



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Πτυχιακή εργασία με θέμα :

**<< Χρονική μελέτη μεταβολών γεγονότων ξηρασίας με τη χρήση των
δεικτών Standardised Precipitation-Index SPI και Standardised
Precipitation Evapotranspiration Index SPEI , για τις περιοχές των
Τρικάλων , Βόλου , Καρδίτσας και Λάρισας . >>**

Φοιτητής : Αλεξίου Αθανάσιος

A.M : 0815036

A.M. : 01683

Επιβλέπων καθηγητής : Σπηλιωτόπουλος Μάριος

Μέλη επιτροπής : Βασιλειάδης Λάμπρος , Μυλόπουλος Νικήτας ,
Σπηλιωτόπουλος Μάριος

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	4
1.Εισαγωγή	5
1.1 Κλιματική αλλαγή και ξηρασία.....	5
1.2Τύποι ξηρασίας	6
1.3Χαρακτηριστικά ξηρασίας	8
1.4 Δείκτες ξηρασίας.....	9
1.5Δείκτης ξηρασίας Standard Precipitation Index (SPI).....	12
1.6Δείκτης ξηρασίας Standard Precipitation Evapotranspiration Index(SPEI).....	14
1.7 Περιοχή μελέτης.....	15
1.8 Δεδομένα.....	17
2. Μεθοδολογία.....	19
2.1 Υπολογισμός δείκτη ξηρασίας Standard Precipitation Index (SPI).....	19
2.2Υπολογισμός δείκτη ξηρασίας Standard Precipitation Evaporation Index (SPEI).....	25
3 Αποτελέσματα.....	30
3.1 Διαγράμματα μεταβολής και αποτελέσματα SPI 2015-2023 για Τρίκαλα.....	30
3.2 Διαγράμματα μεταβολής και αποτελέσματα SPI 2015-2023 για Βόλο.....	35
3.3 Διαγράμματα μεταβολής και αποτελέσματα SPI 2015-2023 για Καρδίτσα.....	41

3.4 Διαγράμματα μεταβολής και αποτελέσματα SPI 2015-2023 για Λάρισα.....	46
3.5 Διαγράμματα μεταβολής και αποτελέσματα SPEI 2015-2023 για Τρίκαλα.....	51
3.6 Διαγράμματα μεταβολής και αποτελέσματα SPEI 2015-2023 για Βόλο.....	56
3.7 Διαγράμματα μεταβολής και αποτελέσματα SPEI 2015-2023 για Καρδίτσα.....	61
3.8 Διαγράμματα μεταβολής και αποτελέσματα SPEI 2015-2023 για Λάρισα.....	67
3.9 Επεισόδια ξηρασίας για SPI και SPEI.....	72
3.10 Συμπεράσματα.....	73
3.11 Συντελεστές συσχέτισης για SPI – SPEI	79
4. Βιβλιογραφία.....	82

Περίληψη

Το φαινόμενο της ξηρασίας αποτελεί ένα τεράστιο πρόβλημα , όχι μόνο για τις περιοχές της Ελλάδος , αλλά και για όλο τον κόσμο . Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία επικεντρώνεται στη χωροχρονική μελέτη και στη πρόβλεψη των φαινομένων της ξηρασίας , για περιοχές της Θεσσαλίας . Συγκεκριμένα για τις κεντρικές περιοχές των Τρικάλων , του Βόλου , της Λάρισας και της Καρδίτσας . Τα μοντέλα πρόβλεψης που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι δείκτες ξηρασίας **Standardised Precipitation-Index SPI** και **Standardised Precipitation Evapotranspiration Index SPEI** . Η μελέτη γίνεται για 9 χρόνια από το 2015-2023 .

Οι δείκτες SPI και SPEI έχουν τη δυνατότητα να αξιολογούν τη ξηρασία , έχοντας ως δεδομένα τις μηνιαίες βροχοπτώσεις και τις μηνιαίες θερμοκρασίες . Ο SPI για τον υπολογισμό του χρειάζεται μόνο τα δεδομένα βροχόπτωσης , ενώ ο SPEI χρειάζεται συνδυασμό των δεδομένων βροχοπτώσεων με τις θερμοκρασίες . Επίσης οι υπολογισμοί έγιναν για χρονική κλίμακα 1μήνα , 3μηνών , 6μηνών , 9μηνών και 12μηνών , για καλύτερη αξιολόγηση αποτελεσμάτων . Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αποθηκεύτηκαν από το Meteodata και είναι δεδομένα μηνιαίων βροχοπτώσεων και θερμοκρασιών για τους κεντρικούς σταθμούς από τις τέσσερις πόλεις .

Σκοπός της μελέτης είναι να καταγραφούν οι μεταβολές στην ένταση και στη διάρκεια της ξηρασίας για τις περιοχές που αναφέρθηκαν και εντοπισμός των κρίσιμων επεισοδίων ξηρασίας . Επίσης θα γίνουν αντιληπτές και οι ελάχιστες διαφορές μεταξύ των δύο δεικτών . Επιπλέον η ανάλυση των αποτελεσμάτων θα συμβάλλει στη κατανόηση των μακροπρόθεσμων κλιματικών αλλαγών και στη λήψη κατάλληλων μέτρων για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της ξηρασίας . Τα αποτελέσματα των δεικτών θα αποτελέσουν βάση για τη σωστή διαχείριση των υδάτινων πόρων στη Θεσσαλία και τη λήψη κατάλληλων μέτρων αντιμετώπισης της ξηρασίας και για τις επιπτώσεις της στο μέλλον .

1. Εισαγωγή

Η ξηρασία αποτελεί ένα από τα πλέον σοβαρά φυσικά φαινόμενα, το οποίο επηρεάζει ποικιλοτρόπως τις κοινωνίες και τα οικοσυστήματα σε παγκόσμιο επίπεδο. Η εκτίμηση και η κατανόηση των ξηρασιών αποτελούν σημαντικό παράγοντα για τη λήψη μέτρων πρόληψης και την ανάπτυξη μεθόδων αντιμετώπισης. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία, πραγματοποιείται χωροχρονική μελέτη των μεταβολών των γεγονότων ξηρασίας στις περιοχές των Τρικάλων, Λάρισας, Καρδίτσας και Βόλου κατά τη διάρκεια μιας περιόδου εννέα ετών, από το 2015 έως το 2023.

Η μελέτη αυτή θα πραγματοποιηθεί με τη χρήση δύο δεικτών ξηρασίας: τον δείκτη **Standardised Precipitation Index – SPI** και τον δείκτη **Standardised Precipitation Evapotranspiration Index – SPEI**. Οι δείκτες αυτοί επιτρέπουν την ποσοτική εκτίμηση της ξηρασίας και παρέχουν τη δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ διαφορετικών χρονικών περιόδων και γεωγραφικών περιοχών. Τα δεδομένα που χρειάζονται για τον υπολογισμό τους είναι οι μηνιαίες τιμές βροχοπτώσεων και θερμοκρασιών.

Οι περιοχές μελέτης επιλέχθηκαν λόγω της σημασίας τους για τη γεωργική παραγωγή και την οικονομία της Θεσσαλίας, καθώς και λόγω της ποικιλίας των κλιματικών και γεωμορφολογικών τους χαρακτηριστικών. Η έρευνα αυτή στοχεύει να συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση των χωροχρονικών μεταβολών των ξηρασιών και να προσφέρει σημαντικές πληροφορίες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την ενίσχυση των μεθόδων διαχείρισης υδάτινων πόρων και την προσαρμογή στις κλιματικές αλλαγές.

1.1 Κλιματική αλλαγή και ξηρασία

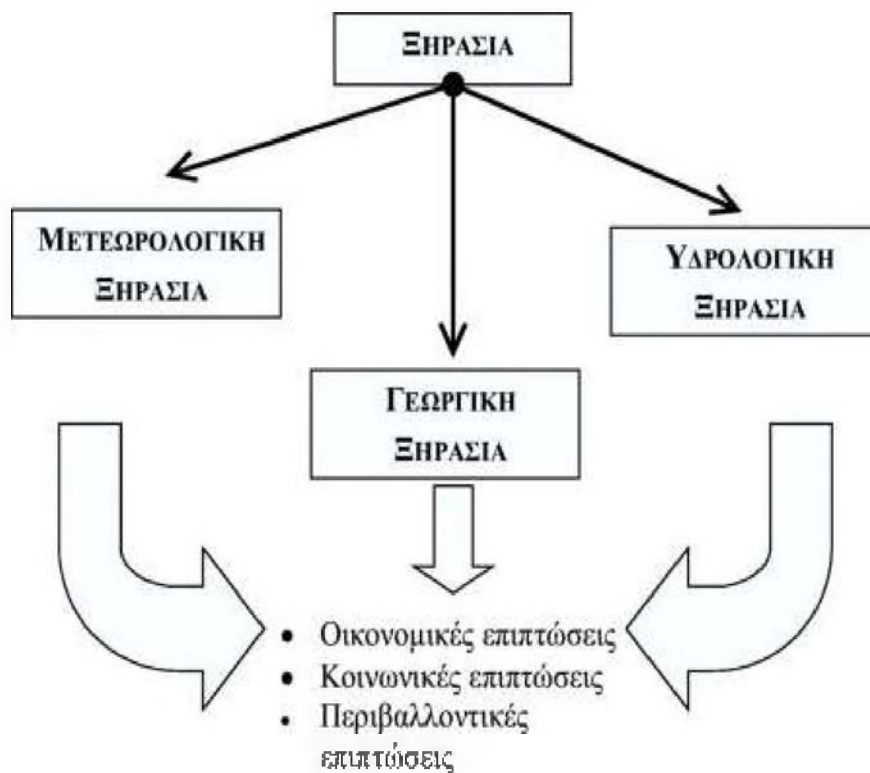
Το κλίμα αποτελεί τη ταυτότητα κάθε περιοχής και το σύνολο των καιρικών και μετεωρολογικών φαινομένων και συνθηκών, που προκύπτουν από μακροχρόνιες παρατηρήσεις. Τα τελευταία χρόνια αυτό έχει τη τάση να αλλάζει. Η αλλαγή αυτή επηρεάζει αρνητικά, όλες τις περιοχές του κόσμου. Τα ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως οι έντονες βροχοπτώσεις, οι πλημμύρες από την μία μεριά και η ραγδαία αύξηση της θερμοκρασίας, το λιώσιμο των πάγων, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, η έλλειψη βροχοπτώσεων για μεγάλη περίοδο, οι έντονες και

μακροχρόνιες ξηρασίες από την άλλη , είναι μερικές από τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής .

Η ξηρασία εκτός από συνέπια της κλιματικής αλλαγής είναι ένα πολύπλοκο φαινόμενο , αφού εξαρτάται και από άλλους παράγοντες . Με τον όρο ξηρασία , εννοείτε η έλλειψη των υδάτινων πόρων μιας περιοχής . Όλο και περισσότερες περιοχές υποφέρουν από ξηρασία . Οι διεργασίες του ανθρώπου , όπως οι εκπομπές των αερίων των θερμοκηπίων , αποτελούν τον κύριο παράγοντα της . Τέτοια αέρια είναι οι υδρατμοί (H_2O) , το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) , το μεθάνιο (CH_4) , το οξείδιο του αζώτου (N_2O) , και το όζον (O_3) και έχουν ως αποτελέσματα την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη . Ο συνδυασμός της αύξησης της θερμοκρασίας και της έλλειψης υετού και χιονοπτώσεων συνεπάγεται με την άμεση εμφάνιση του φαινομένου της ξηρασίας σε μια περιοχή .

1.2 Τύποι ξηρασίας

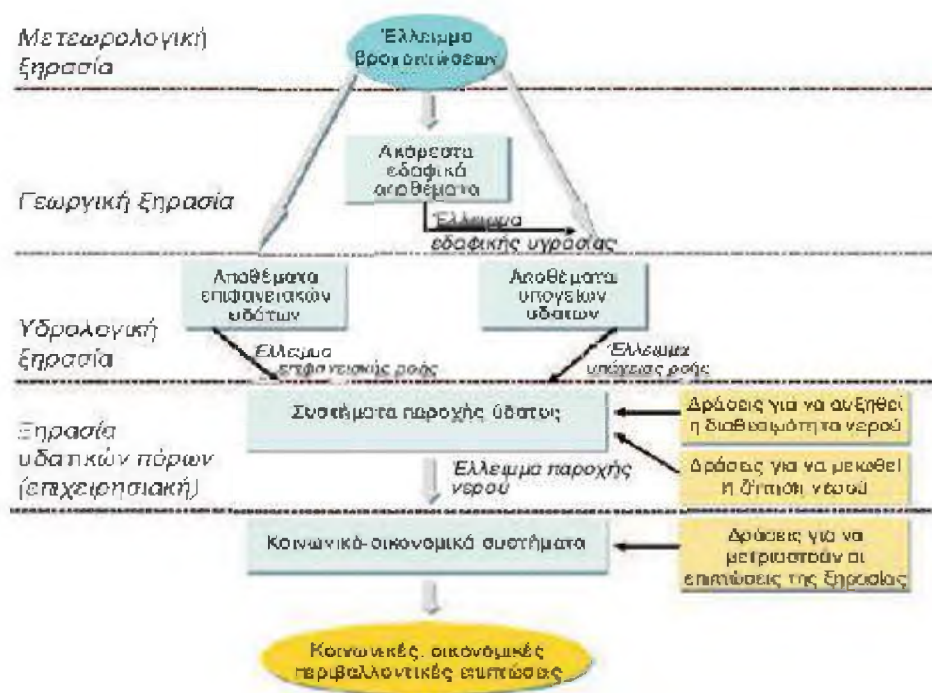
Τέσσερις είναι οι τύποι στους οποίους διακρίνεται η ξηρασία , οι οποίοι είναι η μετεωρολογική, η υδρολογική , η γεωργική και η κοινωνικοοικονομική ξηρασία .(Wilhite and Glantz 1985) . Η **μετεωρολογική υγρασία** αφορά τις τιμές των βροχοπτώσεων . Στην ουσία γίνεται σύγκριση μεταξύ των τιμών ή των μέσων τιμών μιας περιοχής . Η **γεωργική ξηρασία** αποτελεί τον σύνδεσμο της μετεωρολογικής ξηρασίας με τις επιπτώσεις της στη γεωργία , δίνοντας έμφαση στην έλλειψη βροχόπτωσης , στο εδαφικό νερό , στη διαφορά μεταξύ της δυνητικής και της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής κ.α. . Η **υδρολογική ξηρασία** έχει να κάνει με τις επιπτώσεις της έλλειψης υετού σε ένα υδρολογικό σύστημα . Σύμφωνα με τον Whipple (1966) ένα έτος ορίζεται υδρολογικά ξηρό , στη περίπτωση που , η απορροή σε μια λεκάνη απορροής είναι κάτω από κάποιο όριο , το οποίο είναι ξεχωριστό για κάθε λεκάνη απορροής και για κάθε υδατικό μέσο . Οι τρεις αυτές κατηγορίες αποτελούν τις περιβαλλοντικές ξηρασίες και έχουν επιπτώσεις στην οικονομία στη κοινωνία και στο περιβάλλον .



Εικόνα 1 : Περιβαλλοντικές ξηρασίες και επιπτώσεις

Πηγή : <https://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/14956?lang=el#page/14/mode/2up>

Από την άλλη η **κοινωνικοοικονομική ξηρασία** έχει να κάνει με τα αποθέματα και τις απαιτήσεις ορισμένων οικονομικών αγαθών ή υπηρεσιών σε συνδυασμό με τα παραπάνω είδη ξηρασίας . Υπάρχει περίπτωση να προκληθεί από πολιτικές διαδικασίες , δηλαδή από διαφωνίες κρατών ή κοινωνικών ομάδων , για την εκμετάλλευση του νερού ή με τη μετανάστευση πληθυσμού σε περιοχές χωρίς νερό (Iglesias et al. , 2007) .



Εικόνα 2 : Σύνδεση μεταξύ τύπων ξηρασίας

Πηγή : Ε.Ε , MEDAWater , MEDROPLAN , 2006 .

1.3 Χαρακτηριστικά ξηρασίας

Η ένταση , η διάρκεια και η χωρική κατανομή αποτελούν τα τρία βασικά χαρακτηριστικά που μπορούν να περιγράψουν τη ξηρασία . Αρχικά , η ένταση περιγράφει τη μείωση των βροχοπτώσεων και τις επιπτώσεις της μείωσης της . Καθορίζεται από τους κλιματολογικούς δείκτες ξηρασίας , οι οποίοι υπολογίζονται , από τα δεδομένα βροχοπτώσεων για κάθε περιοχή . Στη συνέχεια , η διάρκεια της ξηρασίας διακρίνεται σε α) μόνιμη ξηρασία β)περιοδική ή εποχική ξηρασία και γ) τυχαία ξηρασία (Μαχαίρας 1992) . Η δημιουργία ερήμων οφείλεται κυρίως στη μόνιμη ξηρασία . Συνήθως δημιουργείται λόγω τριών παραγόντων . 1) Ο υποτροπικός αντικυκλώνας που εμφανίζεται στην επιφάνεια και στο χαμηλότερο στρώμα της ανώτερης ατμόσφαιρας και λόγω των καθοδικών κινήσεων ξεραίνεται η ατμόσφαιρα (Ερημοί Καλιφόρνιας και Χιλής) . 2) Η ηπειρωτικότητα η οποία στερεί την υγρασία από τις αέριες μάζες (Λόγω 1 και 2 , έρημος Σαχάρα) . 3) Εξαιτίας των πολύ χαμηλών θερμοκρασιών δεν υπάρχουν αρκετοί υδρατμοί (Έρημοι κεντρικής Ασίας). Η περιοδική οφείλεται στους ετήσιους υποτροπικούς αντικυκλώνες . Τα αίτια εμφάνισης της τυχαίας ξηρασίας δεν είναι γνωστά . Τέλος , η χωρική κατανομή ,

κατά την οποία περιοχές που πλήττουν από έντονες ξηρασίας μεγαλώνουν με τη πάροδο του χρόνου .

1.4 Δείκτες ξηρασίας

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η ξηρασία αποτελεί ένα πολύπλοκο και περίπλοκο φαινόμενο και δύσκολα μπορεί να γίνει αντιληπτή άμεσα . Για την περιγραφή , τον προσδιορισμό και την εκτίμηση της έχουν αναπτυχθεί αρκετές μεθοδολογίες , με τις δύο βασικότερες να είναι (Tsakiris and Pangalou , 2009) : α) Εμπειρικές μεθοδολογίες : μεθοδολογίες βασισμένες στις ενδείξεις των συνεπειών της ξηρασίας β) Μαθηματικές μεθοδολογίες : μεθοδολογίες βασισμένες σε δείκτες ξηρασίας και στον συνδυασμό τους . Η πρώτη κατηγορία δεν είναι κατάλληλη για την πρόβλεψη μιας ξηρασίας , αφού έχει να κάνει με ιστορικές αναλύσεις από ξηρασίες που έχουν ήδη συμβεί και όχι με την παρακολούθηση επεισοδίων ξηρασίας που γίνονται αυτή τη στιγμή . Η δεύτερη κατηγορία έχει να κάνει με μαθηματικούς υπολογισμούς των δεικτών ξηρασίας , στην όποια , αν τα δεδομένα εισαγωγής είναι αξιόπιστα και σε συνδυασμό με σωστούς υπολογισμούς , αποτελεί κατάλληλη μέθοδο πρόβλεψης . Στη συγκεκριμένη διατριβή θα γίνει η μελέτη και η ανάλυση τέτοιων δεικτών ξηρασίας

Από τον 20^ο αιώνα μέχρι σήμερα , έχει αναπτυχθεί ένα τεράστιο φάσμα δεικτών , γεγονός που οφείλεται στα διαφορετικά είδη ξηρασίας που υπάρχουν , στις αλλαγές της τοπογραφίας και του κλίματος και στις διαφορετικές φυσικές διεργασίες κάθε περιοχής . Οι δείκτες ξηρασίας αποτελούν σημαντικό παράγοντα στην αναγνώριση και στη παρακολούθηση της ξηρασίας στο χωροχρόνο . Σε αυτούς τους δείκτες ξηρασίας είναι βασισμένα τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης ξηρασίας (Svoboda et al. , 2002) . Ανάλογα με το είδος της ξηρασίας , οι δείκτες μπορούν να χωριστούν σε μετεωρολογικούς , υδρολογικούς , γεωργικούς και κοινωνικοοικονομικούς .

Οι δείκτες για το χαρακτηρισμό της ξηρασίας πρέπει να είναι σύμφωνοι με τις ακόλουθες απαιτήσεις:

- ❖ να μπορούν να υπολογιστούν από διαθέσιμα δεδομένα από πραγματικά συστήματα συλλογής δεδομένων ,
- ❖ να έχουν άμεση σχέση με τρωτά κοινωνικά , οικονομικά και περιβαλλοντικά συστήματα , και
- ❖ να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για προβλέψεις και συστήματα έγκαιρης καταγραφής. (Iglesias et al. , 2007) .

Για τον υπολογισμό των διάφορων δεικτών ξηρασίας , χρησιμοποιούνται ως δεδομένα τα ύψη βροχοπτώσεων , τα πάχη του στρώματος του χιονιού , τα

αποθέματα του νερού στο έδαφος , οι τιμές των θερμοκρασιών , τιμές της εξατμισοδιαπνοής , καθώς και τιμές άλλων παραμέτρων . Κάποιοι δείκτες εκτός από μετεωρολογικούς και υδρολογικούς παραμέτρους , λαμβάνουν υπόψη και τις χρήσεις του νερού στη λεκάνη απορροής όπως για παράδειγμα την άρδευση . Σύμφωνα με τους Oladipo, 1985 , Guttman, 1998 , Keyantash και Dracup, 2002 η βροχόπτωση θεωρείται πως είναι η βασικότερη παράμετρος . Οι κυριότεροι δείκτες ξηρασίας είναι οι μετεωρολογικοί και βασίζονται σε χρονοσειρές βροχοπτώσεων . Οι υπόλοιποι δείκτες περιγράφουν την υδρολογική ή τη γεωργική ξηρασία ή την έλλειψη νερού στα αστικά συστήματα . Επιπλέον οι δείκτες αυτοί αποτελούν καθαρούς αριθμούς .

