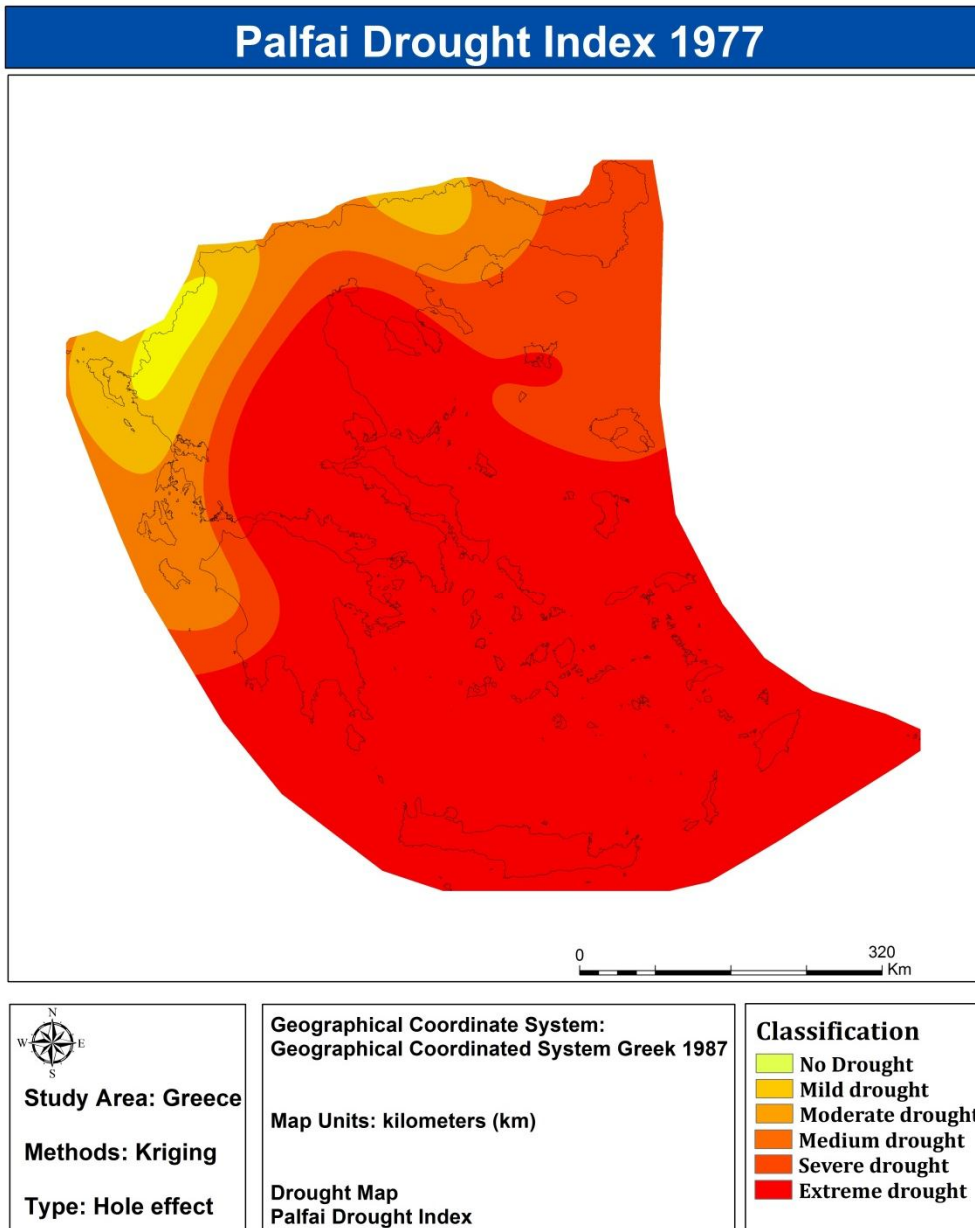
ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΤΟΥ PaDI