Με τη σωστή χρήση και εξήγηση των δεικτών ξηρασίας μπορούν να προσδιοριστούν τα ξεχωριστά είδη ξηρασίας για κάθε επεισόδιο , ενώ με τη διερεύνηση των αποτελεσμάτων των δεικτών , κατά τη πάροδο του χρόνου , μπορεί να προσδιοριστεί το ενδεχόμενο να εμφανιστούν ξανά επεισόδια ξηρασίας . Από την άλλη , με την κακή χρήση και με τη λανθασμένη ενσωμάτωση των περιορισμών των δεικτών μπορεί να γίνει μη σωστή ερμηνεία των αποτελεσμάτων .

Κάποιοι από τους δείκτες ξηρασίας που χρησιμοποιούνται αναφορικά είναι :

- Μετεωρολογικοί δείκτες :
 - Palmer Drought Severity Index (PSDI) (Palmer , 1965)
 - Δείκτης ξηρασίας Bhalme – Mooley (BMDI) (Bhalme – Mooley , 1980)
 - Δείκτης ανωμαλιών βροχόπτωσης , Rainfall Anomaly Index (RAI) (Van Rooy , 1965)
 - Δείκτης ξηρασίας Standard Precipitation Index (SPI) (McKee et al. , 1993 , 1995)
 - Δείκτης ξηρασίας Reconnaissance Drought Index (RDI)
 - Δείκτης ξηρασίας Standard Precipitation Evaporation Index (SPEI) (Vicente – Serrano et al. , 2010)
- Γεωργικοί δείκτες :
 - Δείκτης υγρασίας καλλιέργειας Crop Moisture Index (CMI) (Palmer , 1968)
 - Δείκτης ανωμαλιών υγρασίας του Palmer , Palmer Moisture Anomaly Z – Index
 - Δείκτης εδαφικής ξηρασίας , Soil Moisture Anomaly Index (SMAI)
 - Ακολουθίες ξηρών ημερών (Hershfield et al. , 1972)
 - Μέθοδος Ανερίξεων του Markov
 - Δείκτης κανονικοποιημένης διαφοράς βλάστησης , Normalized Difference Vegetation Index NDVI
- Υδρολογικοί δείκτες :

- Ολικό υδατικό έλλειμα
 - Αθροιστική Απορροή
 - Z – Score απορροών
 - Δείκτης υδρολογικής δριμύτητας ξηρασίας Palmer (PHDI)
 - Δείκτης επιφανειακού διαθέσιμου νερού , Surface Water Supply Index (SWSI) (Shafer and Dezman , 1982)
 - Δείκτης ξηρασίας υδρολογικών μοντέλων
- Δείκτες ξηρασίας υδάτινων συστημάτων :

Για περισσότερες πληροφορίες : Βασιλειάδης , Λάμπρος (2010 , Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας), Χωροχρονική ανάλυση, προσομοίωση και πρόγνωση ξηρασίας στην υδρολογική λεκάνη Πηνειού ποταμού Θεσσαλίας

Δείκτης ξηρασίας	Δεδομένα	Κατηγορία χρήσης
Deciles	Βροχοπτώσεις	Μετεωρολογικός
Standardised Precipitation Index (SPI)	Βροχοπτώσεις	Μετεωρολογικός, χρησιμοποιείται για παρακολούθηση και πρόγνωση
Rainfall Anomaly Index (RAI)	Βροχοπτώσεις	Μετεωρολογικός, ευαίσθητος σε ακραία γεγονότα
Standardized Precipitation Evaporation Drought Index (SPEI)	Βροχοπτώσεις, δυνητική εξατμισοδιαπνοή	Μετεωρολογικός
Reconnaissance Drought Index (RDI)	Βροχοπτώσεις, δυνητική εξατμισοδιαπνοή	Μετεωρολογικός
Rain Analysis (Χωρική ανάλυση χρονοσειρών)	Βροχοπτώσεις, παροχή υδατορευμάτων	Μετεωρολογικός και υδρολογικός, για χωροχρονική ανάλυση ιστορικών γεγονότων
Palmer Drought Severity Index (PDSI)	Βροχοπτώσεις, θερμοκρασία, συνθήκες εδαφικής υγρασίας	Μετεωρολογικός, αποτελεσματικός στη γεωργία, χρησιμοποιείται για ιστορικές αναλύσεις και εκτίμηση επικινδυνότητας
Palmer Hydrological Drought Severity Index (PHDI)	Βροχοπτώσεις, θερμοκρασία, συνθήκες εδαφικής υγρασίας	Υδρολογικός, αποτελεσματικός στην παρακολούθηση ξηρασίας
Palmer Moisture Anomaly Index (Z-Index)	Βροχοπτώσεις, θερμοκρασία, συνθήκες εδαφικής υγρασίας	Γεωργικός
Surface Water Supply Index (SWSI)	Χιονοπτώσεις, βροχοπτώσεις, παροχή υδατορευμάτων, υδατικά αποθέματα	Υδρολογικός, αποτελεσματικός όταν υπάρχει σημαντική ποσότητα χιονισού
Crop Moisture Index (CMI)	Βροχοπτώσεις, θερμοκρασία, συνθήκες εδαφικής υγρασίας	Γεωργικός
Soil Moisture Anomaly Index (SMAI)	Συνθήκες εδαφικής υγρασίας, δυνητική εξατμισοδιαπνοή, δυνητική απορροή	Υδρο-γεωργικός
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	Δορυφορικές εικόνες	Φυτικών πόρων, γεωργικός

Εικόνα 3 : Δείκτες ξηρασίας και κατηγορίες από Iglesias et al. , 2007

Δεν υπάρχει δείκτης ο οποίος είναι καλύτερος από όλους . Αντιθέτως για τα πιο αξιόπιστα αποτελέσματα θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ο κατάλληλος δείκτης ή και ο

κατάλληλος συνδυασμών δεικτών , για την περιοχή. Για παράδειγμα ο δείκτης Palmer δημιουργήθηκε για περιοχές με ομαλό ανάγλυφο στις ΗΠΑ για την εμφάνιση της ξηρασίας . Όταν το ανάγλυφο δεν είναι ομαλό και το κλίμα της περιοχής είναι σύνθετο , τότε χρησιμοποιείτε ο Palmer σε συνδυασμό με άλλους δείκτες , όπως ο δείκτης επιφανειακού διαθέσιμου νερού , Surface Water Supply Index (SWSI) , ο οποίος βασίζεται και σε παραμέτρους της τοπογραφίας κάθε περιοχής . Οι πιο διαδομένοι δείκτες τα τελευταία χρόνια είναι ο SPI και SPEI οι οποίοι θα αναλυθούν στη παρούσα διατριβή για συγκεκριμένες περιοχές της Θεσσαλίας .

1.5 Δείκτης ξηρασίας Standard Precipitation Index (SPI)

Για τον ορισμό , την καταγραφή και τη πρόβλεψη της ξηρασίας , οι McKee et al. το 1993, από το Colorado State University , δημιούργησαν το δείκτη ξηρασίας **SPI** . Θεωρείτε ο πιο διαδομένος δείκτης , αφού ερευνητικά κέντρα όπως το National Drought Mitigation Center (NDMC) και Western Regional Climate Center (WRCC) εφαρμόζουν αυτό το δείκτη για τη αποτύπωση και πρόβλεψη της ξηρασίας . Ο συγκεκριμένος δείκτης έχει τη δυνατότητα να εντοπίσει ένα σπάνιο φαινόμενο ξηρασίας ή αντιθέτως ένα εξαιρετικά υγρό φαινόμενο για οποιαδήποτε χρονική στιγμή και οποιαδήποτε περιοχή . Επίσης έχει την ιδιότητα να αναπτυχθεί σε πολλές χρονικές κλίμακες . Τα δεδομένα εισαγωγής για τον υπολογισμό του είναι οι μηνιαίες τιμές της βροχόπτωσης για τη περιοχή που γίνεται η μελέτη . Όσο μεγαλύτερο είναι το χρονικό διάστημα μελέτης τόσο πιο έγκυρα είναι τα αποτελέσματα .

Ο υπολογισμός του SPI βασίζεται στις μηνιαίες βροχοπτώσεις . Υπολογίζεται από τη διαφορά των τιμών των βροχοπτώσεων με τη μέση τιμή για συγκεκριμένη χρονικό διάστημα και διαιρείτε με τη τυπική απόκλιση . Η βροχόπτωση όμως δεν έχει κανονική κατανομή . Για αυτό το λόγο γίνεται όμως μία μαθηματική αλλαγή , έτσι ώστε να επιτρέπεται στον SPI να έχει κανονική κατανομή . Τα δεδομένα προσαρμόζονται σε μια κατανομή πιθανοτήτων Probability Density Function PDF και αυτή μετατρέπεται σε μια κανονικοποιημένη παράμετρο z , η οποία αποτελεί τη τιμή του SPI . Άρα, για μια συγκεκριμένη περιοχή και για μια χρονική περίοδο η μέση τιμή του έχει τιμή 0 και η τυπική του απόκλιση έχει τιμή 1 . Περισσότερο θα αναλυθεί στη συνέχεια . Οι θετικές τιμές υποδεικνύουν βροχοπτώσεις πάνω από το 50% των παρακολουθήσεων , ενώ οι αρνητικές τιμές υποδεικνύουν βροχοπτώσεις κάτω των 50 % των παρακολουθήσεων . Με αυτή τη κανονικοποίηση του SPI , τα πιο υγρά και τα πιο ξερά επεισόδια μπορούν να παρουσιαστούν με την ίδια μέθοδο .

Οι συνηθισμένες και αποτελεσματικές χρονικές κλίμακες που υπολογίζετε ο SPI σύμφωνα με McKee et al. (1993) είναι συνήθως για : 1μήνα – 3μήνες – 6μήνες – 9μήνες – 12 μήνες ακόμη και 48μήνες . Για να είναι έγκυρα τα αποτελέσματα οι

υπολογισμοί πρέπει να γίνουν τουλάχιστον για 30 χρόνια . Οι διακυμάνσεις της βροχόπτωσης για μικρό χρονικό διάστημα , συνήθως μέχρι δμήνες αφορούν την εδαφική υγρασία , ενώ για μεγάλο χρονικό διάστημα συνήθως μεγαλύτερο των 12 μηνών αφορά τα υπόγεια και επιφανειακά νερά που απασχολούν τη διαχείριση των υδάτινων πόρων και ανταποκρίνονται σε συνθήκες πολλών χρόνων . Πιο , οι μικρές χρονικές κλίμακες αφορούν τη γεωργική και τη μετεωρολογική ξηρασία, ενώ οι μεγαλύτερες αφορούν την υδρολογική ξηρασία (Heim, 2002) . Ο SPI 3- ή 6-μηνών αποδείχθηκε ότι σχετίζεται με την εδαφική υγρασία (Sims et al., 2002; Ji and Peters, 2003) , που καθορίζει τη βλάστηση και τη γεωργία , άρα , με αυτούς τους δείκτες γίνεται έλεγχος στη γεωργική και στη μετεωρολογική ξηρασία (McKee et al., 1993; Hayes et al., 1999) . Αντιθέτως , ο SPI 12-μηνών έχει σχέση με τους υδάτινους πόρους όπως οι ταμιευτήρες , τα ποτάμια και τα υπόγεια νερά . Άρα με αυτόν γίνεται έλεγχος στην υδρολογική ξηρασία (Szalai et al., 2000; Hayes et al., 1999) .

Άλλο ένα χαρακτηριστικό είναι τα κριτήρια ενός επεισοδίου ξηρασίας για οποιαδήποτε χρονική κλίμακα . Δηλαδή ένα επεισόδιο ξηρασίας ξεκινάει όταν δείκτης SPI παίρνει αρνητική τιμή και γίνεται πιο έντονο , όταν παίρνει τιμές μικρότερες ή ίσες του -1,5 . Τελικά το επεισόδιο τερματίζεται όταν η τιμή του δείκτη γίνει θετική . Η διάρκεια κάθε επεισοδίου καθορίζεται από μια αρχή , ένα τέλος και μια ένταση για κάθε μήνα που το επεισόδιο συνεχίζεται . Για τα συμπεράσματα του δείκτη έχει αναπτυχθεί ένας πίνακας που έχει υποστεί αρκετές επεξεργασίες .

Τιμές SPI	Κατηγορία Επεισοδίου	Πιθανότητα %
$SPI \geq +2.00$	Εξαιρετικά υγρή περίοδος	2.3
$1.50 \leq SPI \leq 1.99$	Πολύ υγρή περίοδος	4.4
$1.00 \leq SPI \leq 1.49$	Υγρή περίοδος	9.2
$0.00 \leq SPI \leq 0.99$	Κανονικές Βροχοπτώσεις	34.1
$-0.99 \leq SPI \leq 0$	Κανονικές Βροχοπτώσεις	34.1
$-1.49 \leq SPI \leq -1.00$	Ξηρασία	9.2
$-1.99 \leq SPI \leq -1.5$	Σημαντική Ξηρασία	4.4
$SPI \leq -2.00$	Εξαιρετική Ξηρασία	2.3

Πίνακας 1 : Κατηγοριοποίηση επεισοδίου σύμφωνα με δείκτη SPI

Πηγή: Κωτσοβίνος και Αγγελίδης

Σε ένα επεισόδιο ξηρασίας το συσσωρευμένο απόθεμα υπολογίζεται ως το άθροισμα των δεικτών ξηρασίας . Οι McKee et al. το 1993 όρισαν το μέγεθος DM (Drought

Magnitude) . Το μέγεθος αυτό μετριέται σε μήνες . Όταν ο SPI κάθε μήνα είναι ίσος με -1 , τότε το DM είναι ίσο με τη διάρκεια της ξηρασίας .

$$DM = - \left(\sum_{j=1}^x SPI_{ij} \right)$$

Όπου :

- DM : Μέγεθος ξηρασίας σε μήνες
- j : SPI του πρώτου μήνα
- x : SPI του τελευταίου μήνα
- i : Το χρονικό διάστημα εξέτασης της ξηρασίας

1.6 Δείκτης ξηρασίας Standard Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI)

Οι Vicente – Serrano et al. το 2010 ανέπτυξαν το δείκτη SPEI ο οποίος είναι παρόμοιος με τον δείκτη RDI . Ο υπολογισμός του είναι παρόμοιος με τον SPI και είναι απλός . Τα δεδομένα εισαγωγής του αποτελούνται από το μηνιαίο υδατικό ισοζύγιο , δηλαδή από τη διαφορά της μηνιαίας μέσης βροχόπτωσης με τη μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή (ET) , για τη περιοχή που γίνεται η μελέτη . Επομένως με τη ET εισάγεται και ο θερμοκρασιακός παράγοντας στον υπολογισμό του . Η ET υπολογίζεται χρησιμοποιώντας οποιοδήποτε αποδεκτή επιστημονική μέθοδο . Σύμφωνα με τους Vicente – Serrano et al. , για τον υπολογισμό της ET , η μέθοδος του Thornthwaite αποτελεί εύκολη μέθοδο , επειδή χρειάζεται μόνο μηνιαία δεδομένα θερμοκρασίας . Οι τιμές της βροχόπτωσης και της ET υπολογίζονται σε χρονοσειρές αθροιστικά όπως στον δείκτη SPI . Στη συνέχεια προσαρμόζονται σε μια κατανομή τριών παραμέτρων τη log-logistic distribution η οποία είναι ικανή να υπολογίσει και αρνητικές τιμές . Στη συνέχεια θα αναλυθεί περισσότερο . Τελικά ο SPEI αποδείχτηκε ο κατάλληλος για περιπτώσεις αγροτικής ξηρασίας , αφού είναι ικανός να καταγράψει το έλλειμμα βροχοπτώσεων σε μια περιοχή και να αναγνωρίσει τις συνέπειες της ξηρασίας στη βλάστηση , αποκαλύπτοντας τη περιορισμένη διαθεσιμότητα νερού του εδάφους για τα φυτά (Vicente – Serrano et al. , 2010) .

Ο χαρακτηρισμός των επεισοδίων ξηρασίας είναι παρόμοιος με τον SPI

Τιμές του δείκτη SPEI	Χαρακτηρισμός περιόδου
> +2.0	Εξαιρετικά υγρή περίοδος (Extremely wet)
1.5 έως 1.99	Πολύ υγρή περίοδος (Very wet)
1.0 έως 1.49	Υγρή περίοδος (Moderate wet)
-0.99 έως 0.99	Κανονική (Near normal)
-1.49 έως -1.0	Μέτρια ξηρασία (Moderate dry)
-1.99 έως -1.5	Σημαντική ξηρασία (Severely dry)
<-2.0	Εξαιρετική ξηρασία (Extremely dry)

Πίνακας 2 : Κατηγοριοποίηση επεισοδίου σύμφωνα με δείκτη SPEI

1.7 Περιοχή μελέτης

Η περιοχή μελέτης της συγκεκριμένης διατριβής είναι το γεωγραφικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας . Βρίσκεται στη κεντρική Ελλάδα και έχει έκταση 14.036 χλμ² . Στο κέντρο της βρίσκεται η μεγάλη θεσσαλική πεδιάδα και είναι περικυκλωμένη από βουνά . Τα βουνά αυτά αποτελούν και τα φυσικά σύνορα με τα γύρω γεωγραφικά διαμερίσματα . Ο Όλυμπος με υψόμετρο πάνω από 2.800m αποτελεί το βόρειο σύνορο της Θεσσαλίας με της Μακεδονίας . Στη δύση βρίσκονται τα Αθαμανικά όρη (Τζουμέρκα) , που αποτελούν το νότιο μέρος της οροσειράς της Πίνδου και συνορεύουν με την Ήπειρο . Στην ανατολή βρίσκονται ο Κίσαβος και το Πήλιο , ενώ στο νότο το όρος Όθρυς .

Το κλίμα της περιοχής μελέτης διαφέρει από περιοχή σε περιοχή . Διακρίνεται σε δυο κατηγορίες . Για παράδειγμα στις παραθαλάσσιες ανατολικές περιοχές το κλίμα είναι μεσογειακό και χαρακτηρίζεται από ζεστά και ξηρά καλοκαίρια και από υγρούς και κρύους χειμώνες . Οι δυτικές περιοχές έχουν ορεινό κλίμα , το οποίο χαρακτηρίζεται από μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ της χειμωνιάτικης και της καλοκαιρινής περιόδου . Η μέση θερμοκρασία κάθε χρόνου κυμαίνεται από 16-17 °C . Το θερμοκρασιακό εύρος κάθε χρόνου είναι πάνω από 22 °C . Ο Ιούλιος και Αύγουστος αποτελούν τους πιο θερμούς μήνες ενώ , ο Φεβρουάριος , Δεκέμβριος και Ιανουάριος είναι οι πιο ψυχροί μήνες . Την περίοδο Νοεμβρίου – Απριλίου εμφανίζονται συχνά και παγωνιές . Συνήθως στα ορεινά , εμφανίζονται και χιονοπτώσεις και εντείνονται από το νότο προς τα βορά και από τη ανατολή προς τη

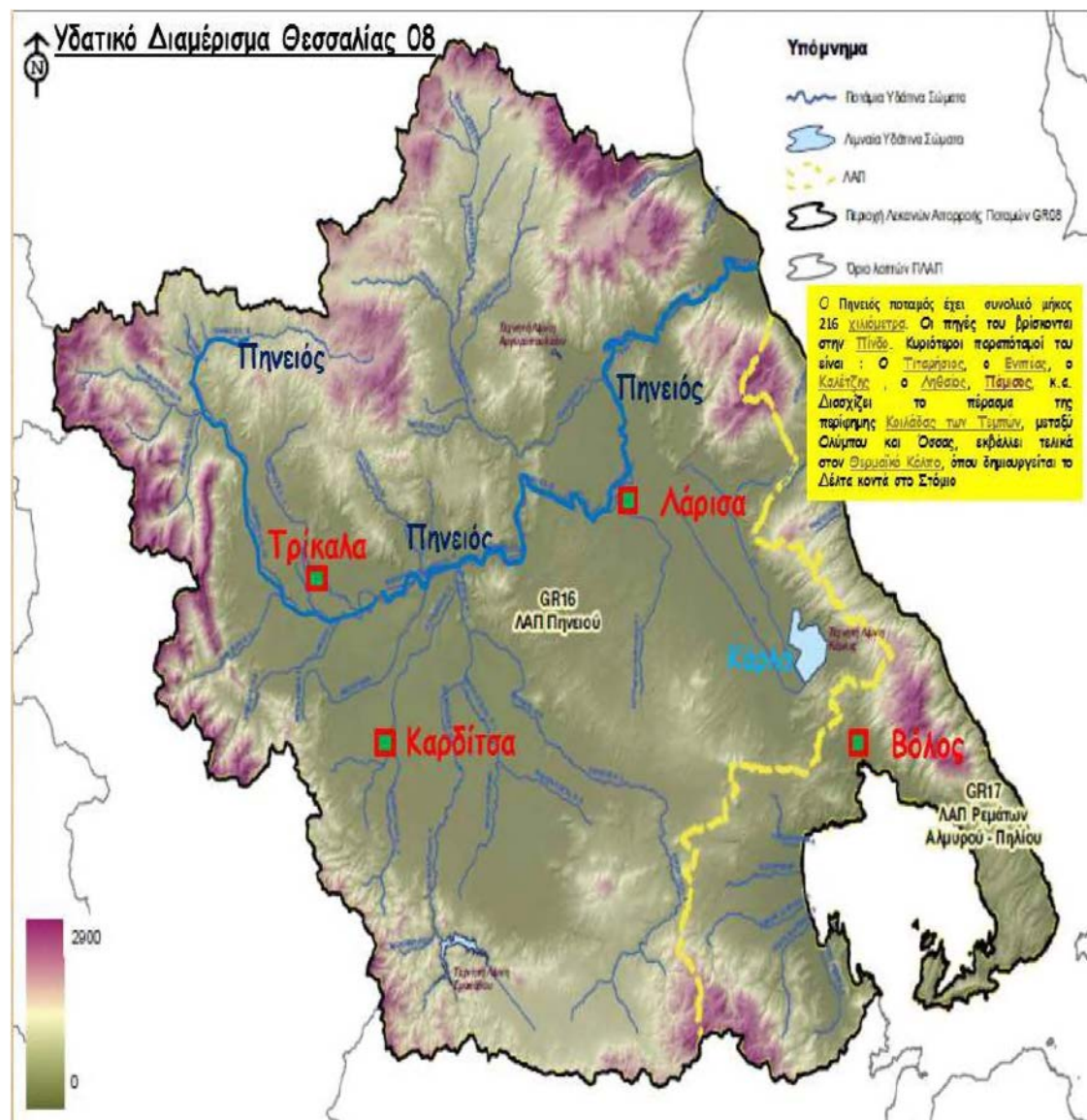
δύση και είναι εμφανής τον Ιανουάριο και τον Φεβρουάριο . Οι μήνες από Οκτώβριο – Ιανουάριο είναι οι πιο βροχεροί , ενώ ο Ιούλιος και Αύγουστος είναι οι πιο ξηροί .

Χαρακτηριστικό της Θεσσαλίας είναι ο κάμπος της . Οι πιο συχνές καλλιέργειες είναι ο αραβόσιτος , το βαμβάκι , η μηδική , τα δέντρα , τα κηπευτικά , τα αμπέλια και σιτηρά . Η ζήτηση στην άρδευση είναι τεράστια και δεν καλύπτεται από τους υδάτινους πόρους . Οι βασικοί υδατικοί πόροι είναι ο ποταμός Πηνειός και οι υπόγειοι υδροφορείς της ανατολικής και δυτικής Θεσσαλίας . Ο Πηνειός αποτελεί τη κύρια υδρολογική λεκάνη στο διαμέρισμα .

Λεκάνη	Έκταση (km ²)
Πηνειού (εκβολές)	9 500
Κλειστή λεκάνη Κάρλας	1 050
Υπόλοιπες λεκάνες	2 827
Σύνολο	13 377

Πίνακας 3 : Υδρολογικές λεκάνες Θεσσαλίας

Πηγή : ΥΠΕΧΩΔΕ



Εικόνα 2 : Υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας

Πηγή : ΥΠΕΚΑ , 2015

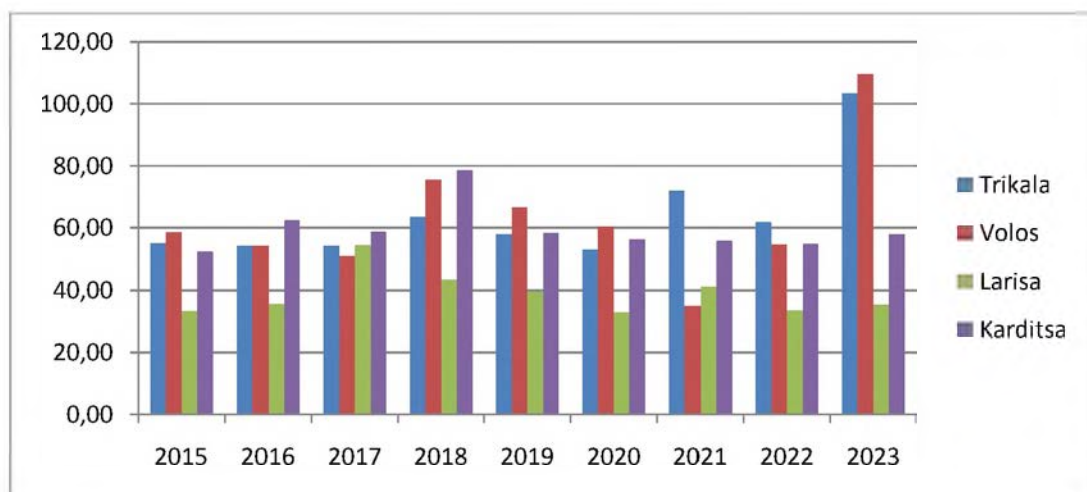
1.8 Δεδομένα

Στη συγκεκριμένη μελέτη , για τον υπολογισμό του SPI χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα μηνιαίων βροχοπτώσεων . Για τον SPEI χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια δεδομένα μηνιαίων βροχοπτώσεων σε συνδυασμό με δεδομένα της μηνιαίας μέσης θερμοκρασίας κάθε πόλης . Τα δεδομένα συγκεντρώθηκαν από το METEODATA επεξεργάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν σε μορφή excel .

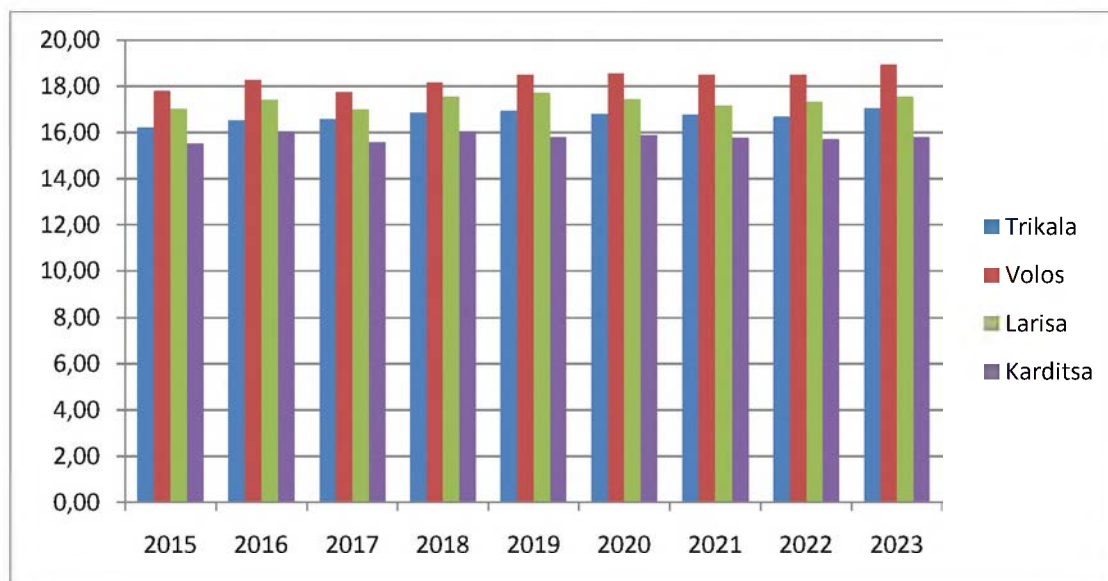
ΣΤΑΘΜΟ Σ	ΥΨΟΜΕΤΡ Ο (m)	Γ.Μ (X)	Γ.Π. (Y)	ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΥΠΗΡΕΣΙΑ
ΤΡΙΚΑΛΑ	163	21deg 45min 47sec	39deg 33min 29sec	01/2015 ως 01/2023	METEODAT A
ΒΟΛΟΣ	52	23deg 00min	39deg 24min	01/2015 ως 01/2023	METEODAT A
ΛΑΡΙΣΑ	82	22deg 23min 55sec	39deg 37min 39sec	01/2015 ως 01/2023	METEODAT A
ΚΑΡΔΙΤΣ Α	91	21deg 54min	39deg 24min	01/2015 ως 01/2023	METEODAT A

Πίνακας 4 : Μετεωρολογικοί σταθμοί

Οι περιοχές που μελετήθηκαν είναι οι πόλεις της Θεσσαλίας , συγκεκριμένα τα Τρίκαλα , ο Βόλος , η Λάρισα και η Καρδίτσα . Οι μετεωρολογικοί σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν ,όπως φαίνονται στο παραπάνω Πίνακα 1 είναι βρίσκονται στο κέντρο κάθε πόλης . Η μελέτη έγινε για χρονική περίοδο 9 ετών , από το 2015 – 2023. Σε αυτό το διάστημα εμφανίστηκαν και οι δύο μεγάλες πλημμύρες της Θεσσαλίας , Ιανός και Ντάνιελ . Το χρονικό διάστημα αναλύθηκε σε χρονοσειρές του 1μήνα , 3μήνων ,6μήνων , 9μηνων και 12μήνων . Σύμφωνα με τα δεδομένα προκύπτουν τα παρακάτω γραφήματα που περιγράφουν τις μέσες βροχοπτώσεις και τις μέσες θερμοκρασίες από της περιοχές μελέτης .



Γράφημα 1 : Μέση βροχόπτωση



Γράφημα 2 : Μέση θερμοκρασία

Η μέγιστη τιμή της μέσης βροχόπτωσης σύμφωνα με το γράφημα 1 παρατηρείτε το 2023 για τη πόλη του Βόλου με τιμή 109,65 mm , ενώ η μικρότερη το 2022 για τη πόλη της Λάρισας με τιμή 32,99 mm .

Η μέγιστη τιμή της μέσης θερμοκρασίας σύμφωνα με το γράφημα 2 παρατηρείτε το 2023 για τη πόλη του Βόλου με 18,94°C , ενώ η μικρότερη το 2015 για τη πόλη της Καρδίτσας με μέση τιμή 15,51

2. Μεθοδολογία

2.1 Υπολογισμός δείκτη ξηρασίας Standard Precipitation Index (SPI)

Ο υπολογισμός του δείκτη SPI είναι βασισμένος στα δεδομένα βροχόπτωσης συγκεκριμένης χρονικής περιόδου για οποιαδήποτε περιοχή . Τα μηνιαία δεδομένα βροχόπτωσης υπολογίστηκαν μέσω Excel για χρονικές περιόδους 1μήνα , 3μηνών ,

6μηνών , 9μηνών και 12μηνών και για τις τέσσερις περιοχές . Για παράδειγμα η συσσώρευση των βροχοπτώσεων για χρονική περίοδο 12 μηνών υπολογίστηκε από :

- Για $j < k$:

$$P_{i,j}^k = \sum_{l=13-k+j}^{12} P_{i-1+j} + \sum_{l=1}^j P_{i,l} \quad (1)$$

- Για $j \geq k$

$$P_{i,j}^k = \sum_{l=j-k+1}^j P_{i,l} \quad (2)$$

Όπου : $P_{i,j}^k$ η τιμή της βροχόπτωσης το μήνα j , το έτος i , το χρονικό διάστημα k σε mm

$P_{i,l}$ το πρώτο μήνα από το χρόνο i σε mm

Τα δεδομένα των βροχοπτώσεων ακολουθούν Γάμμα κατανομή όπως αποδείχθηκε από τον Thom το 1958 . Η Γάμμα κατανομή αποτελεί μία από τις πιο διαδομένες κατανομές η οποία χρησιμοποιείται στην υδρολογία . Χαρακτηρίζεται ως θετικά ασύμμετρη και ισχύει μόνο για θετικές τιμές . Το κλάσμα της πιθανότητας προκύπτει από τη σχέση :

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (3)$$

για $x > 0$

Όπου : α , η παράμετρος της μορφής της καμπύλης $\alpha > 0$

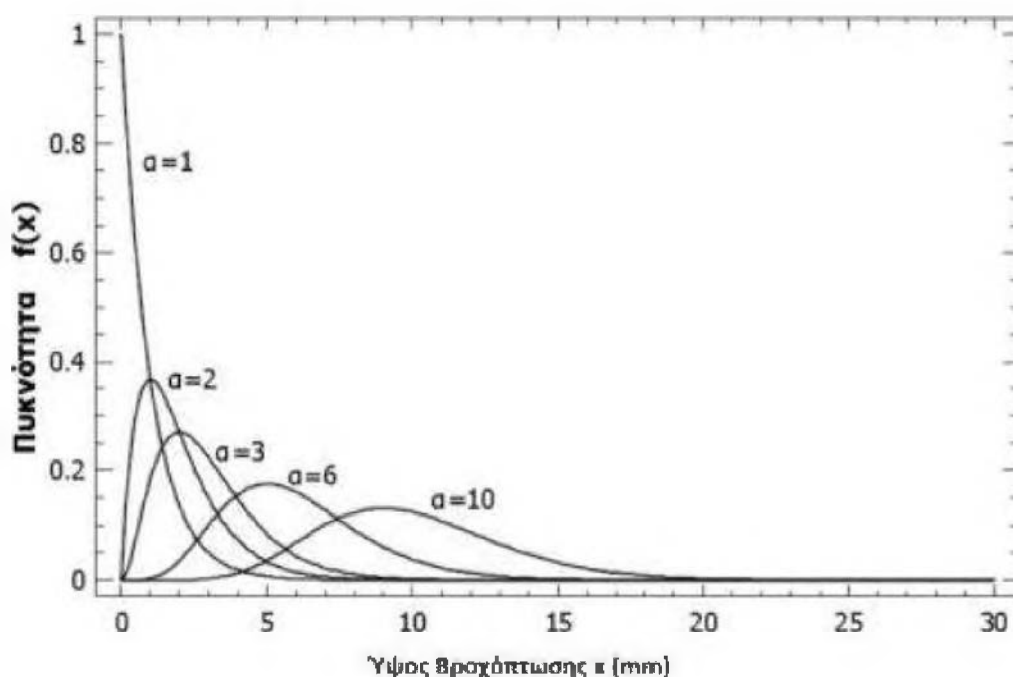
β , η παράμετρος της κλίμακας του σχήματος $\beta > 0$

χ , το ποσό της βροχόπτωσης σε mm $\chi > 0$

$\Gamma(\alpha)$ η συνάρτηση γάμμα που ορίζεται :

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy \quad (4)$$

Όταν $\alpha=1$, τότε η κατανομή είναι ίδια με την εκθετική, ενώ για μεγάλες τιμές του α πάνω από 15 είναι ίδια με τη κανονική κατανομή, όπως φαίνεται παρακάτω στο γράφημα 3. Για τα διαστήματα από 2 – 10 είναι ασύμμετρη και φθίνει από τα αριστερά προς τα δεξιά.



Γράφημα 3 : Συνάρτηση πυκνότητας – πιθανότητας της κατανομής Γάμμα για διαφορετικές τιμές του α και για $\beta = 1$

Για τον υπολογισμό του SPI πρέπει να γίνει η προσαρμογή της Γάμμα κατανομής στην κατανομή συχνότητας των βροχοπτώσεων για κάθε σταθμό. Για τον λόγο αυτό

πρέπει να υπολογιστούν οι παράμετροι α και β για τα χρονικά διαστήματα μελέτης για κάθε σταθμό (1μήνα , 3μήνες , 9μήνες 12μήνες) . Σύμφωνα με τον Thom οι σχέσεις υπολογισμού είναι :

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (5)$$

Όπου :

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (6)$$

Και :

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad (7)$$

$\bar{x}$: η μέση τιμή της βροχόπτωσης

n : ο αριθμός παρατηρήσεων των βροχοπτώσεων

Στη συνέχεια με τα αποτελέσματα των παραμέτρων α και β για κάθε χρονοσειρά μηνιαίων βροχοπτώσεων , για κάθε σταθμό και με την ολοκλήρωση της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας , μπορεί να υπολογιστεί η αθροιστική συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας κάθε τιμή της βροχόπτωσης , για όλες τις χρονοσειρές .

Η αθροιστική πιθανότητα ορίζεται ως :

$$G(x) = \int_0^x g(x)dx = \frac{1}{\beta^{\hat{\alpha}} \Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x x^{\hat{\alpha}-1} e^{\frac{-x}{\beta}} dx \quad (8)$$

Η εξίσωση (8) για $t = \frac{-x}{\beta}$ παίρνει τη μορφή ελλειπτικής συνάρτησης Γάμμα και μετασχηματίζεται σε :

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t} dt \quad (9)$$

Για $x = 0$ η συνάρτηση Γάμμα δεν ορίζεται , αλλά οι τιμές της βροχόπτωσης παίρνουν και μηδενικές τιμές . Για αυτό το λόγο η αθροιστική συνάρτηση πιθανότητας ορίζεται από τη σχέση (Lloyd-Hughes, 2002):

$$H(x) = q(x) + (1 - q) G(x) \quad (10)$$

Όπου q : η πιθανότητα μηδενικής βροχόπτωσης .

Σύμφωνα με τον Thom (1958) , όταν το m είναι το σύνολο των περιπτώσεων με μηδενική βροχόπτωση τότε το q υπολογίζεται από : $q = m/n$ (11) .

Για της μηδενικές τιμές υπάρχουν και άλλες μεθολογίες . Για παράδειγμα η αντικατάσταση τους με μια πολύ μικρή ποσότητα όπως 1 mm (Λουκάς και Βασιλειάδης , 2004) .

Τέλος , για τον υπολογισμό του δείκτη SPI , η συνάρτηση $H(x)$ μετατρέπεται σε μια κανονικοποιημένη μεταβλητή παράμετρο z η οποία , της οποίας η τυπική απόκλιση είναι 1 , ενώ η μέση τιμή είναι 0 . Η μεταβλητή αυτή αποτελεί το δείκτη ξηρασίας SPI . Με λίγα λόγια , σύμφωνα με τους Panofsky and Brier (1958) , η γάμμα κατανομή μετασχηματίζεται σε κανονική κατανομή .

$$\text{Για } 0 < H(x) < 0,5 : z = SPI = - \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad (12)$$

$$\text{Όπου : } t = \sqrt{\ln \frac{1}{[H(x)]^2}} \quad (13)$$

$$\text{Για } 0,5 < H(x) < 1 : z = SPI = +\left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right) \quad (14)$$

$$\text{Όπου : } t = \sqrt{\ln \frac{1}{(1,0-H(x))^2}} \quad (15)$$

$$C_0 = 2,515517$$

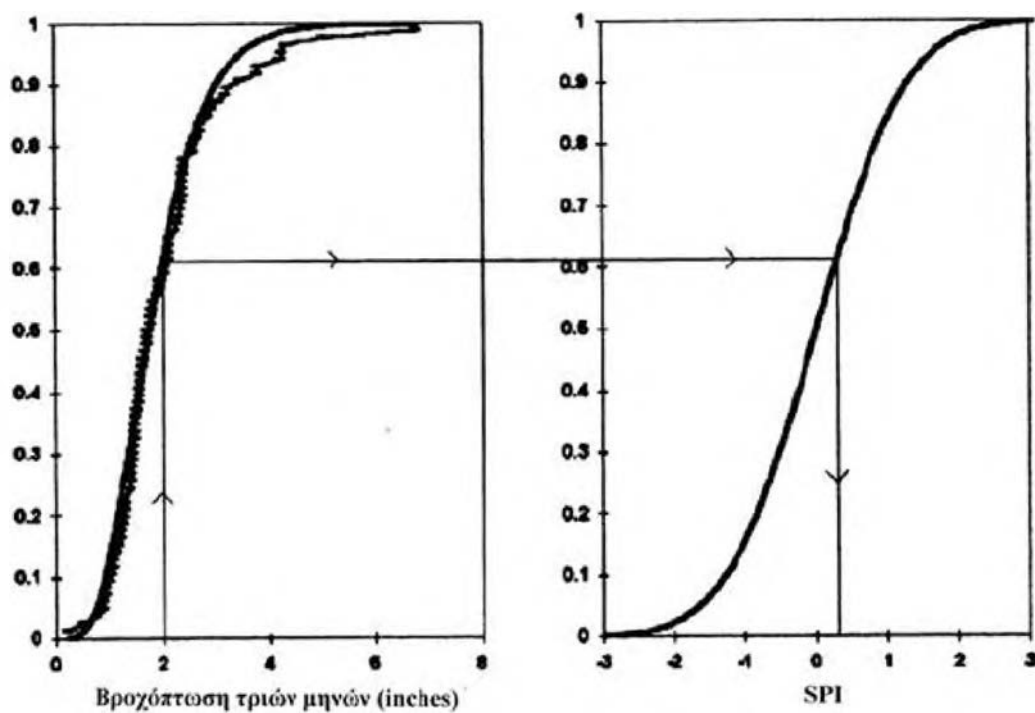
$$C_1 = 0,802853$$

$$C_3 = 0,010328$$

$$d_1 = 1,432788$$

$$d_2 = 0,189269$$

$$d_3 = 0,001308$$



Γράφημα 4 : Μετατροπή Γάμμα κατανομής (βροχόπτωση) σε κανονική κατανομή .

Όλοι οι υπολογισμοί έγιναν στο λογισμικό Excel .

2.2 Υπολογισμός δείκτη ξηρασίας Standard Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI)

Για τον υπολογισμό του δείκτη SPEI , πρέπει πρώτα να υπολογιστεί η δυνητική εξατμισοδιαπνοή για κάθε περιοχή μελέτης . Η μέθοδος που επιλέχθηκε είναι η μέθοδος του Thornthwaite .

$$ET_p = 16 \left(\frac{10 T}{T_E} \right)^\alpha \quad (16)$$

Όπου :

T : η μέση μηνιαία θερμοκρασία σε °C

T_E : ο ετήσιος θερμικός δείκτης του Thornthwaite ο οποίος είναι το άθροισμα των 12 μηνιαίων θερμικών δεικτών

α : είναι συντελεστής που εξαρτάται από το θερμικό δείκτη T_E

$$T_E = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_i}{5} \right)^{1,514} \quad (17)$$

$$\alpha = 6,75 * 10^{-7} T_E^3 - 7,71 * 10^{-5} T_E^2 + 1,972 * 10^{-2} T_E + 0,49239 \quad (18)$$

Για τον υπολογισμό της πραγματικής τιμής πολλαπλασιάζουμε με τη τιμή του πίνακα που αντιστοιχεί στο κατάλληλο γεωγραφικό πλάτος και στο κατάλληλο μήνα .

$$ET = cET_p' \quad (19)$$

Γεωγραφικό πλάτος	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
10	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
20	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.94
30	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
45	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
50	0.74	0.78	1.02	1.13	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70

Πίνακας 4 : Τιμές συντελεστή c

Το γεωγραφικό πλάτος που χρησιμοποιήθηκε για τους υπολογισμούς από τον πίνακα 1 είναι το 40 , αφού η τιμή του και από τις τέσσερις περιοχές είναι σχεδόν ίση με 40 .

Στη συνέχεια σύμφωνα με τους Vicente – Serrano et al . (2015) ο υπολογισμός του SPEI βασίζεται στο μηνιαίο υδατικό ισοζύγιο D_j . Δηλαδή στη διαφορά της μηνιαίας βροχόπτωσης P_j με τη μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή PET_j .

$$D_j = P_j - PET_j \quad (20)$$

Όπως και στο δείκτη SPI , έτσι και στον SPEI το υδατικό ισοζύγιο D μπορεί να υπολογιστεί για 1 , 3 , 6 , 9 και 12 μήνες :

- Για $j < k$:

$$X_{i,j}^k = \sum_{l=13-k+j}^{12} D_{i-1,l} + \sum_{l=1}^j D_{i,l} \quad (21)$$

- Για $j \geq k$

$$X_{i,j}^k = \sum_{l=j-k+1}^j D_{i,l} \quad (22)$$

Όπου : $D_{i,l}$: το υδατικό ισοζύγιο το πρώτο μήνα σε mm

$X_{i,j}^k$: το υδατικό ισοζύγιο τον μήνα j , το έτος i , το χρονικό διάστημα k

Αμέσως μετά τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου , γίνεται η κανονικοποίηση του σε λογαριθμική λογιστική καμπύλη (log – logistic) κατανομής πιθανοτήτων , η οποία προσαρμόζεται καλά για D χρονοσειρές και βρίσκει εφαρμογή και για αρνητικές τιμές . Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανοτήτων τριών παραμέτρων της κατανεμημένης μεταβλητής παίρνει τιμές $\gamma > D < \infty$ και ορίζεται :

$$f(x) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{x-\gamma}{\alpha} \right)^{\beta-1} \left(1 + \left(\frac{x-\gamma}{\alpha} \right)^{\beta} \right)^{-2} \quad (23)$$

Όπου :

α : είναι η παράμετρος θέσης, που αντιπροσωπεύει το κάτω όριο της κατανομής .