Εικόνα Δ.1. Χάρτης κατανομής του PaDI για το έτος 1962

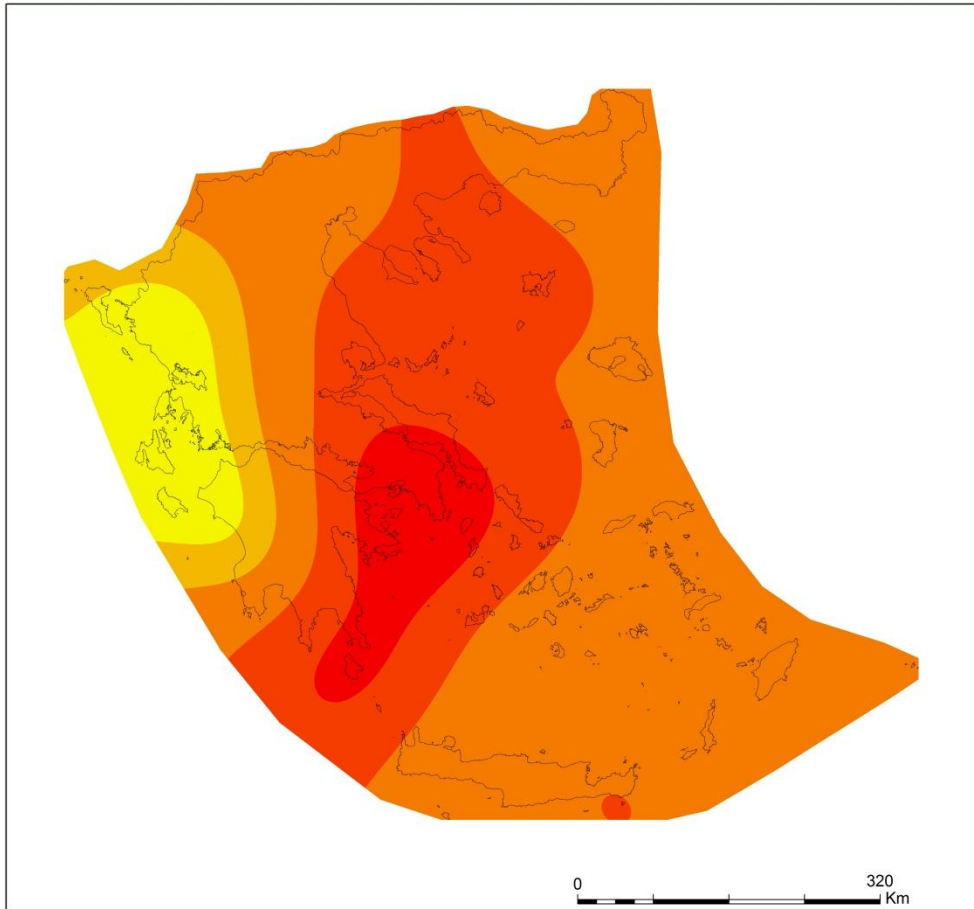


Εικόνα Δ.2. Χάρτης κατανομής του PaDI για το έτος 1967



Εικόνα Δ.3 Χάρτης κατανομής του PaDI για το έτος 1977

Palfai Drought Index 1981



Study Area: Greece

Methods: Kriging







Type: Hole effect

**Geographical Coordinate System:
Geographical Coordinated System Greek 1987**

Map Units: kilometers (km)

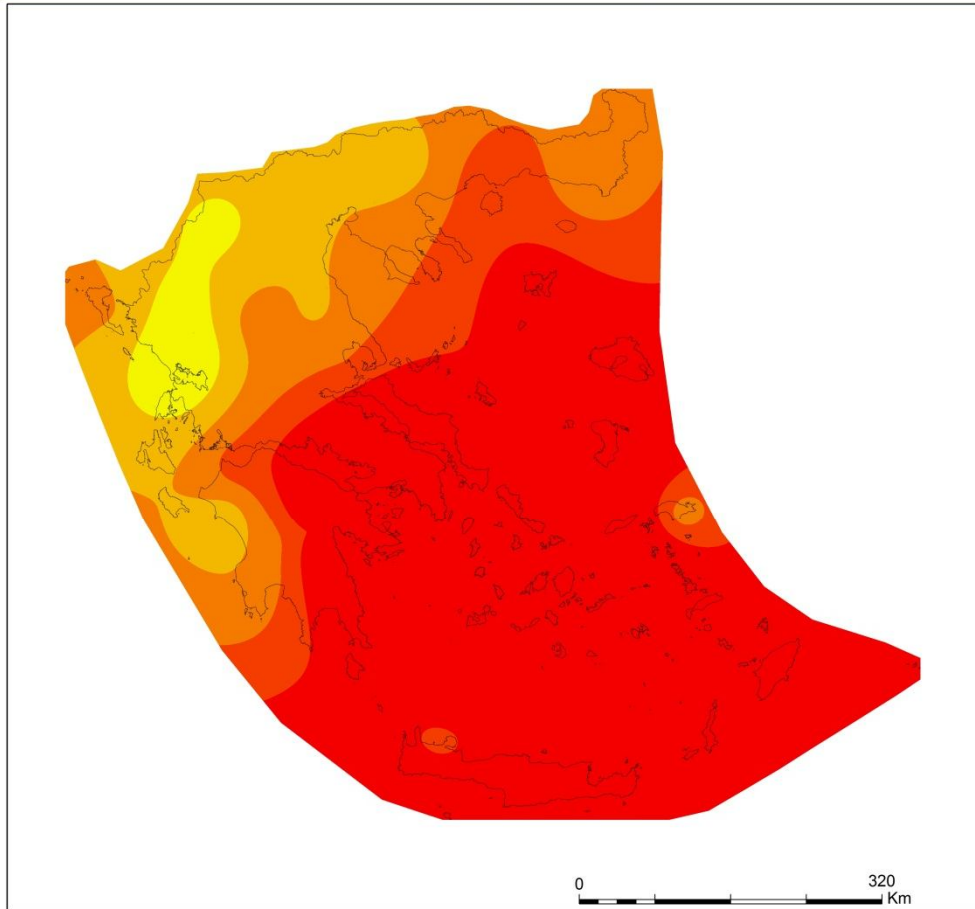
**Drought Map
Palfai Drought Index**


Classification

-  No Drought
-  Mild drought
-  Moderate drought
-  Medium drought
-  Severe drought
-  Extreme drought