β : είναι η παράμετρος σχήματος, που καθορίζει την ασυμμετρία και τον χονδρότερο ουρανό της κατανομής .

γ : είναι η παράμετρος κλίμακας, που αντιπροσωπεύει τη διάδοση ή το πλάτος της κατανομής .

Οι παράμετροι της κατανομής Log-Logistics μπορούν να υπολογιστούν με τη προσέγγιση των L-moments η οποία αποτελεί τη πιο αξιόπιστη και εύκολη μέθοδο , σύμφωνα με τους Ahmad κ.ά. (1988) . Στη συνέχεια οι παράμετροι της κατανομής Pearson III μπορούν υπολογιστούν από τις παρακάτω εξισώσεις (Singh κ.ά., 1993).

$$\beta = \frac{2w_1 - w_0}{6w_1 - w_0 - 6w_2} \quad (24)$$

$$\alpha = \frac{(w_0 - 2w_1) \beta}{\Gamma(1+1/\beta) \Gamma(1-1/\beta)} \quad (25)$$

$$\gamma = w_0 - \alpha \Gamma\left(\frac{1+1}{\beta}\right) \Gamma\left(\frac{1-1}{\beta}\right) \quad (26)$$

Όπου $\Gamma(\beta)$ η Γάμμα συνάρτηση του β .

Αφού υπολογίστηκαν οι παράμετροι της κατανομής, η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας (probability distribution function, PDF) της σειράς D έχει τη μορφή :

$$F(x) = \left[1 + \left(\frac{a}{x-\gamma} \right)^\beta \right]^{-1} \quad (27)$$

Στο τελευταίο βήμα οι κανονικοποιημένες τιμές της συνάρτησης κατανομής $F(x)$, που προκύπτουν από τη προσεγγιστική μετατροπή της Abramowitz και Stegun (1965), αποτελούν τις τιμές SPEI και υπολογίζονται από :

$$\text{➤ Για } P \leq 0.5 \quad \text{SPEI} = W - \frac{C_0 + C_1 W + C_2 W^2}{1 + d_1 W + d_2 W^2 + d_3 W^3} \quad (28)$$

$$\text{και όπου : } W = \sqrt{-2 \ln(P)} \quad (29)$$

➤ Για $P > 0.5$, το P αντικαθίσταται με $1 - P$ και το πρόσημο του SPEI αντιστρέφεται.

Όπου P η πιθανότητα υπέρβασης μιας τιμής D και οι C_0, C_1, C_2 και d_1, d_2, d_3 σταθερές τιμές.

$$C_0 = 2,515517$$

$$C_1 = 0,802853$$

$$C_2 = 0,010328$$

$$d_1 = 1,432788$$

$$d_2 = 0,189269$$

$$d_3 = 0,001308$$

Ο υπολογισμός του SPEI σε αυτή τη διατριβή έγινε σύμφωνα με το άρθρο των (Vicente-Serrano κ.ά., 2010) με τίτλο "The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI): a multi-scalar drought index".

Οι υπολογισμοί του SPEI έγιναν με τη χρήση της γλώσσας προγραμματισμού R , στο λογισμικό RSTUDIO και με την εγκατάσταση του SPEIpackage . Οι εντολές που χρησιμοποιήθηκαν για τη πόλη των Τρικάλων είναι :

1. Αρχικά έγινε η εισαγωγή των μηνιαίων δεδομένων από την εντολή “Import Dataset”



2. Στη συνέχεια υπολογίστηκε η δυνητική εξατμισοδιαπνοή με τη μέθοδο Thornthwaite από την εντολή :

```
> DATA_SPEI_TRIKALA$PET<-thornthwaite(DATA_SPEI_TRIKALA$`mean temp`, lat= 39.55)  
[1] "checking for missing values ('NA'): all the data must be complete. Input time"
```

Και το υδατικό ισοζύγιο (βροχόπτωση – δυν. Εξατμισοδιαπνοή) από την εντολή :

```
> isozygio<- DATA_SPEI_TRIKALA$precipitation - DATA_SPEI_TRIKALA$PET
```

3. Τέλος , υπολογίστηκαν οι δείκτες SPEI από τις εντολές :

```
> spei1 <- spei(isozygio,1)
```

```
> spei3<-spei(isozygio,3)
```

```
> spei6<- spei(isozygio,6)
```

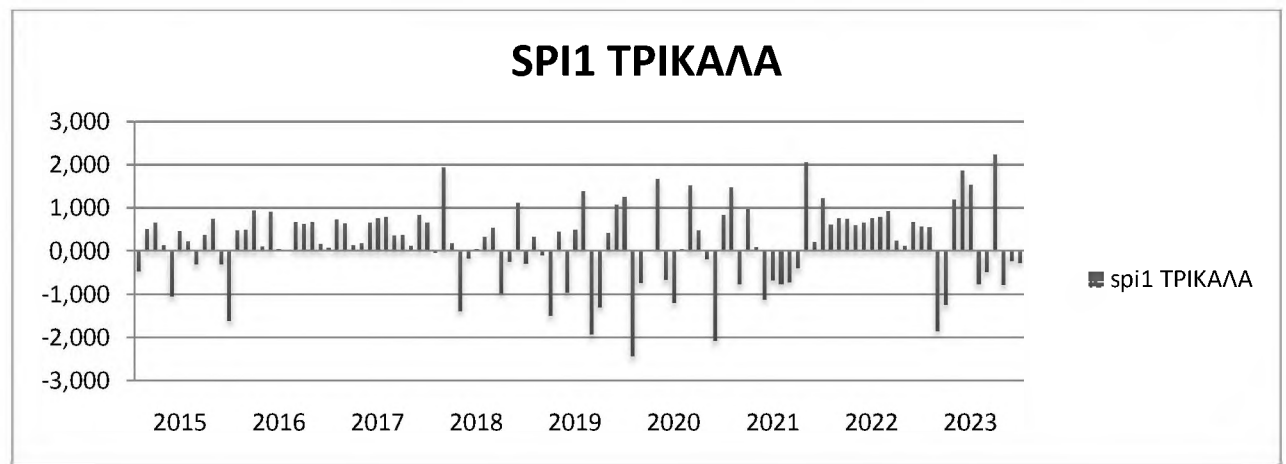
```
> spei9<- spei(isozygio,9)
```

```
> spei12 <- spei(isozygio,12)
```

Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τους δείκτες ξηρασίας SPEI των υπόλοιπων περιοχών της Θεσσαλίας .

3. Αποτελέσματα

3.1 Διαγράμματα μεταβολής και αποτελέσματα SPI 2015-2023 για Τρίκαλα

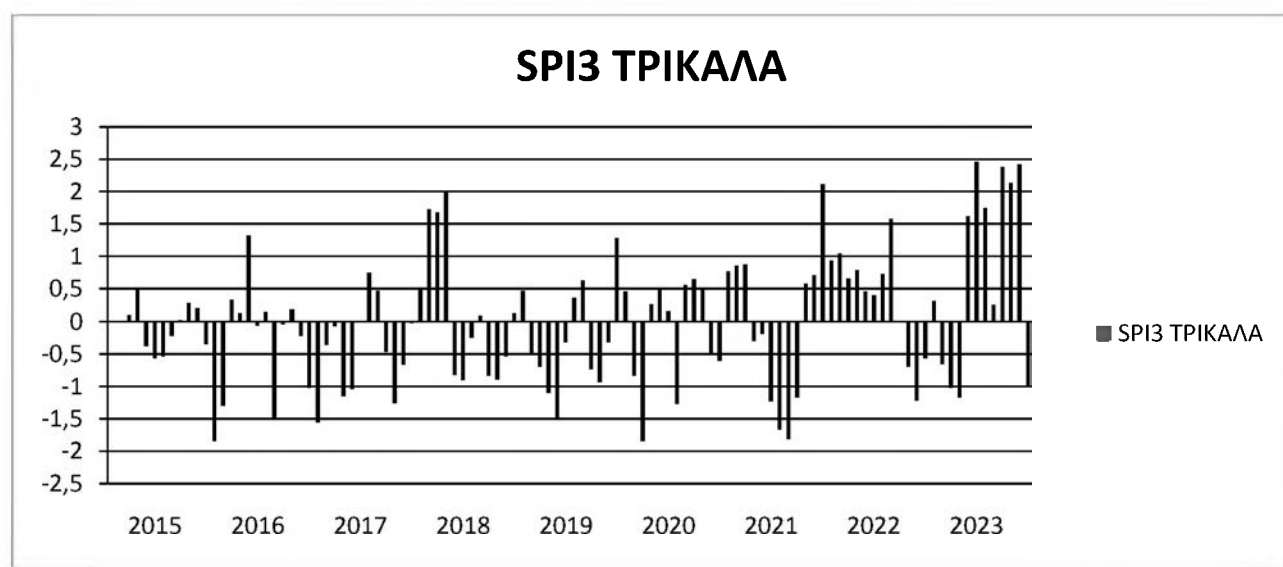


Διάγραμμα 1: SPI1 ΤΡΙΚΑΛΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	extremlydry	modratly wet	near normal	near normal
Φεβρουάριος	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Μάρτιος	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Απρίλιος	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	modratly wet
Μάιος	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	very wet
Ιούνιος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	very wet
Ιούλιος	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal
Αύγουστος	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	very wet	near normal	near normal	near normal
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	extremly wet
Οκτώβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	extremly wet	near normal	near normal

Νοέμβριος	near normal	near normal	near normal	modratly wet	modratly wet	extremlydry	near normal	near normal	near normal
Δεκέμβριος	Severly dry	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal	modratly wet	near normal	near normal

Πίνακας 5 : Αποτελέσματα SPI Τρίκαλα

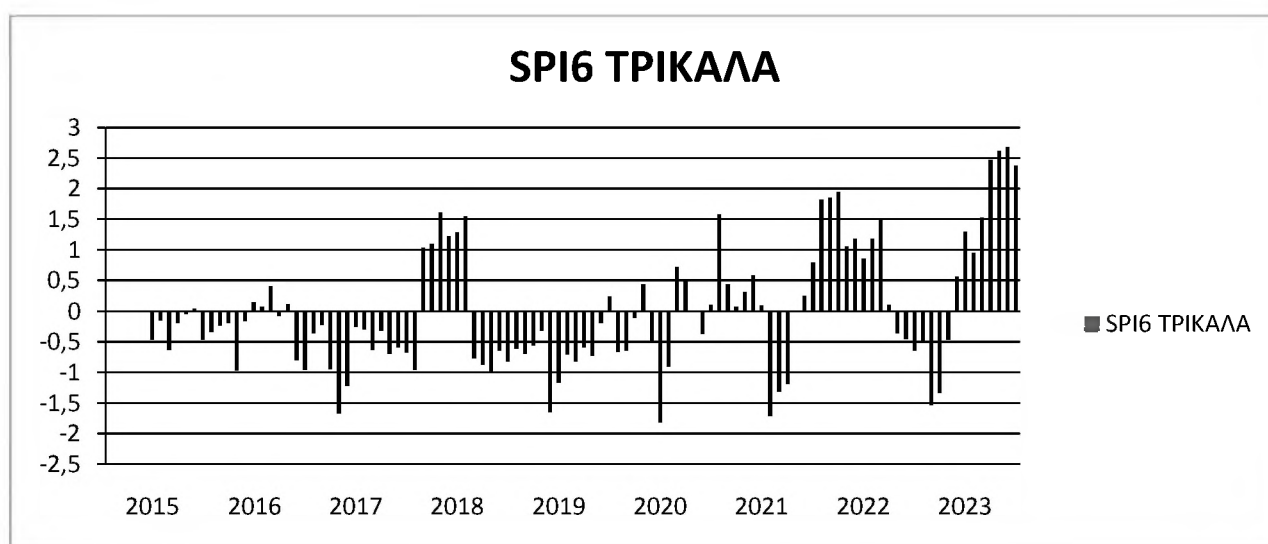


Διάγραμμα 2 : SPI3 ΤΡΙΚΑΛΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		Severly dry	Severly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Φεβρουάριος		modratly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal
Μάρτιος	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	Severly dry	near normal	near normal	modratly dry
Απρίλιος	near normal	near normal	modratly dry	extremly wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Μάιος	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	Severly dry	near normal	near normal	near normal	very wet
Ιούνιος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	extremly wet
Ιούλιος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	Severly dry	near normal	very wet
Αύγουστος	near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	very wet	near normal
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	extremly wet

Οκτώβριος	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	extremly wet
Νοέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	extremly wet
Δεκέμβριος	near normal	modratly dry	near normal	near normal	modratly wet	near normal	extremly wet	near normal	modratly dry

Πίνακας 6 : Αποτελέσματα SPI3 Τρίκαλα

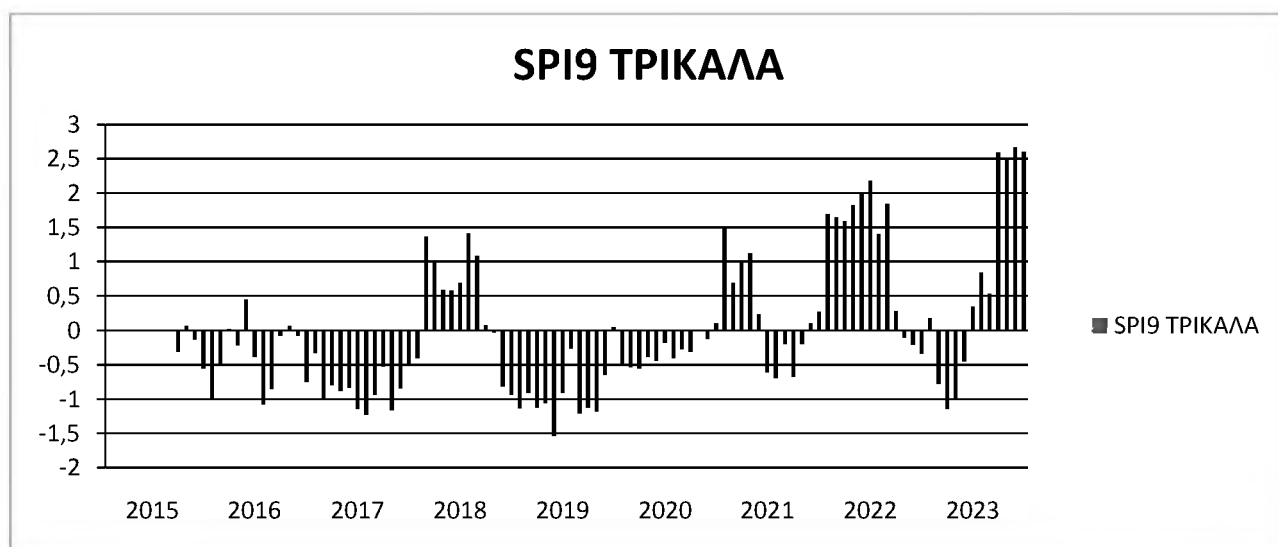


Διάγραμμα 3 : SPI6 ΤΡΙΚΑΛΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	very wet	very wet	near normal
Φεβρουάριος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	very wet	Severly dry
Μάρτιος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	very wet	modratly dry
Απρίλιος		near normal	Severly dry	very wet	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal
Μάιος		near normal	modratly dry	modratly wet	Severly dry	near normal	near normal	modratly wet	near normal
Ιούνιος	near normal	near normal	near normal	modratly wet	modratly dry	Severly dry	near normal	near normal	modratly wet
Ιούλιος	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	Severly dry	modratly wet	near normal
Αύγουστος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	modratly wet	very wet

Σεπτέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	extremly wet
Οκτώβριος	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	extremly wet
Νοέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	extremly wet
Δεκέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	extremly wet

Διάγραμμα 4 : Αποτελέσματα SPI6 Τρίκαλα

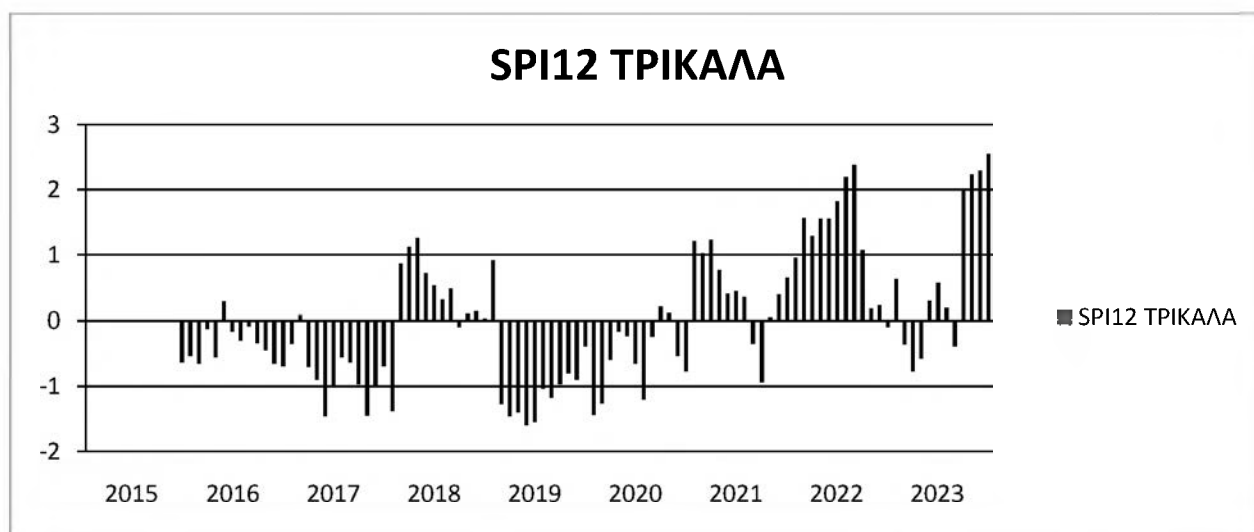


Διάγραμμα 5 : SPI9 ΤΡΙΚΑΛΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		modratly dry	near normal	near normal	modratly dry	near normal	very wet	very wet	near normal
Φεβρουάριος		near normal	modratly dry	modratly wet	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal
Μάρτιος		near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	modratly wet	very wet	modratly dry
Απρίλιος		near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	modratly wet	very wet	modratly dry
Μάιος		near normal	near normal	near normal	Severly dry	near normal	near normal	very wet	near normal

Ιούνιος		near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	extremly wet	near normal
Ιούλιος		modratly dry	modratly dry	modratly wet	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal
Αύγουστος		near normal	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal	very wet	near normal
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	extremly wet
Οκτώβριος	near normal	near normal	modratly dry	near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	extremly wet
Νοέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	extremly wet
Δεκέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	extremly wet

Πίνακας 7 : Αποτελέσματα SPI9 Τρίκαλα



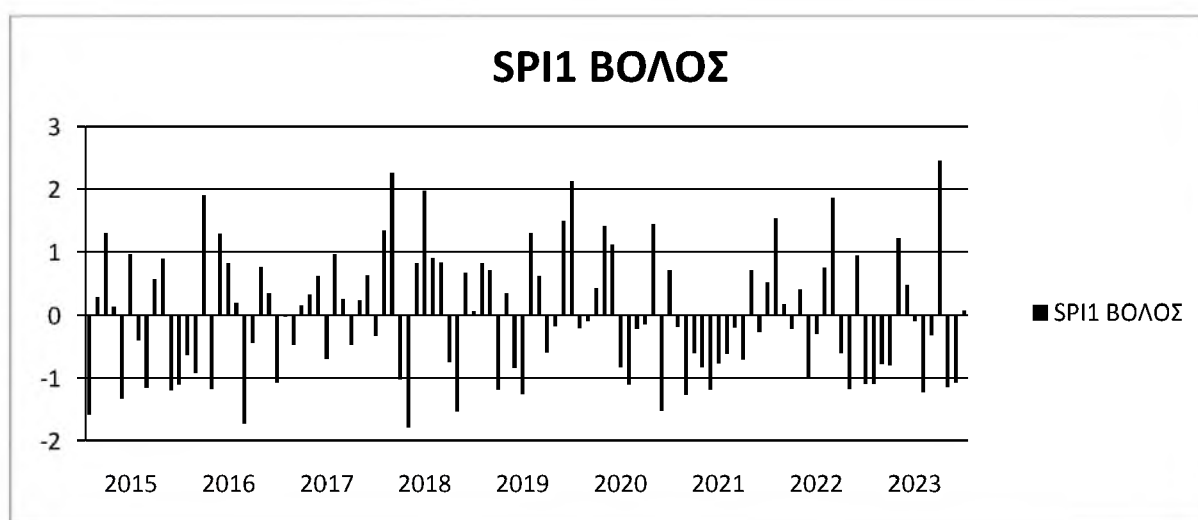
Διάγραμμα 6 : SPI12 Τρίκαλα

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		near normal	near normal	modratly dry	near normal	modratly dry	modratly wet	near normal	near normal
Φεβρουάριος		near normal	near normal	near normal	modratly dry	modratly dry	modratly wet	very wet	near normal
Μάρτιος		near normal	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	modratly wet	modratly wet	near normal

Απρίλιος		near normal	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal	very wet	near normal
Μάιος		near normal	modratly dry	near normal	Severly dry	near normal	near normal	very wet	near normal
Ιούνιος		near normal	modratly dry	near normal	Severly dry	near normal	near normal	very wet	near normal
Ιούλιος		near normal	near normal	near normal	modratly dry	modratly dry	near normal	extremly wet	near normal
Αύγουστος		near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	extremly wet	near normal
Σεπτέμβριος		near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet	very wet
Οκτώβριος		near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	extremly wet
Νοέμβριος		near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	extremly wet
Δεκέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	extremly wet

Πίνακας 8 : Αποτελέσματα SPI12 Τρίκαλα

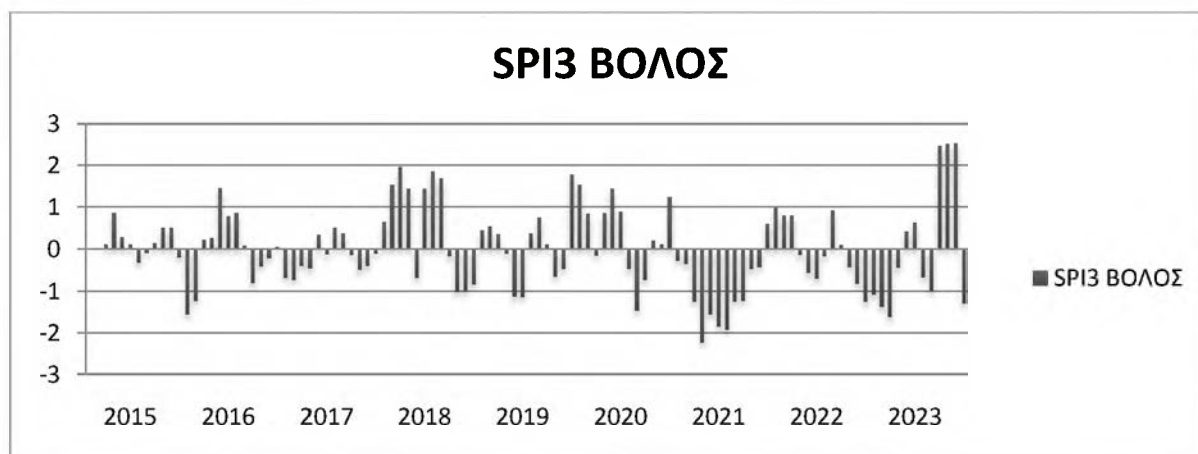
3.2 Διαγράμματα μεταβολής και αποτελέσματα SPI 2015-2023 για Βόλο



Διάγραμμα 7 : SPI1 ΒΟΛΟΣ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος	Severly dry	near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	very wet	modratly dry
Φεβρουάριος	near normal	near normal	near normal	extremly wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal
Μάρτιος	modratly wet	very wet	near normal	modratly dry	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Απρίλιος	near normal	modratly dry	near normal	Severly dry	near normal	modratly wet	near normal	near normal	modratly wet
Μάιος	modratly dry	modratly wet	near normal	near normal	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal
Ιούνιος	near normal	near normal	near normal	very wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Ιούλιος	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal	modratly dry
Αύγουστος	modratly dry	Severly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	extremly wet
Οκτώβριος	near normal	near normal	near normal	Severly dry	near normal	modratly wet	near normal	modratly dry	modratly dry
Νοέμβριος	modratly dry	near normal	near normal	near normal	modratly wet	Severly dry	near normal	near normal	modratly dry
Δεκέμβριος	modratly dry	modratly dry	near normal	near normal	extremly wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal

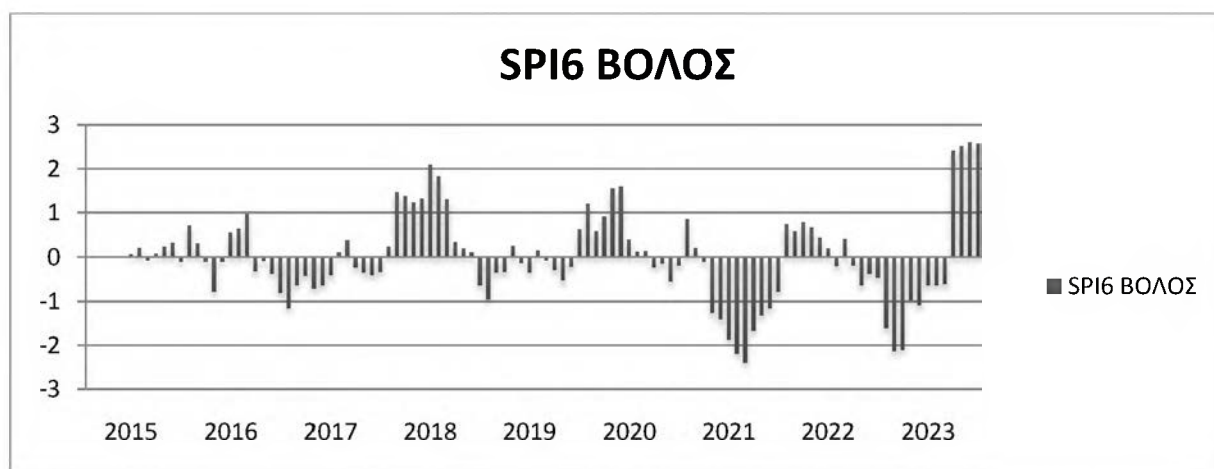
Πίνακας 9: Αποτελέσματα SPI1 Βόλος



Διάγραμμα 8 : SPI3 ΒΟΛΟΣ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		Severly dry	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	modratly dry
Φεβρουάριος		modratly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Μάρτιος	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal	Severly dry
Απρίλιος	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	extremlydry	near normal	near normal
Μάιος	near normal	modratly wet	near normal	near normal	modratly dry	modratly wet	Severly dry	near normal	near normal
Ιούνιος	near normal	near normal	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	Severly dry	near normal	near normal
Ιούλιος	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	Severly dry	near normal	near normal
Αύγουστος	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	modratly dry	modratly dry	near normal	near normal
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	extremly wet
Οκτώβριος	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	extremly wet
Νοέμβριος	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	extremly wet
Δεκέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	very wet	modratly wet	near normal	modratly dry	modratly dry

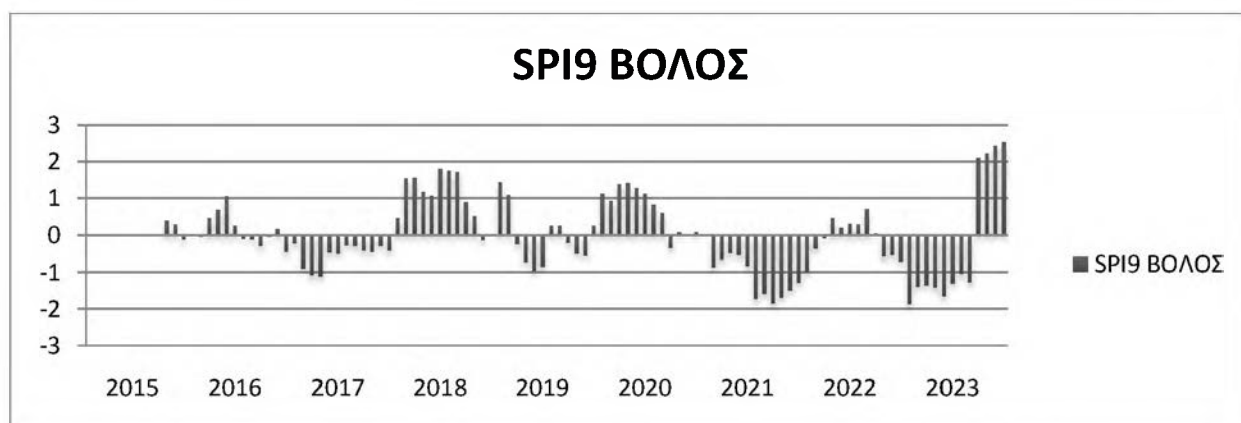
Πίνακας 10 : Αποτελέσματα SPI3 Βόλος



Διάγραμμα 9 : SPI6 ΒΟΛΟΣ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		near normal	modratly dry	near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	Severly dry
Φεβρουάριος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	extremlydry
Μάρτιος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	extremlydry
Απρίλιος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	very wet	modratly dry	near normal	near normal
Μάιος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	very wet	modratly dry	near normal	modratly dry
Ιούνιος	near normal	near normal	near normal	extremly wet	near normal	near normal	Severly dry	near normal	near normal
Ιούλιος	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	extremlydry	near normal	near normal
Αύγουστος	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	extremlydry	near normal	near normal
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	near normal	extremly wet
Οκτώβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	extremly wet
Νοέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	extremly wet
Δεκέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	extremly wet

Πίνακας 11 : Αποτελέσματα SPI6 Βόλος

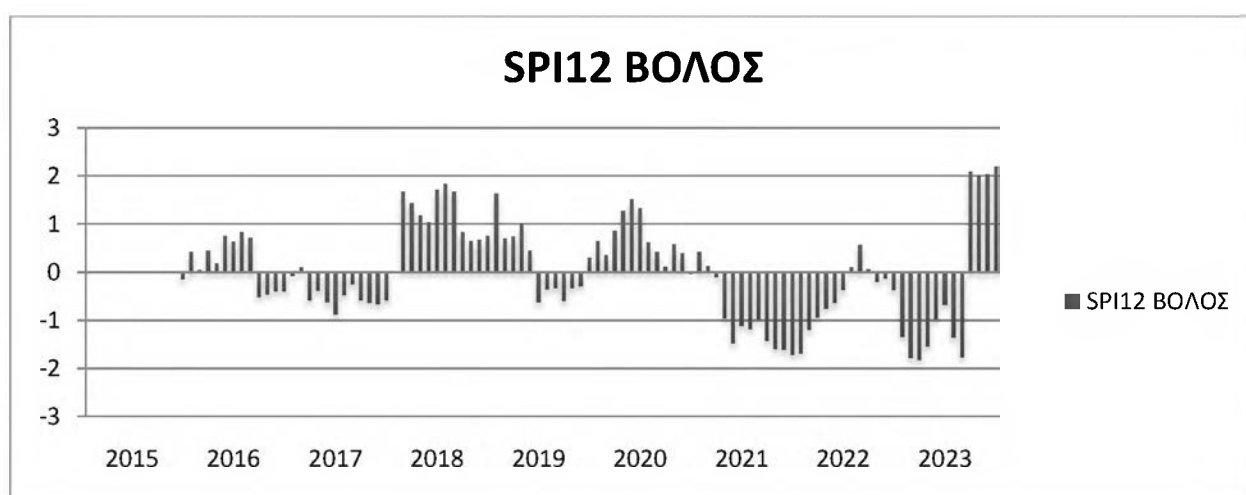


Διάγραμμα 10 : SPI9 ΒΟΛΟΣ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Ιανουάριος		near normal	near normal	near normal	modratly wet	modratly wet	near normal	near normal	Severly dry
Φεβρουάριος		near normal	near normal	very wet	modratly wet	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Μάρτιος		near normal	modratly dry	very wet	near normal	modratly wet	near normal	near normal	modratly dry
Απρίλιος		near normal	modratly dry	modratly wet	near normal	modratly wet	near normal	near normal	modratly dry
Μάιος		modratly wet	near normal	modratly wet	near normal	modratly wet	near normal	near normal	Severly dry
Ιούνιος		near normal	near normal	very wet	near normal	modratly wet	near normal	near normal	modratly dry
Ιούλιος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	Severly dry	near normal	modratly dry
Αύγουστος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	Severly dry	near normal	modratly dry
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	near normal	extremly wet
Οκτώβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	near normal	extremly wet
Νοέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	near normal	extremly wet
Δεκέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	extremly wet

Πίνακας 12 : Αποτελέσματα SPI9 Βόλος

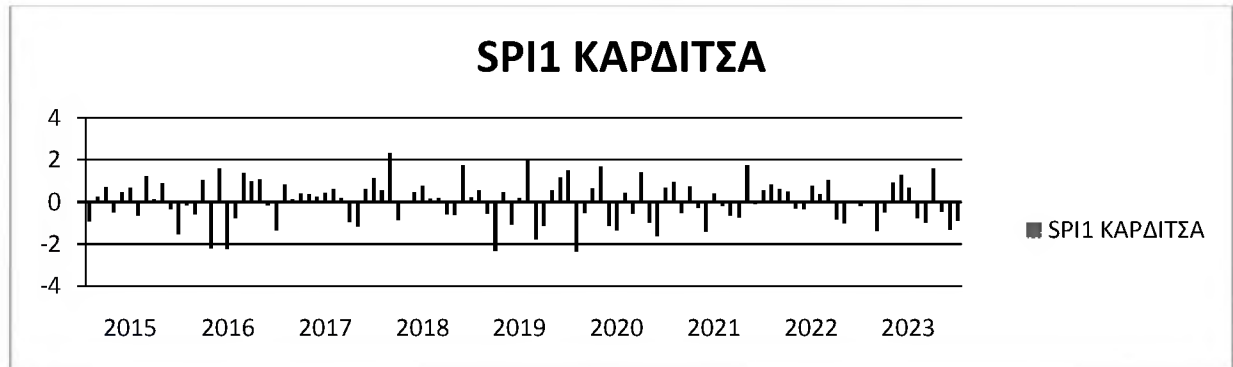


Διάγραμμα 11 : SPI12 ΒΟΛΟΣ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	Severly dry	modratly dry
Φεβρουάριος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	modratly dry	Severly dry
Μάρτιος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Απρίλιος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	modratly wet	near normal	near normal	Severly dry
Μάιος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	very wet	modratly dry	near normal	near normal
Ιούνιος		near normal	near normal	very wet	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal
Ιούλιος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal	modratly dry
Αύγουστος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Σεπτέμβριος		near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	extremly wet
Οκτώβριος		near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	near normal	very wet
Νοέμβριος		near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	near normal	extremly wet
Δεκέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	near normal	extremly wet

Πίνακας 13 : Αποτελέσματα SPI12 Βόλος

3.3 Διαγράμματα μεταβολής και αποτελέσματα SPI 2015-2023 για Καρδίτσα



Διάγραμμα 12 : SPI1 ΚΑΡΔΙΤΣΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	extremlydry	near normal	near normal	near normal
Φεβρουάριος	near normal	near normal	near normal	extremly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Μάρτιος	near normal	modratly wet	near normal	near normal	extremlydry	near normal	near normal	near normal	near normal
Απρίλιος	near normal	extremlydry	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal
Μάιος	near normal	very wet	near normal	near normal	modratly dry	modratly dry	modratly dry	near normal	modratly wet
Ιούνιος	near normal	extremlydry	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal
Ιούλιος	near normal	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal
Αύγουστος	modratly wet	modratly wet	near normal	near normal	Severly dry	near normal	near normal	modratly wet	near normal
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	modratly wet	near normal	near normal	very wet
Οκτώβριος	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	very wet	modratly dry	near normal
Νοέμβριος	near normal	near normal	near normal	very wet	modratly wet	Severly dry	near normal	near normal	modratly dry
Δεκέμβριος	Severly dry	modratly dry	modratly wet	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal

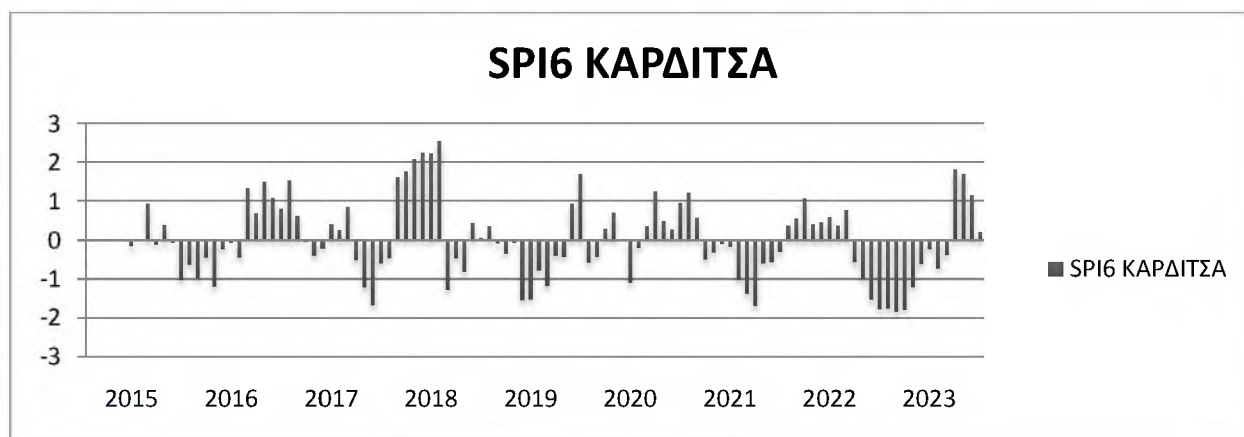
Πίνακας 14 : Αποτελέσματα SPI1 Καρδίτσα



Διάγραμμα 13 : SPI3 ΚΑΡΔΙΤΣΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		Severly dry	near normal	modratly wet	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal
Φεβρουάριος		modratly dry	near normal	extremly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Μάρτιος	near normal	near normal	near normal	very wet	modratly dry	modratly dry	near normal	near normal	modratly dry
Απρίλιος	near normal	near normal	near normal	extremly wet	Severly dry	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Μάιος	near normal	modratly wet	near normal	near normal	extremlydry	near normal	near normal	near normal	near normal
Ιούνιος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	near normal	extremly wet
Ιούλιος	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet	Severly dry	modratly dry	near normal	near normal
Αύγουστος	near normal	modratly dry	near normal	near normal	very wet	modratly dry	near normal	modratly wet	modratly dry
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	very wet	Severly dry	near normal	modratly wet
Οκτώβριος	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet
Νοέμβριος	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	modratly wet
Δεκέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	modratly wet	near normal	Severly dry

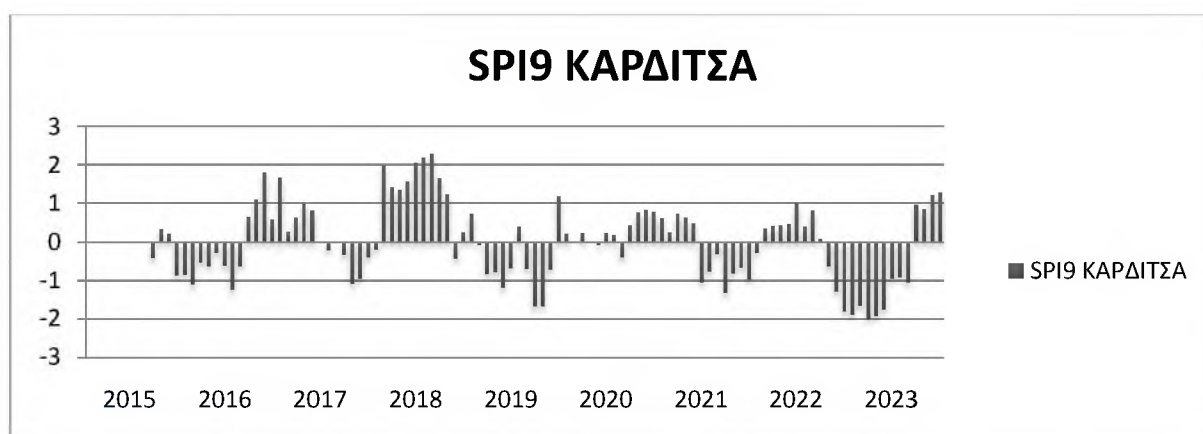
Πίνακας 15 : Αποτελέσματα SPI3 Καρδίτσα



Διάγραμμα 14 : SPI6 ΚΑΡΔΙΤΣΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal	Severly dry
Φεβρουάριος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Μάρτιος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	modratly wet	Severly dry
Απρίλιος		modratly dry	near normal	extremly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Μάιος		near normal	near normal	extremly wet	Severly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Ιούνιος	near normal	near normal	near normal	extremly wet	Severly dry	modratly dry	near normal	near normal	near normal
Ιούλιος	near normal	near normal	near normal	extremly wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal
Αύγουστος	near normal	modratly wet	near normal	modratly dry	modratly dry	near normal	modratly dry	near normal	near normal
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet	Severly dry	near normal	very wet
Οκτώβριος	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	very wet
Νοέμβριος	near normal	modratly wet	Severly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	modratly wet
Δεκέμβριος	modratly dry	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	Severly dry	near normal

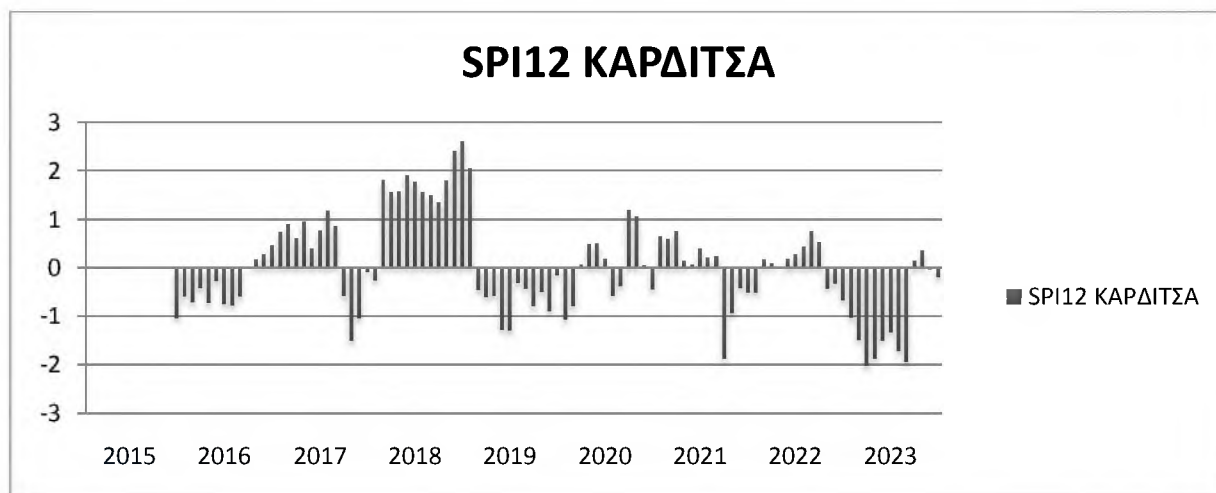
Πίνακας 16 : Αποτελέσματα SPI6 Καρδίτσα



Διάγραμμα 15 : SPI9 ΚΑΡΔΙΤΣΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Φεβρουάριος		modratly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Μάρτιος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	extremlydry
Απρίλιος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Μάιος		near normal	near normal	very wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Ιούνιος		near normal	near normal	extremly wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal
Ιούλιος		modratly dry	near normal	extremly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Αύγουστος		near normal	near normal	extremly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	near normal	very wet	Severly dry	near normal	modratly dry	near normal	near normal
Οκτώβριος	near normal	modratly wet	modratly dry	modratly wet	Severly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Νοέμβριος	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	modratly wet
Δεκέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	Severly dry	modratly wet