Εικόνα Δ.4. Χάρτης κατανομής του PaDI για το έτος 1981

Palfai Drought Index 1989










Study Area: Greece
Methods: Kriging
Type: Hole effect

Geographical Coordinate System:
Geographical Coordinated System Greek 1987

Map Units: kilometers (km)

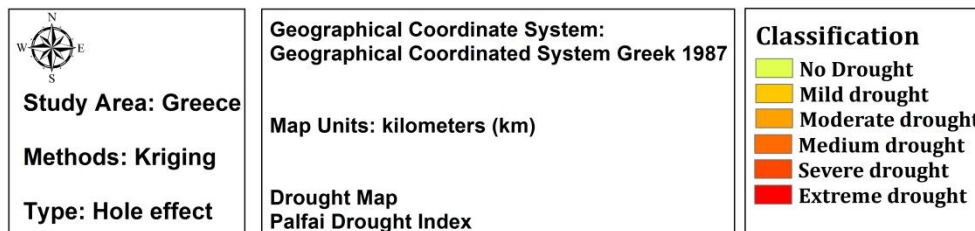
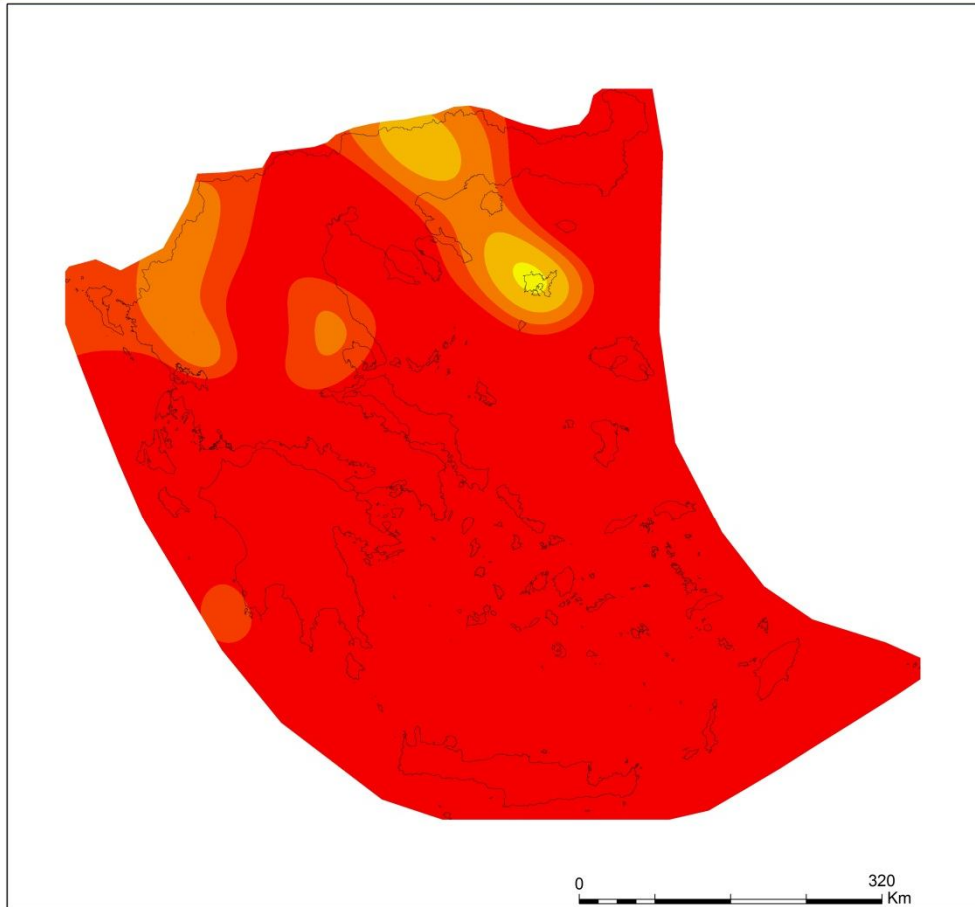
Drought Map
Palfai Drought Index

Classification

-  No Drought
-  Mild drought
-  Moderate drought
-  Medium drought
-  Severe drought
-  Extreme drought