Πίνακας 17 : Αποτελέσματα SPI9 Καρδίτσα

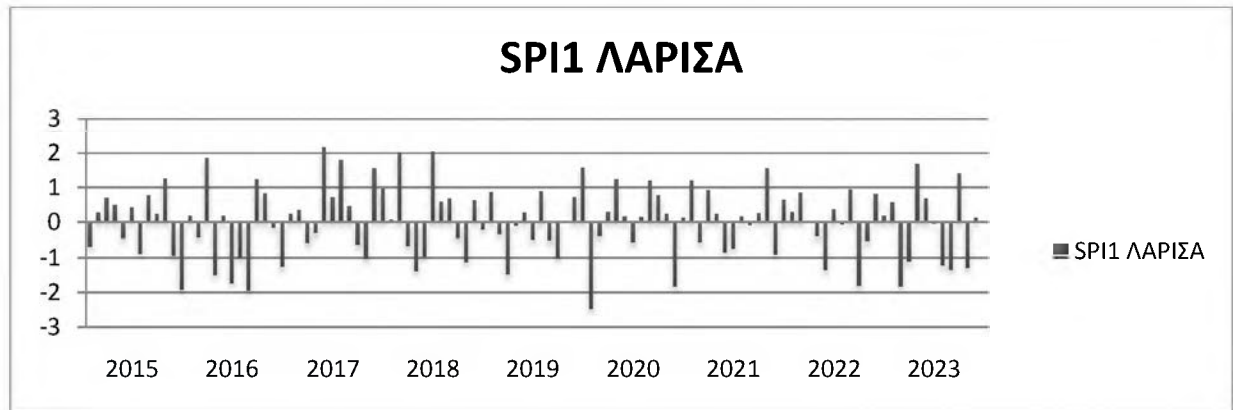


Διάγραμμα 16 : SPI12 ΚΑΡΔΙΤΣΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		near normal	near normal	near normal	extremly wet	modratly dry	near normal	near normal	modratly dry
Φεβρουάριος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Μάρτιος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	extremlydry
Απρίλιος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Μάιος		near normal	near normal	very wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Ιούνιος		near normal	near normal	very wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Ιούλιος		near normal	modratly wet	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Αύγουστος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Σεπτέμβριος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	modratly wet	Severly dry	near normal	near normal
Οκτώβριος		near normal	Severly dry	very wet	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal
Νοέμβριος		near normal	modratly dry	extremly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Δεκέμβριος	modratly dry	near normal	near normal	extremly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal

Πίνακας 18 : Αποτελέσματα SPI12 Καρδίτσα

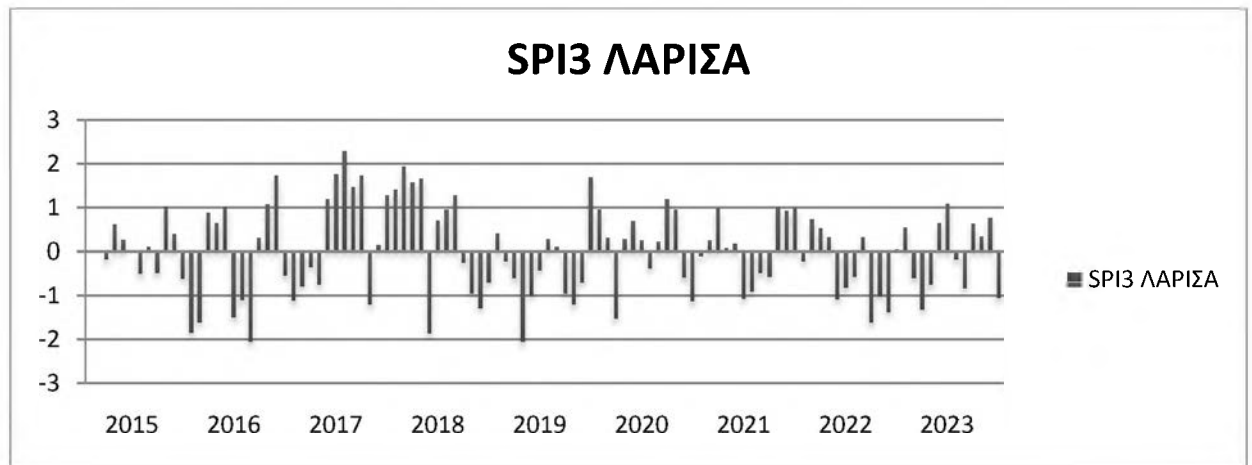
3.4 Διαγράμματα μεταβολής και αποτελέσματα SPI 2015-2023 για Λάρισα .



Διάγραμμα 17 : SPI1 Λάρισα

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	extremelydry	modratly wet	near normal	near normal
Φεβρουάριος	near normal	near normal	near normal	extremely wet	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Μάρτιος	near normal	very wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Απρίλιος	near normal	modratly dry	near normal	modratly dry	near normal	modratly wet	near normal	near normal	very wet
Μάιος	near normal	near normal	extremely wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal
Ιούνιος	near normal	Severly dry	near normal	extremely wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Ιούλιος	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Αύγουστος	near normal	Severly dry	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	modratly dry
Σεπτέμβριος	near normal	modratly wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	Severly dry	modratly wet
Οκτώβριος	modratly wet	near normal	modratly dry	modratly dry	near normal	near normal	very wet	near normal	modratly dry
Νοέμβριος	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	Severly dry	near normal	near normal	near normal
Δεκέμβριος	Severly dry	modratly dry	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal

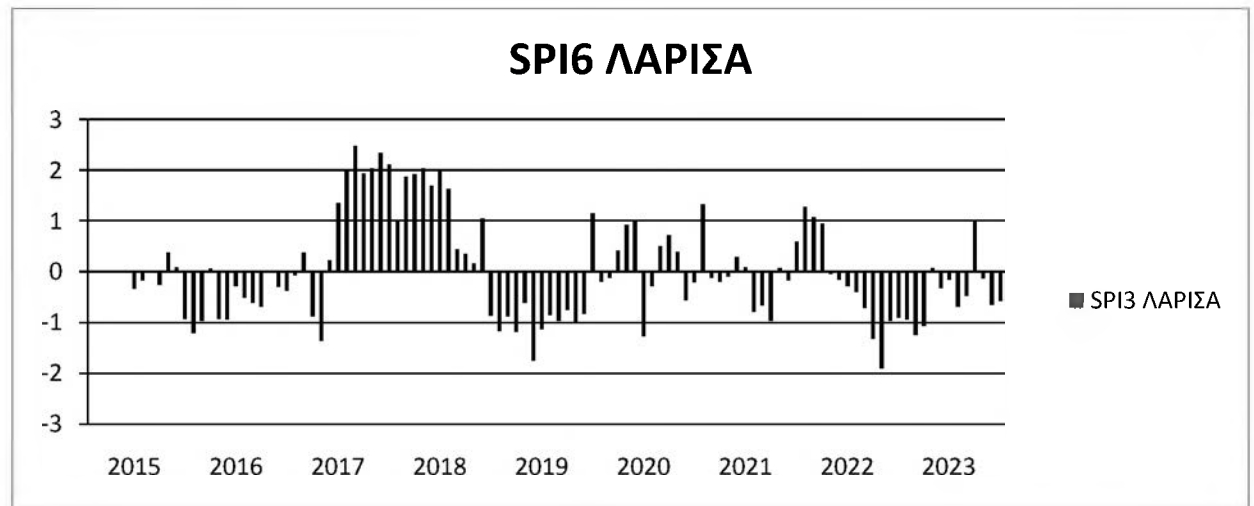
Πίνακας 19 : Αποτελέσματα SPI1 Λάρισα



Διάγραμμα 18 : SPI3 Λάρισα

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		Severly dry	modratly dry	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Φεβρουάριος		Severly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Μάρτιος	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	Severly dry	near normal	near normal	near normal
Απρίλιος	near normal	near normal	near normal	very wet	extremlydry	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Μάιος	near normal	modratly wet	modratly wet	Severly dry	modratly dry	near normal	near normal	modratly dry	near normal
Ιούνιος	near normal	modratly dry	very wet	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal
Ιούλιος	near normal	modratly dry	extremly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet
Αύγουστος	near normal	extremlydry	modratly wet	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	modratly wet	near normal	Severly dry	near normal
Οκτώβριος									
Νοέμβριος	near normal	very wet	near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal
Δεκέμβριος	near normal	near normal	modratly wet	near normal	very wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal

Πίνακας 20 : Αποτελέσματα SPI3 Λάρισα

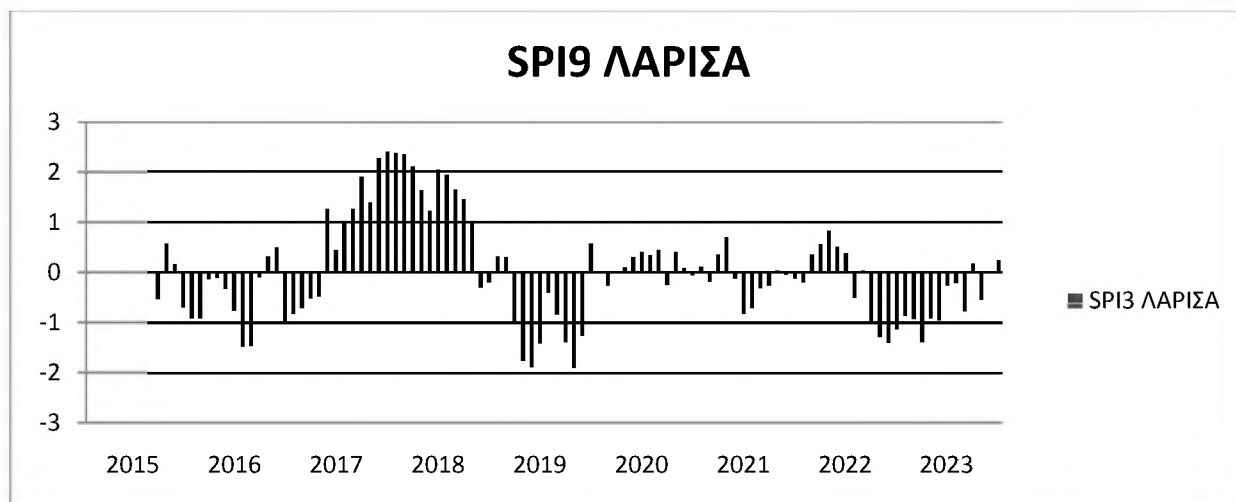


Διάγραμμα 19 : SPI6 Λάρισα

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		modratly dry	near normal	near normal	modratly dry	near normal	modratly wet	modratly wet	near normal
Φεβρουάριος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	modratly wet	modratly dry
Μάρτιος		near normal	near normal	very wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Απρίλιος		near normal	modratly dry	extremly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Μάιος		near normal	near normal	very wet	Severly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Ιούνιος	near normal	near normal	modratly wet	extremly wet	modratly dry	modratly dry	near normal	near normal	near normal
Ιούλιος	near normal	near normal	extremly wet	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Αύγουστος	near normal	near normal	extremly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal
Οκτώβριος	near normal	near normal	extremly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	near normal
Νοέμβριος	near normal	near normal	extremly wet	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal

Δεκέμβριος	near normal	near normal	extremly wet	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal
------------	-------------	-------------	--------------	-------------	--------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Πίνακας 21 : Αποτελέσματα SPEI6 Λάρισα

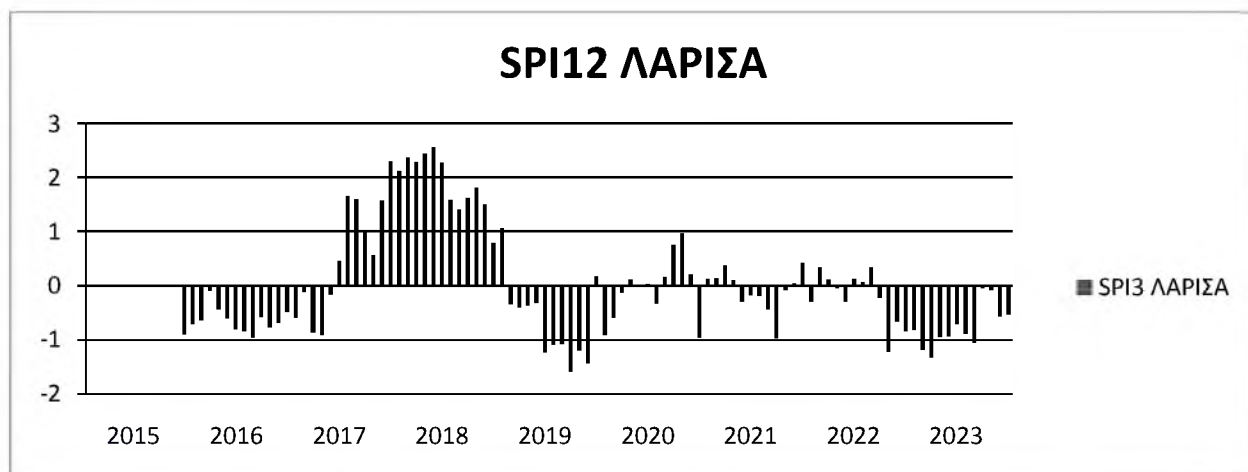


Διάγραμμα 20 : SPI9 Λάρισα

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		near normal	near normal	extremly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Φεβρουάριος		near normal	near normal	extremly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Μάρτιος		near normal	near normal	extremly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Απρίλιος		near normal	near normal	very wet	Severly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Μάιος		near normal	modratly wet	modratly wet	Severly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Ιούνιος		near normal	near normal	extremly wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Ιούλιος		modratly dry	modratly wet	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Αύγουστος		modratly dry	modratly wet	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	very wet	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Οκτώβριος	near normal	near normal	modratly wet	modratly wet	Severly dry	near normal	near normal	modratly dry	near normal
Νοέμβριος	near normal	near normal	extremly wet	near normal	modratly dry	near normal	near normal	modratly dry	near normal

Δεκέμβριος	near normal	modratly dry	extremly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal
------------	-------------	--------------	--------------	-------------	-------------	-------------	-------------	--------------	-------------

Πίνακας 22 : Αποτελέσματα SPI9 Λάρισα



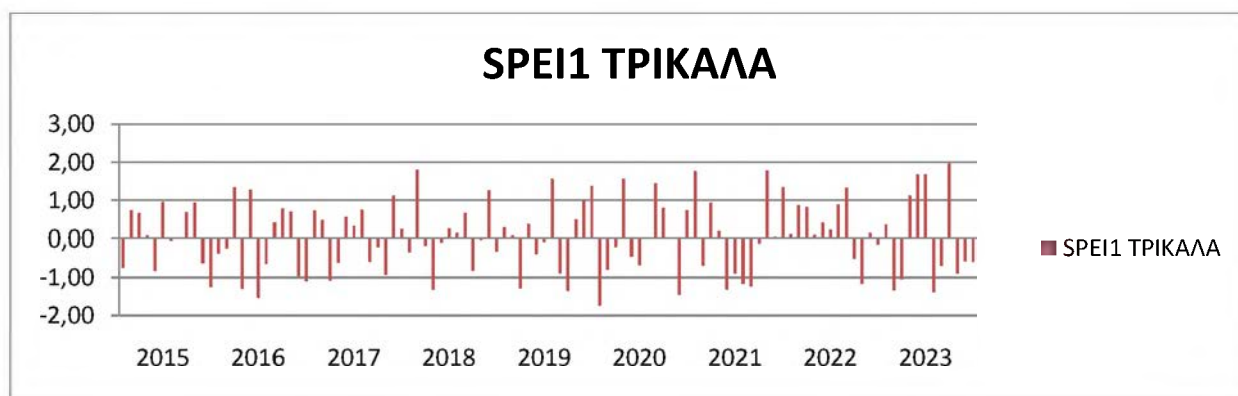
Διάγραμμα 21 : SPI12 Λάρισα

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		near normal	near normal	extremly wet	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal
Φεβρουάριος		near normal	near normal	extremly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Μάρτιος		near normal	near normal	extremly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Απρίλιος		near normal	near normal	extremly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Μάιος		near normal	near normal	extremly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Ιούνιος		near normal	near normal	extremly wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Ιούλιος		near normal	very wet	very wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Αύγουστος		near normal	very wet	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Σεπτέμβριος		near normal	modratly wet	very wet	Severly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Οκτώβριος		near normal	near normal	very wet	modratly dry	near normal	near normal	modratly dry	near normal

Νοέμβριος		near normal	very wet	very wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Δεκέμβριος	near normal	near normal	extremly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal

Πίνακας 23 : Αποτελέσματα SPI12 Λάρισα

3.5 Διαγράμματα μεταβολής και αποτελέσματα SPEI 2015-2023 για Τρίκαλα .

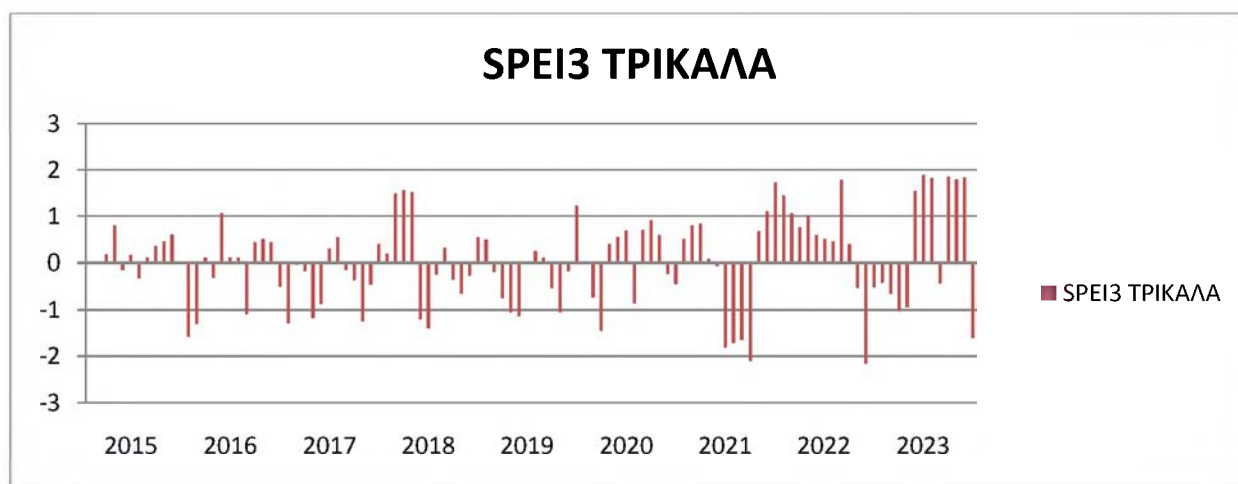


Διάγραμμα 22 : SPEI1 ΤΡΙΚΑΛΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	very wet	near normal	near normal
Φεβρουάριος	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Μάρτιος	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Απρίλιος	near normal	modratly dry	near normal	modratly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	modratly wet
Μάιος	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	very wet
Ιούνιος	near normal	Severly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	very wet
Ιούλιος	near normal	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	modratly dry	near normal	modratly dry
Αύγουστος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet	modratly dry	modratly wet	near normal
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	very wet

Οκτώβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	very wet	modratly dry	near normal
Νοέμβριος	near normal	near normal	modratly wet	modratly wet	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Δεκέμβριος	modratly dry	modratly dry	near normal	near normal	modratly wet	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal

Πίνακας 24 : Αποτελέσματα SPEI1 Τρίκαλα

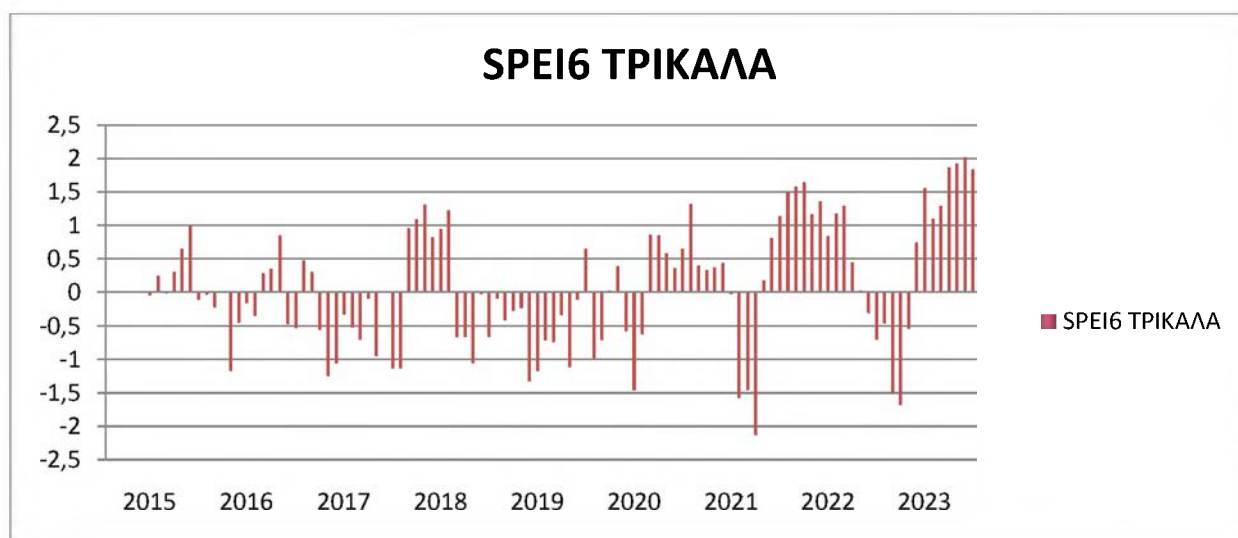


Διάγραμμα 23 : SPEI3 ΤΡΙΚΑΛΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		Severly dry	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal
Φεβρουάριος		modratly dry	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal
Μάρτιος	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	modratly dry	near normal	near normal	modratly dry
Απρίλιος	near normal	near normal	modratly dry	very wet	modratly dry	near normal	near normal	modratly wet	near normal
Μάιος	near normal	modratly wet	near normal	modratly dry	modratly dry	near normal	near normal	near normal	very wet
Ιούνιος	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	Severly dry	near normal	very wet
Ιούλιος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	near normal	very wet

Αύγουστος	near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	very wet	near normal
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	extremlydry	near normal	very wet
Οκτώβριος	near normal	near normal	modratly dry	near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	very wet
Νοέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet	extremlydry	very wet
Δεκέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal	very wet	near normal	Severly dry

Πίνακας 25 : Αποτελέσματα SPEI3 Τρίκαλα

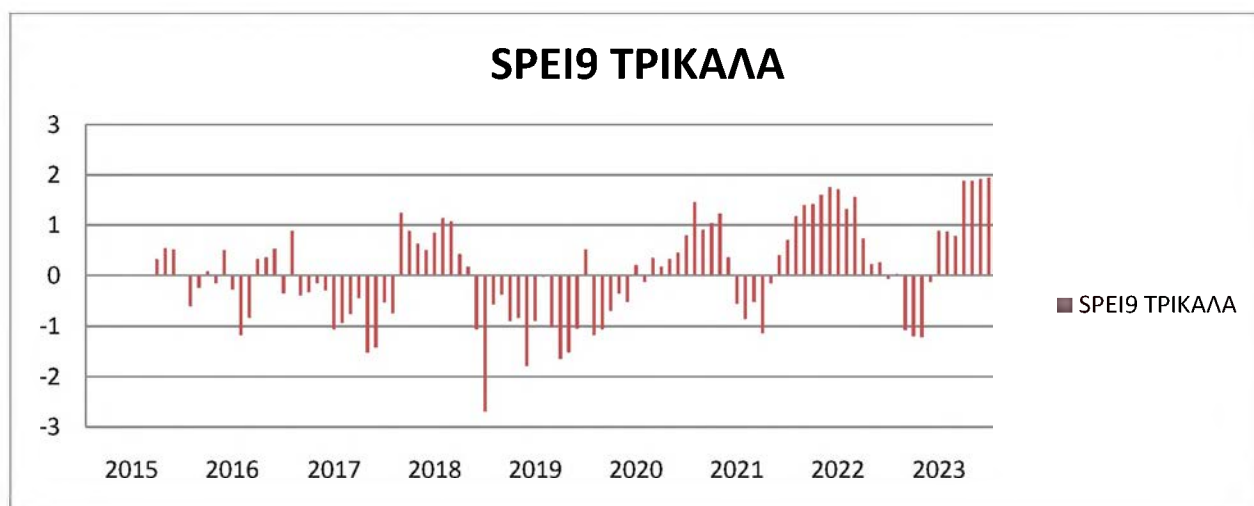


Διάγραμμα 24 : SPEI6 ΤΡΙΚΑΛΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	modratly wet	modratly wet	near normal
Φεβρουάριος		near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	very wet	Severly dry
Μάρτιος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	very wet	Severly dry
Απρίλιος		modratly dry	modratly dry	modratly wet	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal
Μάιος		near normal	modratly dry	near normal	modratly dry	near normal	near normal	modratly wet	near normal
Ιούνιος	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	modratly dry	near normal	near normal	very wet

Ιούλιος	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	Severly dry	modratly wet	modratly wet
Αύγουστος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	modratly wet	modratly wet
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	extremlydry	near normal	very wet
Οκτώβριος	near normal	near normal	near normal	modratly dry	modratly dry	near normal	near normal	near normal	very wet
Νοέμβριος	near normal	near normal	#####	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	extremly wet
Δεκέμβριος	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal	very wet

Πίνακας 26 : Αποτελέσματα SPEI6 Τρίκαλα

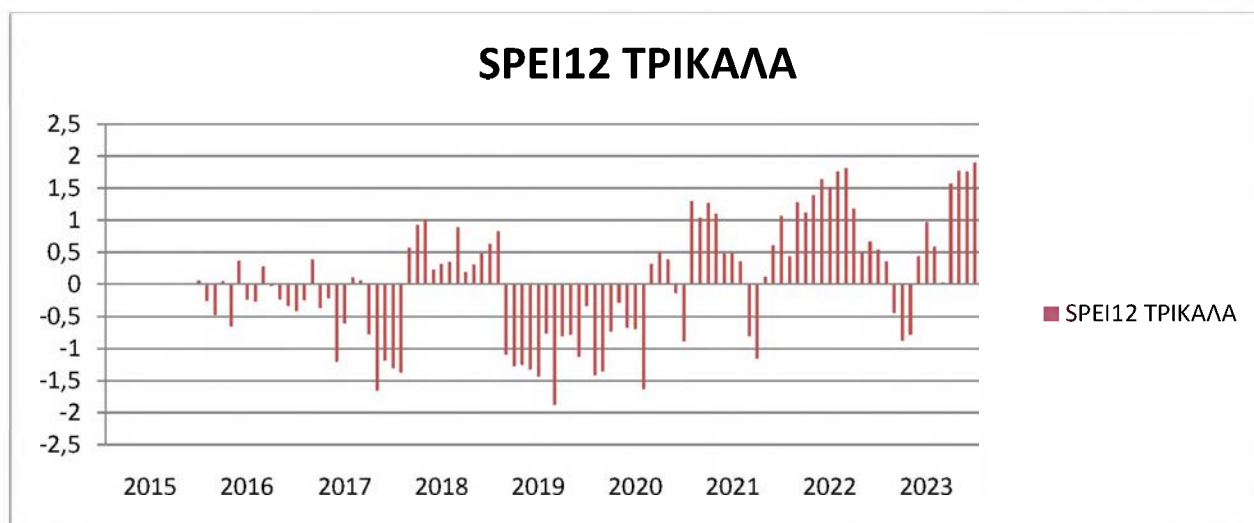


Διάγραμμα 25 : SPEI9 ΤΡΙΚΑΛΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	modratly wet	modratly wet	near normal
Φεβρουάριος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	modratly dry	near normal	modratly wet	modratly dry
Μάρτιος		near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet	modratly wet	modratly dry
Απρίλιος		near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet	very wet	modratly dry
Μάιος		near normal	near normal	near normal	Severly dry	near normal	near normal	very wet	near normal

Ιούνιος		near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal
Ιούλιος		modratly dry	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal
Αύγουστος		near normal	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal	very wet	near normal
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	near normal	modratly dry	near normal	very wet
Οκτώβριος	near normal	near normal	Severly dry	near normal	Severly dry	near normal	near normal	near normal	very wet
Νοέμβριος	near normal	near normal	modratly dry	modratly dry	modratly dry	near normal	near normal	near normal	very wet
Δεκέμβριος	near normal	near normal	near normal	extremlydry	near normal	near normal	near normal	near normal	very wet

Πίνακας 27 : Αποτελέσματα SPEI9 Τρίκαλα



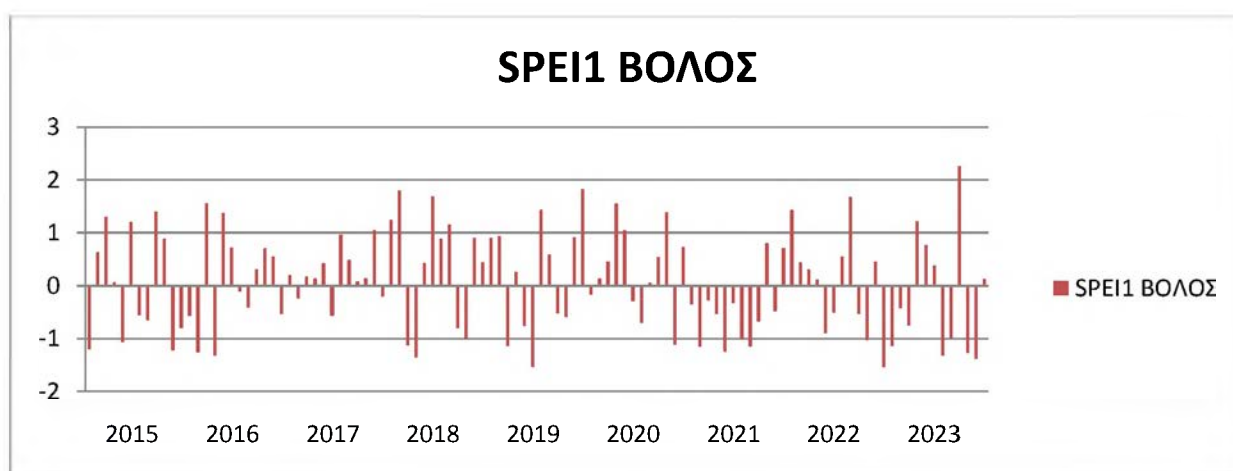
Διάγραμμα 26 : SPEI12 ΤΡΙΚΑΛΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		near normal	near normal	modratly dry	near normal	modratly dry	modratly wet	near normal	near normal
Φεβρουάριος		near normal	near normal	near normal	modratly dry	modratly dry	modratly wet	modratly wet	near normal
Μάρτιος		near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	modratly wet	modratly wet	near normal

Απρίλιος		near normal	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	modratly wet	modratly wet	near normal
Μάιος		near normal	modratly dry	near normal	modratly dry	near normal	near normal	very wet	near normal
Ιούνιος		near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	very wet	near normal
Ιούλιος		near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	near normal	very wet	near normal
Αύγουστος		near normal	near normal	near normal	Severly dry	near normal	near normal	very wet	near normal
Σεπτέμβριος		near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	modratly wet	very wet
Οκτώβριος		near normal	Severly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	very wet
Νοέμβριος		near normal	modratly dry	near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	very wet
Δεκέμβριος	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal	very wet

Πίνακας 28 : Αποτελέσματα SPEI12 Τρίκαλα

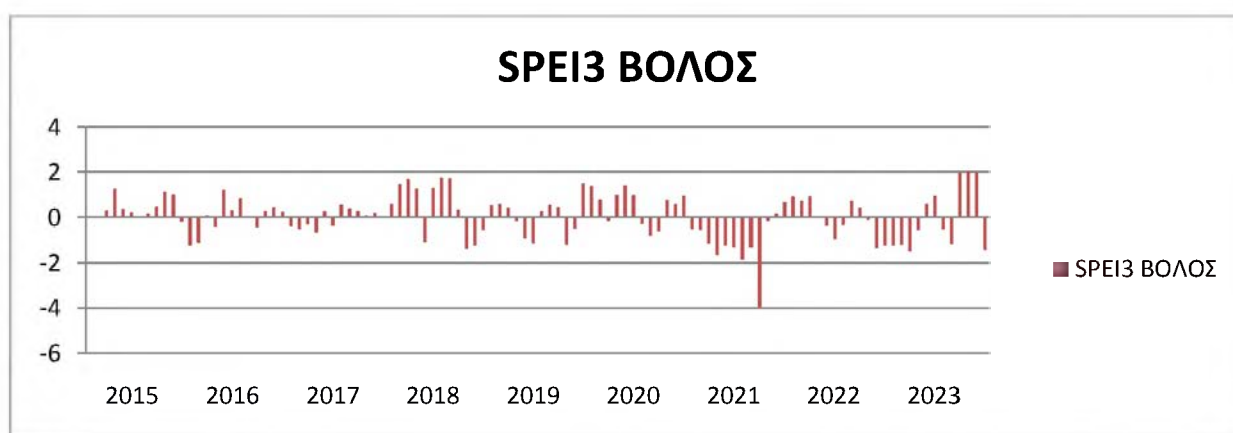
3.6 Διαγράμματα μεταβολής και αποτελέσματα SPEI 2015-2023 για Βόλο .



Διάγραμμα 27 : SPEI1 Βόλος

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος	modratly dry	near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	modratly wet	modratly dry
Φεβρουάριος	near normal	modratly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal
Μάρτιος	modratly wet	very wet	near normal	modratly dry	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Απρίλιος	near normal	modratly dry	near normal	modratly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	modratly wet
Μάιος	modratly dry	modratly wet	near normal	near normal	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal
Ιούνιος	modratly wet	near normal	near normal	very wet	Severly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Ιούλιος	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal	modratly dry	near normal	modratly dry
Αύγουστος	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	modratly dry	very wet	modratly dry
Σεπτέμβριος	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	extremly wet
Οκτώβριος	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	modratly wet	near normal	modratly dry	modratly dry
Νοέμβριος	modratly dry	near normal	modratly wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	modratly dry
Δεκέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	Severly dry	near normal

Πίνακας 29 : Αποτελέσματα SPEI1 Βόλος

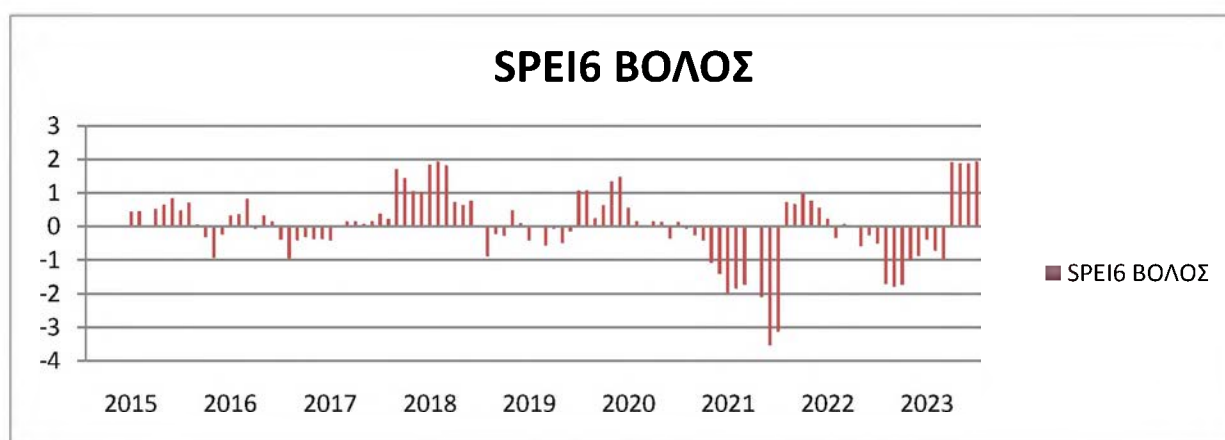


Διάγραμμα 28 : SPEI3 Βόλος

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Ιανουάριος		modratly dry	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	modratly dry
Φεβρουάριος		modratly dry	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Μάρτιος	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal	Severly dry
Απρίλιος	modratly wet	near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	Severly dry	near normal	near normal
Μάιος	near normal	modratly wet	near normal	modratly dry	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal
Ιούνιος	near normal	near normal	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	modratly dry	near normal	near normal
Ιούλιος	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	Severly dry	near normal	near normal
Αύγουστος	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal	modratly dry
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	extremlydry	near normal	very wet
Οκτώβριος	modratly wet	near normal	near normal	modratly dry	modratly dry	near normal	near normal	near normal	extremly wet
Νοέμβριος	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	modratly dry	very wet
Δεκέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	modratly dry	modratly dry

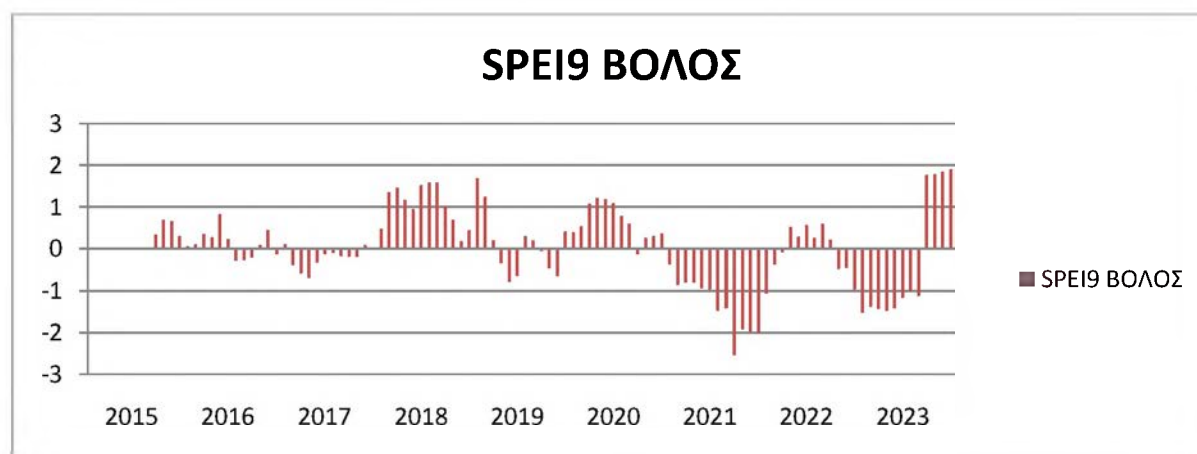
Πίνακας 30 : Αποτελέσματα SPEI3 Βόλος



Διάγραμμα 29 : SPEI6 Βόλος

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	Severly dry
Φεβρουάριος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Μάρτιος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Απρίλιος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	modratly dry
Μάιος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal
Ιούνιος	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	Severly dry	near normal	near normal
Ιούλιος	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	Severly dry	near normal	near normal
Αύγουστος	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	Severly dry	near normal	near normal
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	#Δ/Y	near normal	very wet
Οκτώβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	extremlydry	near normal	very wet
Νοέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	extremlydry	near normal	very wet
Δεκέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal	extremlydry	near normal	very wet

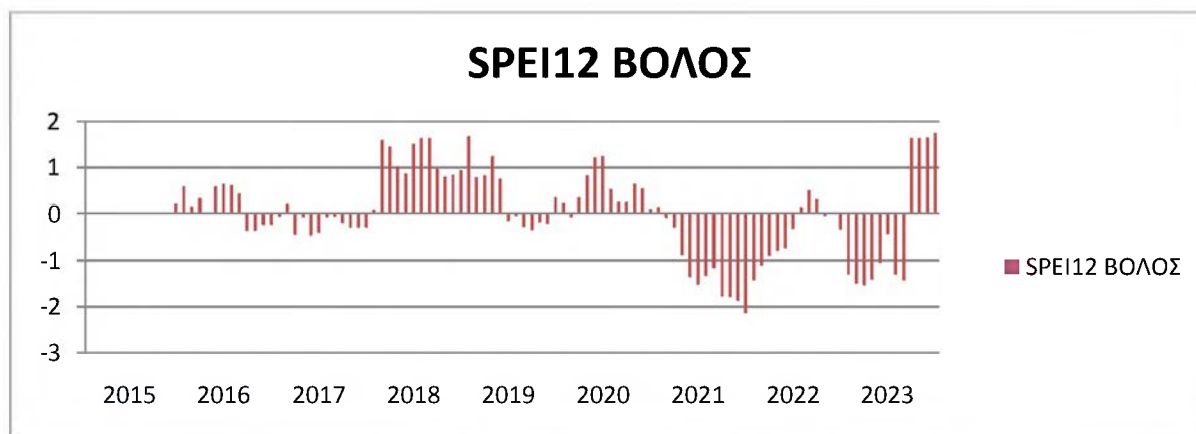
Πίνακας 31 : Αποτελέσματα SPEI6 Βόλος



Διάγραμμα 30 : SPEI9 Βόλος

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	modratly dry	Severly dry
Φεβρουάριος		near normal	near normal	modratly wet	modratly wet	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Μάρτιος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	modratly wet	near normal	near normal	modratly dry
Απρίλιος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	modratly wet	near normal	near normal	modratly dry
Μάιος		near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	modratly dry
Ιούνιος		near normal	near normal	very wet	near normal	modratly wet	near normal	near normal	modratly dry
Ιούλιος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal	modratly dry
Αύγουστος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal	modratly dry
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	extremlydry	near normal	very wet
Οκτώβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	near normal	very wet
Νοέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	near normal	very wet
Δεκέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	extremlydry	near normal	very wet

Πίνακας 32 : Αποτελέσματα SPEI9 Βόλος

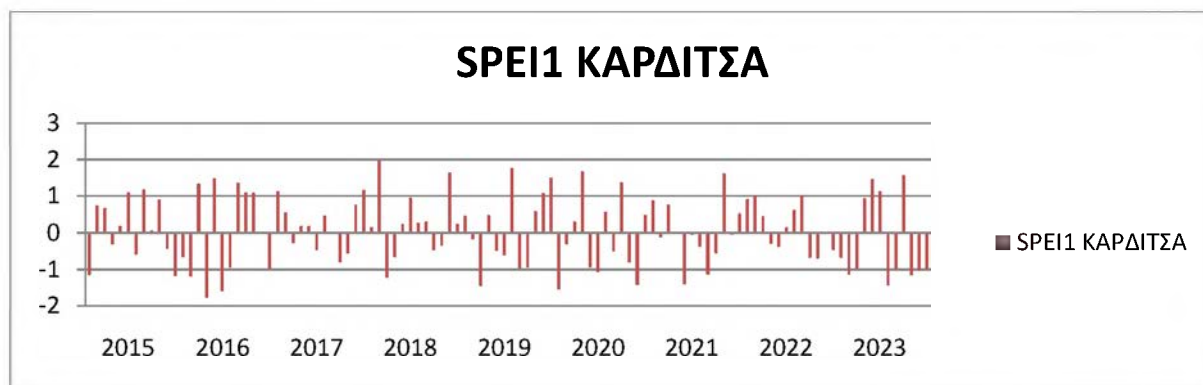


Διάγραμμα 31 : SPEI12 Βόλος

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	modratly dry	modratly dry
Φεβρουάριος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	modratly dry	Severly dry
Μάρτιος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Απρίλιος		near normal	near normal	modratly wet	modratly wet	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Μάιος		near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	modratly dry
Ιούνιος		near normal	near normal	very wet	near normal	modratly wet	Severly dry	near normal	near normal
Ιούλιος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal	modratly dry
Αύγουστος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal	modratly dry
Σεπτέμβριος		near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	near normal	very wet
Οκτώβριος		near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	near normal	very wet
Νοέμβριος		near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	near normal	very wet
Δεκέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	extremlydry	near normal	very wet

Πίνακας 33 : Αποτελέσματα SPEI12 Βόλος

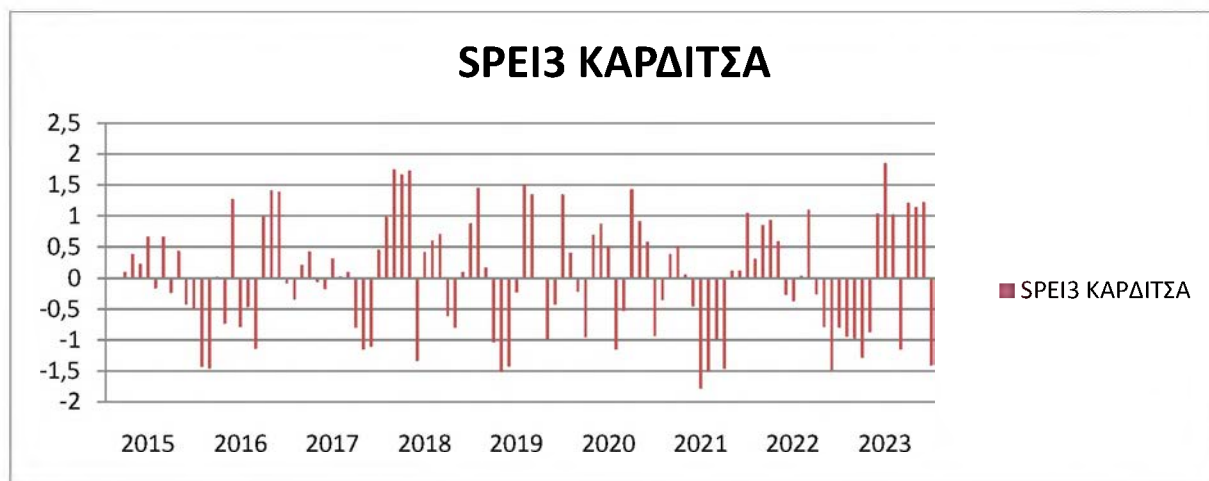
3.7 Διαγράμματα μεταβολής και αποτελέσματα SPEI 2015-2023 για Καρδίτσα.