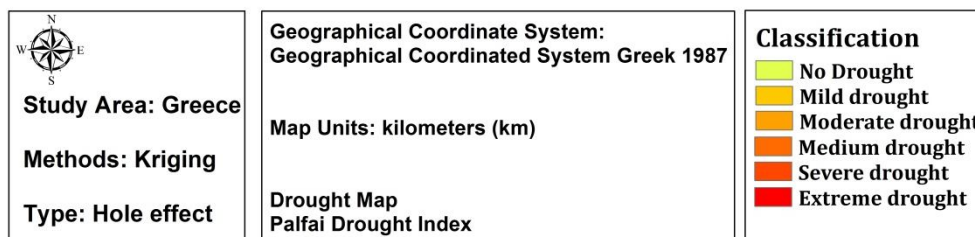
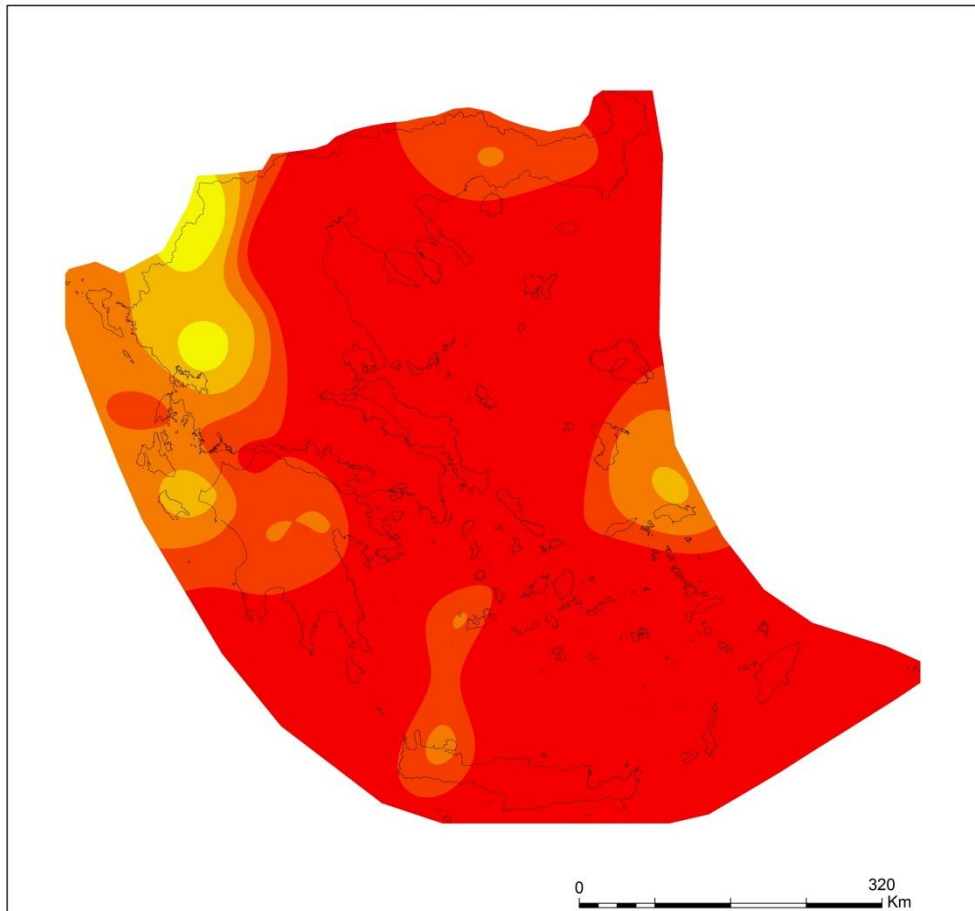
Εικόνα Δ.5. Χάρτης κατανομής του PaDI για το έτος 1989

Palfai Drought Index 1990



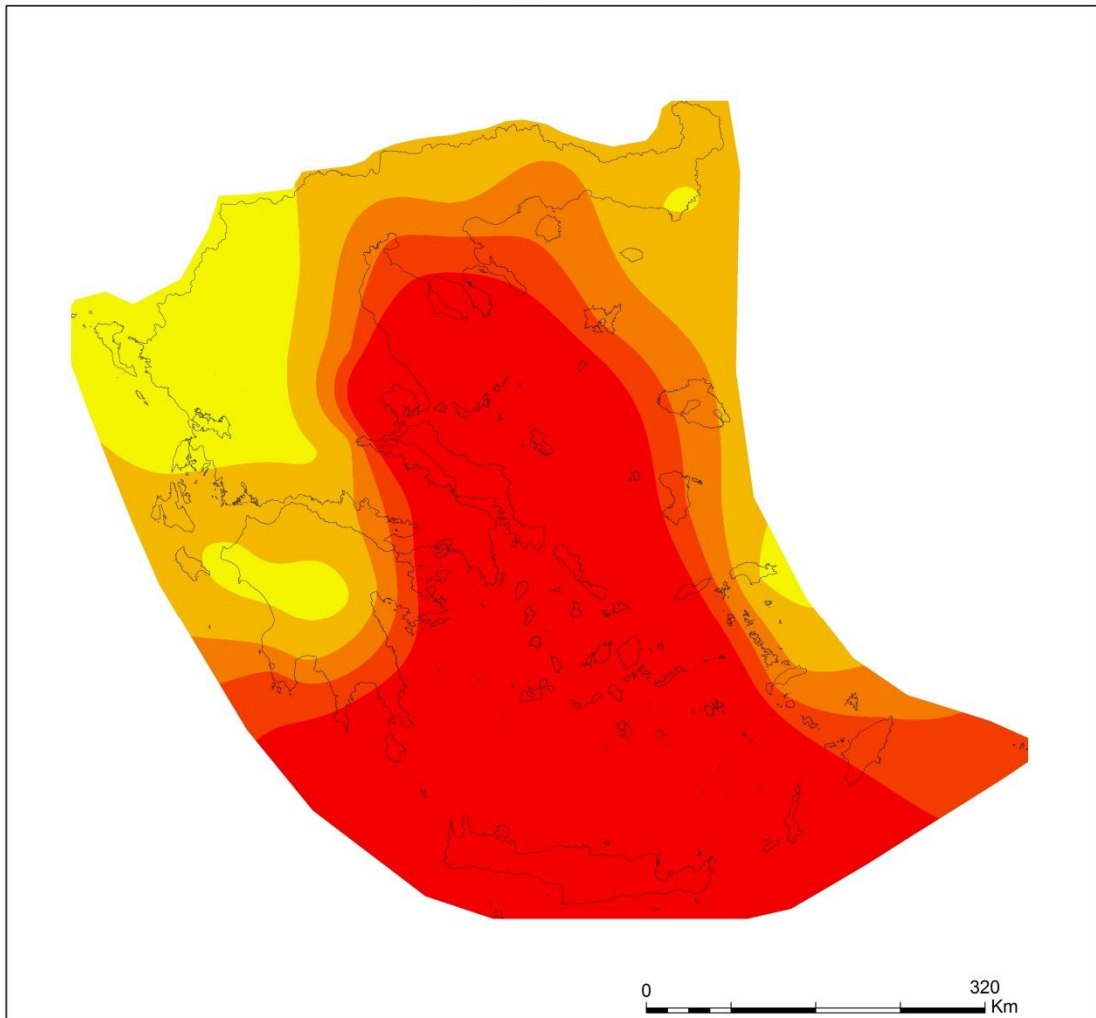
Εικόνα Δ.6. Χάρτης κατανομής του PaDI για το έτος 1990


Palfai Drought Index 1993



Εικόνα Δ.7. Χάρτης κατανομής του PaDI για το έτος 1993

Palfai Drought Index 1995










Study Area: Greece
Methods: Kriging
Type: Hole effect

Geographical Coordinate System:
Geographical Coordinated System Greek 1987

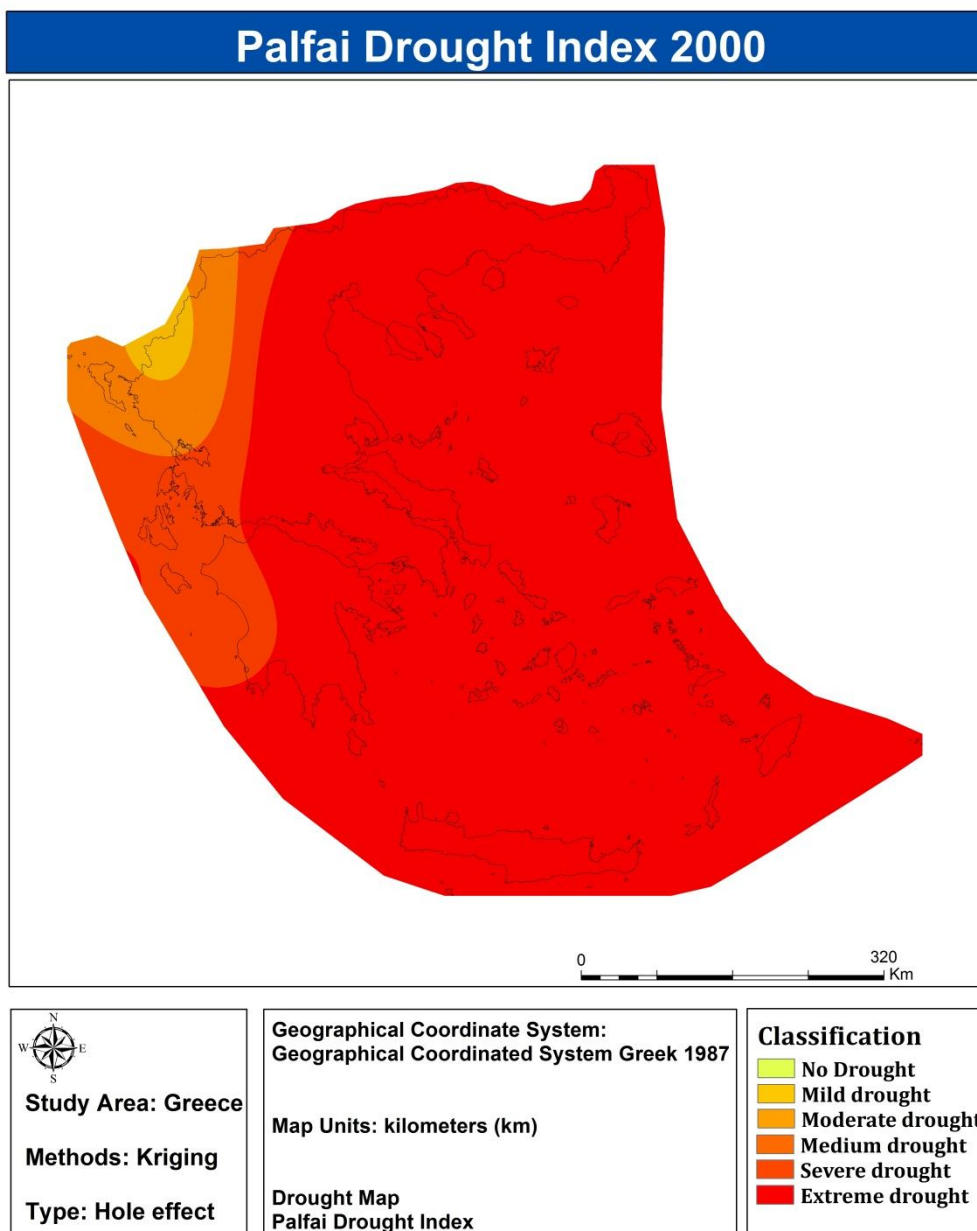
Map Units: kilometers (km)

Drought Map
Palfai Drought Index

Classification

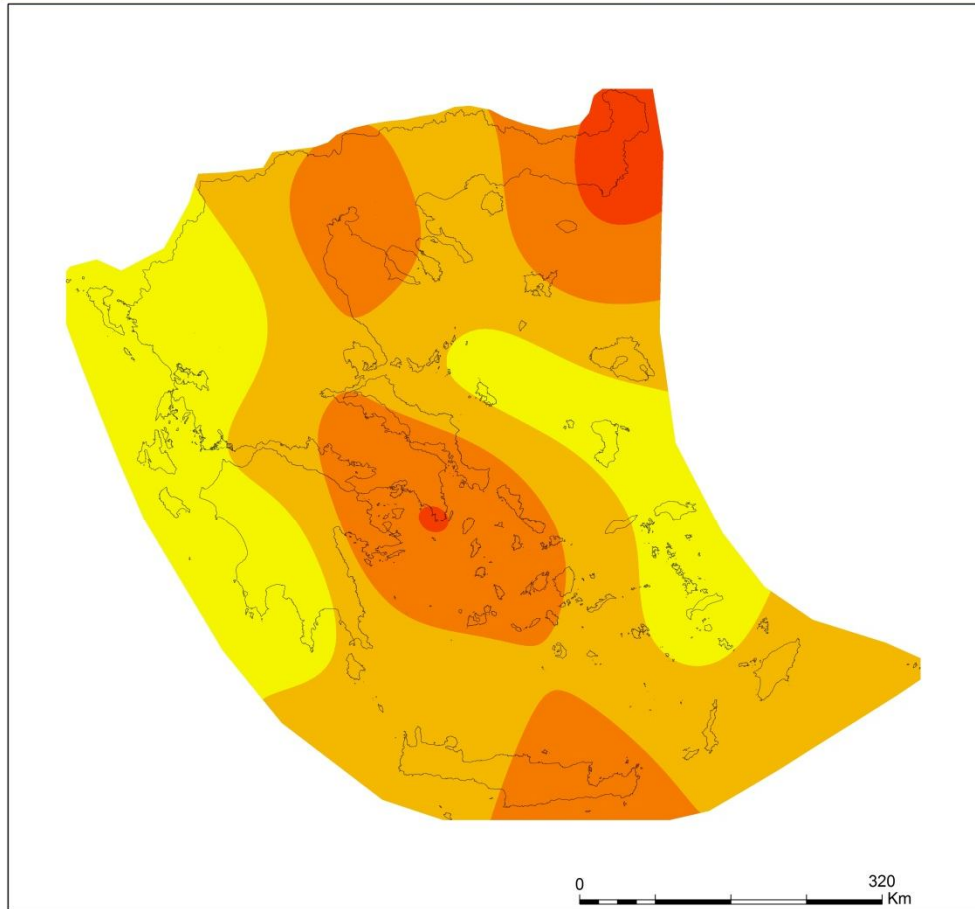
-  No Drought
-  Mild drought
-  Moderate drought
-  Medium drought
-  Severe drought
-  Extreme drought


Εικόνα Δ.8. Χάρτης κατανομής του PaDI για το έτος 1995



Εικόνα Δ.9. Χάρτης κατανομής του PaDI για το έτος 2000

Palfai Drought Index 2003










Study Area: Greece
Methods: Kriging
Type: Hole effect

**Geographical Coordinate System:
Geographical Coordinated System Greek 1987**

Map Units: kilometers (km)

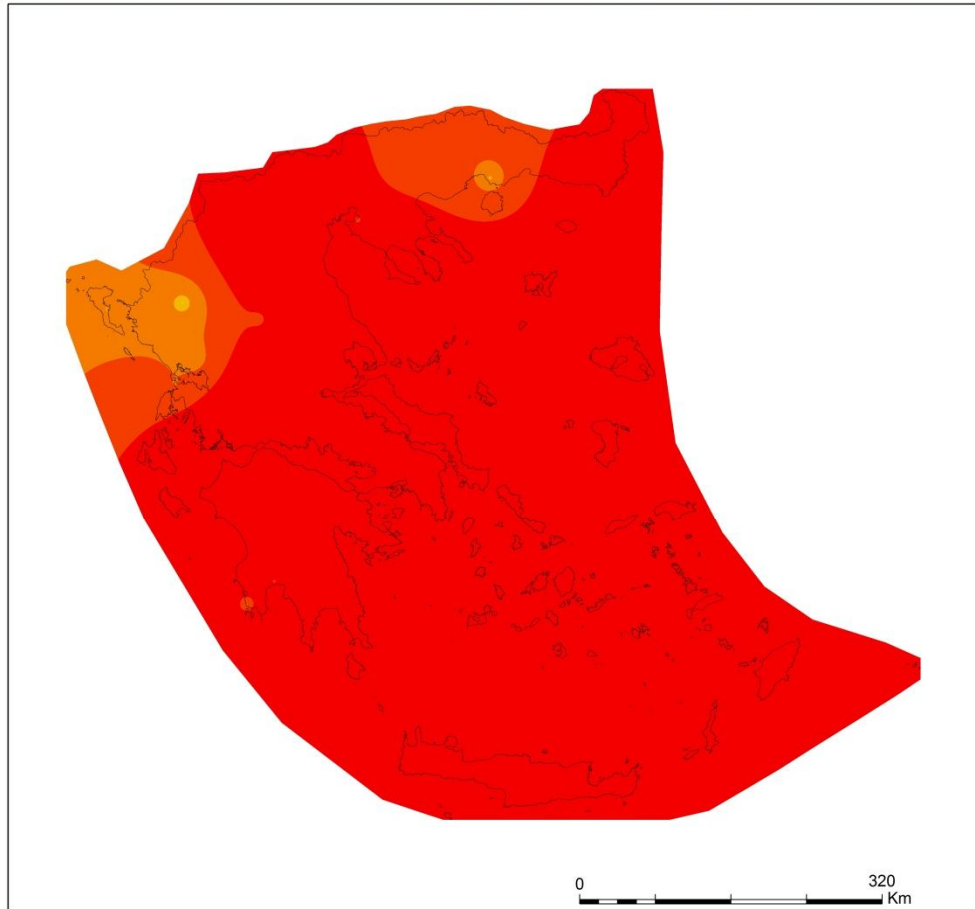
**Drought Map
Palfai Drought Index**


Classification

-  No Drought
-  Mild drought
-  Moderate drought
-  Medium drought
-  Severe drought
-  Extreme drought

Εικόνα Α.10. Χάρτης κατανομής του PaDI για το έτος 2003

Palfai Drought Index 2007










Study Area: Greece
Methods: Kriging
Type: Hole effect

Geographical Coordinate System:
Geographical Coordinated System Greek 1987

Map Units: kilometers (km)

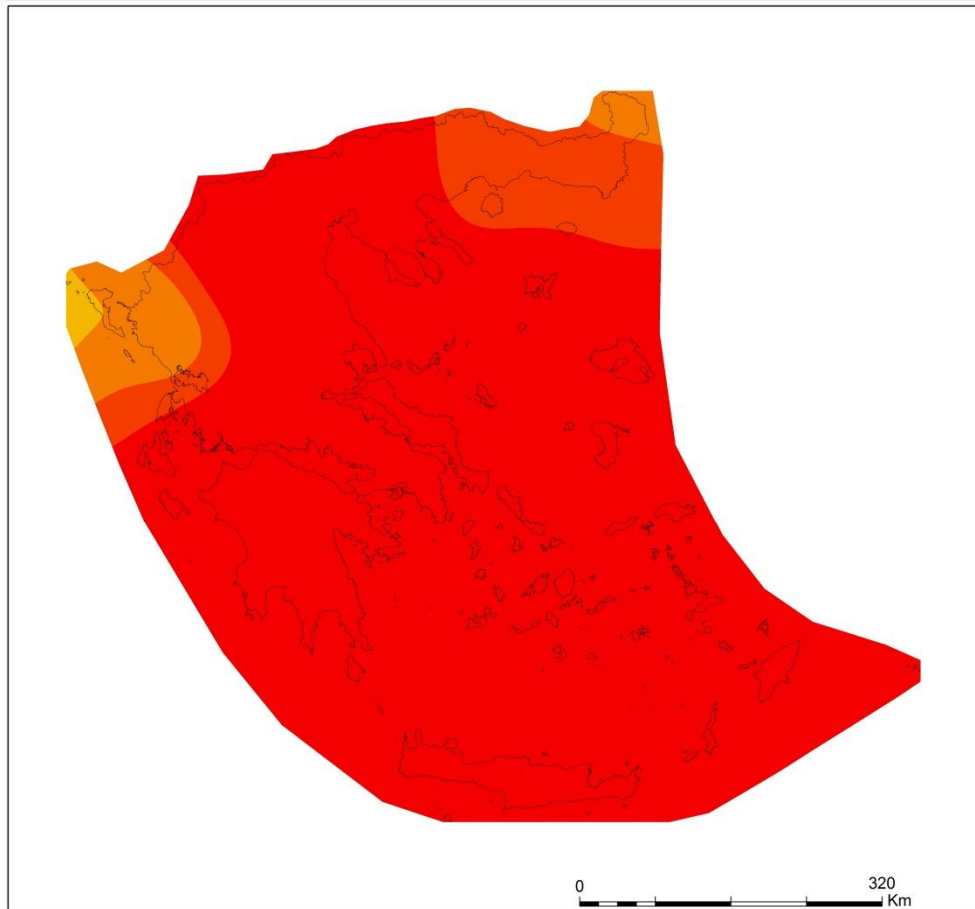
Drought Map
Palfai Drought Index

Classification

-  No Drought
-  Mild drought
-  Moderate drought
-  Medium drought
-  Severe drought
-  Extreme drought

Εικόνα Α.11. Χάρτης κατανομής του PaDI για το έτος 2007

Palfai Drought Index 2008



Study Area: Greece

Methods: Kriging







Type: Hole effect

**Geographical Coordinate System:
Geographical Coordinated System Greek 1987**

Map Units: kilometers (km)

**Drought Map
Palfai Drought Index**

Classification

-  No Drought
-  Mild drought
-  Moderate drought
-  Medium drought
-  Severe drought
-  Extreme drought

Εικόνα Α.12. Χάρτης κατανομής του PaDI για το έτος 2008

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Barraque, B., Karavitis, C., A. and P. Katsiardi, 2008.** Water resources management strategies in WSM case studies, in: Coping with Water Deficiencies: from research to Policy making, pp. 45- 112, Springer-Verlag Gmbh, Heidelberg, Germany.
2. **Bryant, 1991.** Integrated Responses of Plants to Stress.
3. **Cesar N., 2001.** El Nino in History: Storming Through the Ages.
4. **Changnon, S.A. and Easterling, W.E., 1989.** Measuring drought impacts: The Illinois case. *Water Resources Bulletin*, 25 (1), pp. 27-42.
5. **Currie, 1981, 1984.** On bistable phasing of 18,6 years nodal-induced flood in India, *Geophysical Research Letters*, 11: 50-53
6. **Dermanis, A. and Sansò, F., 2007.** On the Feasibility of Biased Kriging. Presented at the XXIV IUGG Congress, Perugia X-X July 2007.
7. **Gallier, J., 2000.** Curves and Surfaces in Geometric Modeling. Morgan Kaufmann, San Francisco, CA USA.
8. **Hayes M., 2004.** Drought Indices. NE: National Drought Mitigation Center University of Nebraska- Lincoln.
9. **Karavitis, C., A., 1992.** Drought Management Strategies for Urban Water Supplies: The Case of Metropolitan Athens. Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, Colorado State University, Fort Collins, Colorado
10. **Karavitis, C., A., 1999.** Drought and Urban Water Supplies: the Case of Metropolitan Athens, *Water Policy*, Vol. 1, Iss. 5, pp. 505- 524, Elsevier Science.
11. **Karavitis, C., A., 1999.** Decision Support Systems for Drought Management Strategies in Metropolitan Athens, *Water International*, Vol. 24, No. 1, pp. 10-21.
12. **Oladipo, 1985.** A comparative performance analysis of three meteorological drought indices. *International Journal of Climatology*, 5: 655–664.
13. **Philander & S. George, 1990.** El Niño, La Niña and the Southern Oscillation. San Diego: Academic Press.
14. **Tannehill, I.R. 1947.** Drought and Its Causes and Effects. Princeton University Press.

15. **Watson, R.T. and the Core Writing Team, 2001.** Climate Change 2001: Synthesis Report. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK. Pp. 397.
16. **Werrick, W.J. and W. Whipple, 1994.** National Study of Water Management During Drought: Managing Water for Drought. IWR Report 94-NDS-8. U.S. Army Corps of Engineers. Water Resources Support Center. Institute for Water Resources. Alexandria, VA.
17. **Wheaton, E., Wittrock V., Kulshreshtha, S., Koshida, G., Grant, C., Chipanshi, A., Bonsal, B., with the rest of the Canadian drought Study Steering Committee, Adkins, P., Bell, G., Brown, G., Howard, A., MacGregor, R., 2005.** Lessons Learned From the Canadian Drought Years of 2001 and 2002, SRC Publication No. 11602-46E03, Canada
18. **Wilhite, D.A. and M.H. Glantz. 1985.** Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. Water International 10.
19. **Yevjevich, V., da Cunha, L., and Vlachos, E.C., 1983.** Coping with Droughts, editors, Water Resources Publications, Littleton, CO.
20. **Yevjevich, V., 1967.** An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts. Hydrol Papers Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
21. **Καραβίτης Χρ., Αλεξανδρή Σ., Οικονόμου Π., Τσεσμελής Δ., Φασούλη Β. και Χορταριά Χ., 2007.** Τεχνική Υποστήριξη της Κεντρικής Υπηρεσίας Υδάτων για την κατάρτιση των στρατηγικών διαχείρισης λειψυδριών και ενός βραχυπρόθεσμου σχεδίου αντιμετώπισης κινδύνου λειψυδρίας.
22. **Hellenic National Meteorological Service (HNMS)**
http://www.hnms.gr/hnms/greek/climatology/climatology_html
23. **National Mitigation Drought Center** <http://www.drought.unl.edu/>
24. **Serving Meteorologist & the Geosciences** <http://www.meted.ucar.edu/>