Διάγραμμα 32 : SPEI1 ΚΑΡΔΙΤΣΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος	modratly dry	near normal	modratly wet	near normal	near normal	Severly dry	near normal	near normal	near normal
Φεβρουάριος	near normal	modratly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	modratly wet	modratly dry
Μάρτιος	near normal	modratly wet	near normal	modratly dry	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Απρίλιος	near normal	Severly dry	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal
Μάιος	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	modratly wet
Ιούνιος	modratly wet	Severly dry	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	modratly wet
Ιούλιος	near normal	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Αύγουστος	modratly wet	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	modratly wet	near normal
Σεπτέμβριος	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	very wet
Οκτώβριος	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	modratly dry
Νοέμβριος	near normal	near normal	near normal	very wet	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal	modratly dry
Δεκέμβριος	modratly dry	near normal	modratly wet	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal

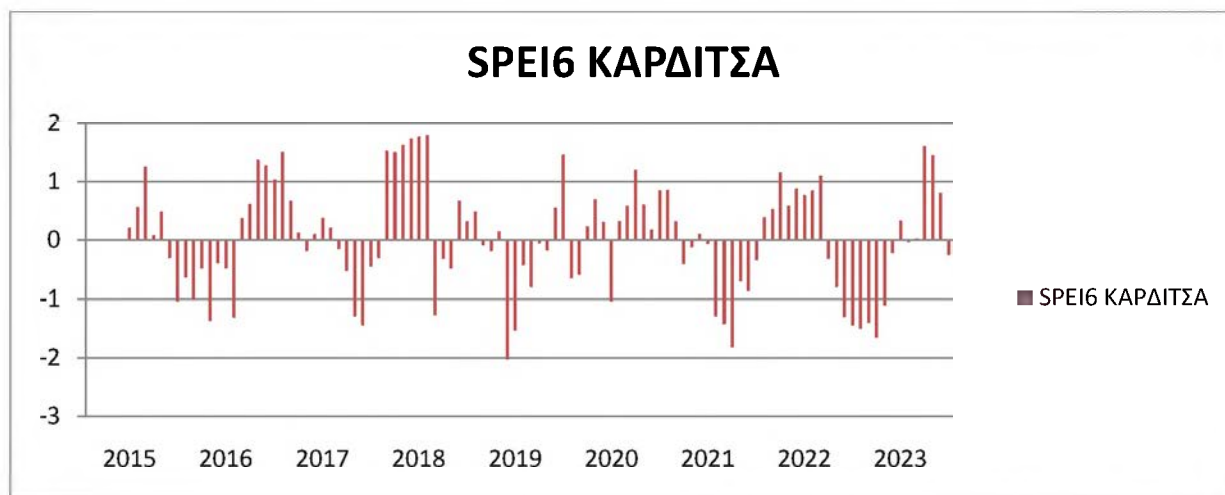
Πίνακας 34 : Αποτελέσματα SPEI1 Καρδίτσα



Διάγραμμα 33 : SPEI3 ΚΑΡΔΙΤΣΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		modratly dry	near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal
Φεβρουάριος		modratly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Μάρτιος	near normal	near normal	near normal	very wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Απρίλιος	near normal	near normal	near normal	very wet	Severly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Μάιος	near normal	modratly wet	near normal	modratly dry	modratly dry	near normal	near normal	near normal	modratly wet
Ιούνιος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	near normal	very wet
Ιούλιος	near normal	near normal	near normal	near normal	very wet	modratly dry	Severly dry	near normal	modratly wet
Αύγουστος	near normal	modratly dry	near normal	near normal	modratly wet	near normal	modratly dry	modratly wet	modratly dry
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	modratly wet
Οκτώβριος	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet
Νοέμβριος	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	modratly wet
Δεκέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal	modratly wet	near normal	modratly dry

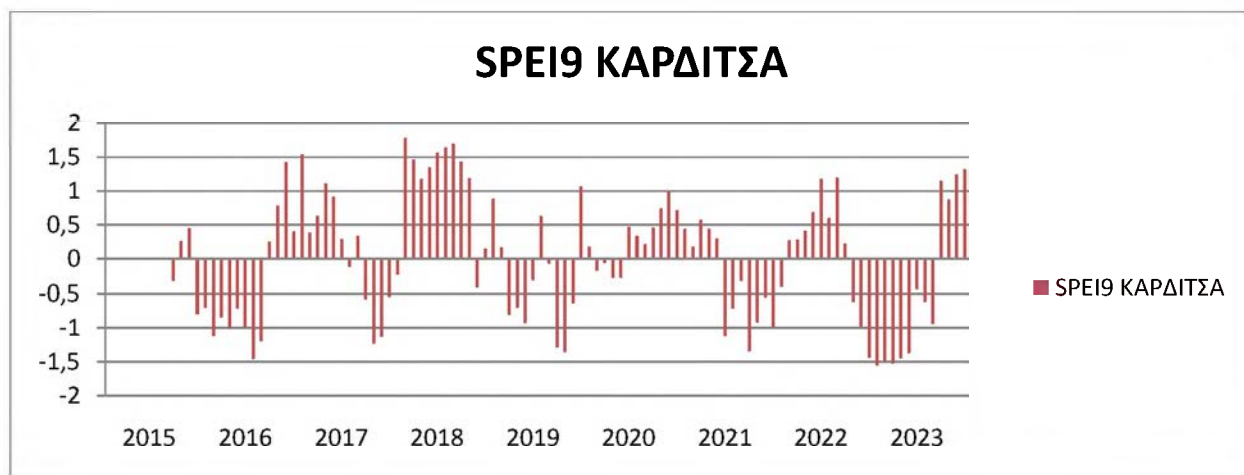
Πίνακας 35 : Αποτελέσματα SPEI3 Καρδίτσα



Διάγραμμα 34 : SPEI6 ΚΑΡΔΙΤΣΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Φεβρουάριος		modratly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Μάρτιος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	modratly wet	Severly dry
Απρίλιος		modratly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Μάιος		near normal	near normal	very wet	extremlydry	near normal	near normal	near normal	near normal
Ιούνιος	near normal	near normal	near normal	very wet	Severly dry	modratly dry	near normal	near normal	near normal
Ιούλιος	near normal	modratly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal
Αύγουστος	modratly wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	modratly dry	modratly wet	near normal
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet	Severly dry	near normal	very wet
Οκτώβριος	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet
Νοέμβριος	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal
Δεκέμβριος	modratly dry	modratly wet	near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal

Πίνακας 36 : Αποτελέσματα SPEI6 Καρδίτσα



Διάγραμμα 35 : SPEI9 ΚΑΡΔΙΤΣΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Φεβρουάριος		modratly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Μάρτιος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Απρίλιος		modratly dry	modratly wet	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Μάιος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Ιούνιος		modratly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	modratly dry	modratly wet	near normal
Ιούλιος		modratly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Αύγουστος		modratly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	modratly dry	near normal	modratly wet
Οκτώβριος	near normal	near normal	modratly dry	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Νοέμβριος	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet
Δεκέμβριος	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	modratly dry	modratly wet

Πίνακας 37 : Αποτελέσματα SPEI9 Καρδίτσα

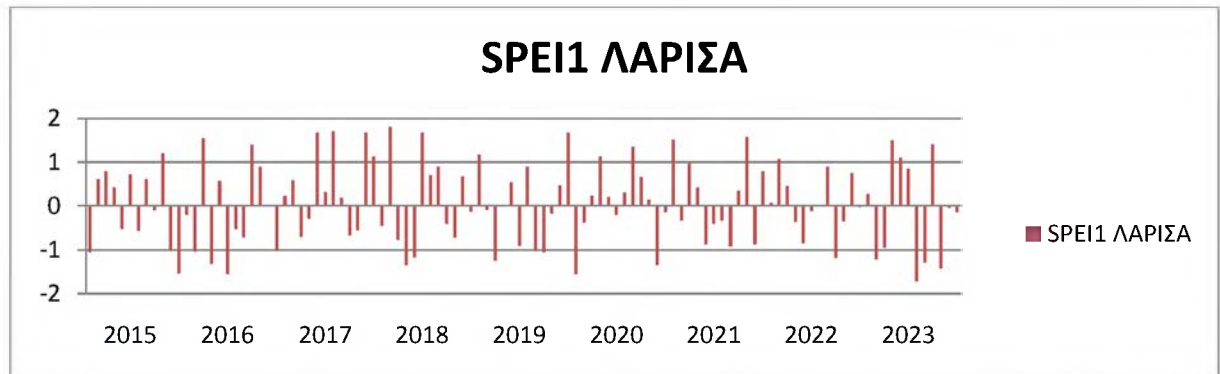


Διάγραμμα 36 : SPEI12 ΚΑΡΔΙΤΣΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		near normal	near normal	near normal	very wet	modratly dry	near normal	near normal	modratly dry
Φεβρουάριος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Μάρτιος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Απρίλιος		modratly dry	modratly wet	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Μάιος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Ιούνιος		modratly dry	near normal	very wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Ιούλιος		modratly dry	modratly wet	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Αύγουστος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Σεπτέμβριος		near normal	near normal	modratly wet	near normal	modratly wet	Severly dry	near normal	near normal
Οκτώβριος		near normal	modratly dry	very wet	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal
Νοέμβριος		near normal	Severly dry	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Δεκέμβριος	Extremly dry	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal

Πίνακας 38 : Αποτελέσματα SPEI12 Καρδίτσα

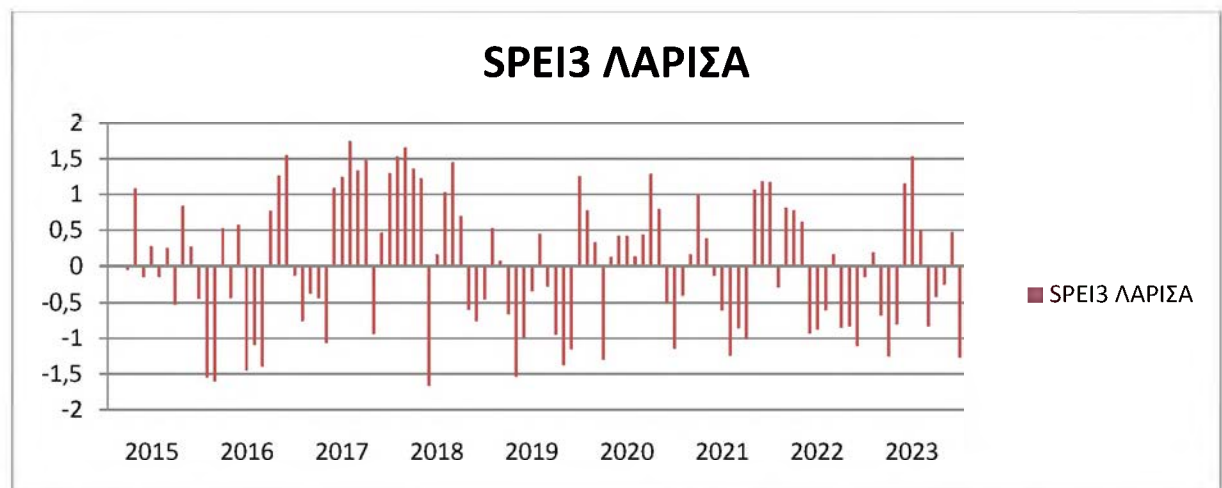
3.8 Διαγράμματα μεταβολής και αποτελέσματα SPEI 2015-2023 για Λάρισα .



Διάγραμμα 37 : SPEI1 ΛΑΡΙΣΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος	modratly dry	near normal	near normal	near normal	modratly wet	Severly dry	very wet	near normal	near normal
Φεβρουάριος	near normal	modratly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	modratly wet	modratly dry
Μάρτιος	near normal	very wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Απρίλιος	near normal	modratly dry	near normal	modratly dry	near normal	modratly wet	near normal	near normal	very wet
Μάιος	near normal	near normal	very wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly wet
Ιούνιος	near normal	Severly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Ιούλιος	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Αύγουστος	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	modratly wet	near normal	near normal	modratly dry
Σεπτέμβριος	near normal	modratly wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	modratly dry	modratly wet
Οκτώβριος	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	very wet	near normal	modratly dry
Νοέμβριος	modratly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal
Δεκέμβριος	Severly dry	modratly dry	modratly wet	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal

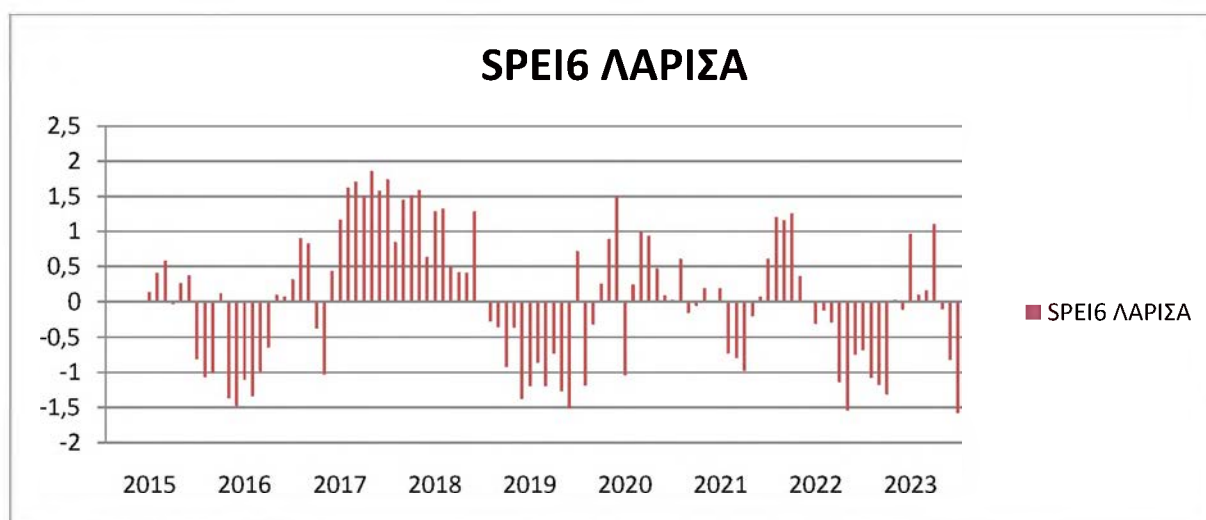
Πίνακας 39 : Αποτελέσματα SPEI1 Λάρισα



Διάγραμμα 38 : SPEI3 ΛΑΡΙΣΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		Severly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Φεβρουάριος		Severly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Μάρτιος	near normal	near normal	near normal	modratly wet	near normal	modratly dry	near normal	near normal	modratly dry
Απρίλιος	modratly wet	near normal	modratly dry	modratly wet	Severly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Μάιος	near normal	near normal	modratly wet	Severly dry	modratly dry	near normal	near normal	near normal	modratly wet
Ιούνιος	near normal	modratly dry	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	very wet
Ιούλιος	near normal	modratly dry	very wet	modratly wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal	near normal
Αύγουστος	near normal	modratly dry	modratly wet	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	modratly wet	near normal	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal
Οκτώβριος	near normal	modratly wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal	modratly wet	near normal	near normal
Νοέμβριος	near normal	very wet	near normal	near normal	modratly dry	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal
Δεκέμβριος	near normal	near normal	modratly wet	near normal	modratly wet	modratly dry	modratly wet	near normal	modratly dry

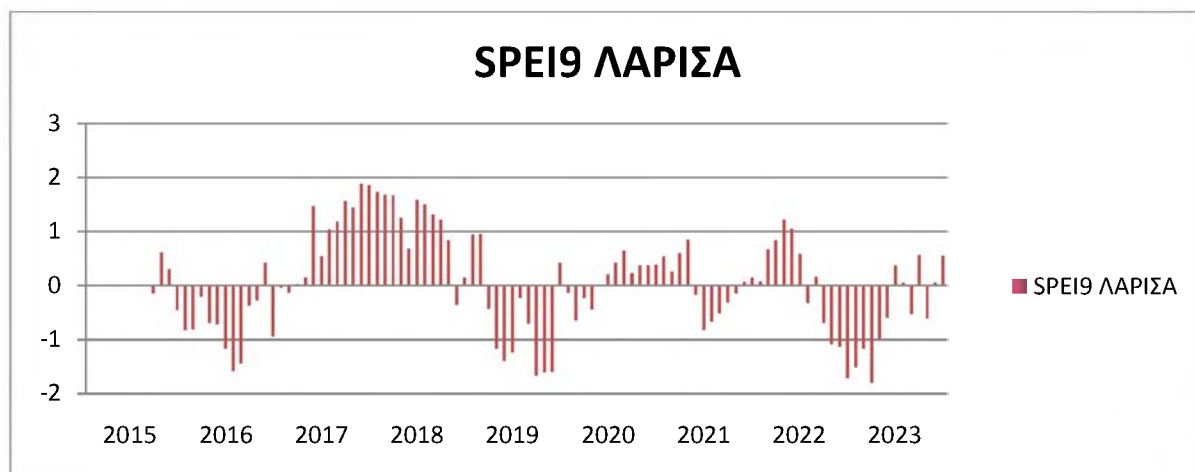
Πίνακας 40 : Αποτελέσματα SPEI3 Λάρισα



Διάγραμμα 39 : SPEI6 ΛΑΡΙΣΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		modratly dry	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal	modratly wet	modratly dry
Φεβρουάριος		modratly dry	near normal	modratly wet	near normal	near normal	near normal	modratly wet	modratly dry
Μάρτιος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	modratly wet	modratly dry
Απρίλιος		modratly dry	modratly dry	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Μάιος		modratly dry	near normal	near normal	modratly dry	modratly wet	near normal	near normal	near normal
Ιούνιος	near normal	modratly dry	modratly wet	modratly wet	modratly dry	modratly dry	near normal	near normal	near normal
Ιούλιος	near normal	modratly dry	very wet	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Αύγουστος	near normal	near normal	very wet	near normal	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry	modratly wet
Οκτώβριος	near normal	near normal	very wet	near normal	modratly dry	near normal	near normal	Severly dry	near normal
Νοέμβριος	near normal	near normal	very wet	modratly wet	Severly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Δεκέμβριος	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry

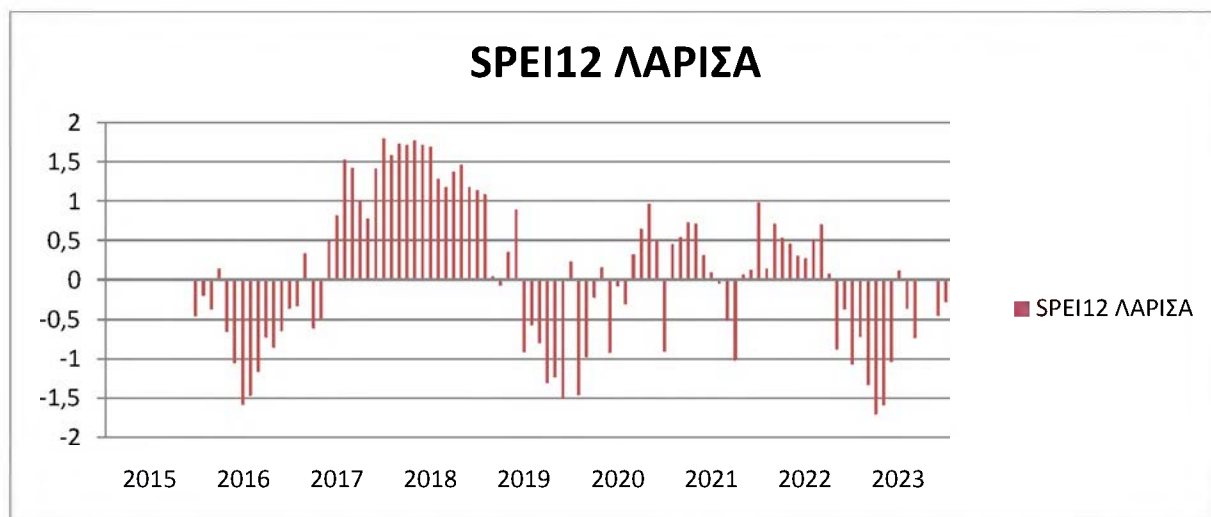
Πίνακας 41 : Αποτελέσματα SPEI6 Λάρισα



Διάγραμμα 40 : SPEI9 ΛΑΡΙΣΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Φεβρουάριος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Μάρτιος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Απρίλιος		near normal	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal	modratly wet	near normal
Μάιος		near normal	modratly wet	near normal	modratly dry	near normal	near normal	modratly wet	near normal
Ιούνιος		modratly dry	near normal	very wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Ιούλιος		Severly dry	modratly wet	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Αύγουστος		modratly dry	modratly wet	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Σεπτέμβριος	near normal	near normal	very wet	modratly wet	Severly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Οκτώβριος	near normal	near normal	modratly wet	near normal	Severly dry	near normal	near normal	modratly dry	near normal
Νοέμβριος	near normal	near normal	very wet	near normal	Severly dry	near normal	near normal	modratly dry	near normal
Δεκέμβριος	near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry	near normal

Πίνακας 42 : Αποτελέσματα SPEI9 Λάρισα



Διάγραμμα 41 : SPEI12 ΛΑΡΙΣΑ

Μήνας	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ιανουάριος		near normal	near normal	very wet	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal
Φεβρουάριος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Μάρτιος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Απρίλιος		near normal	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	Severly dry
Μάιος		modratly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	modratly dry
Ιούνιος		Severly dry	near normal	very wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Ιούλιος		modratly dry	very wet	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Αύγουστος		modratly dry	modratly wet	modratly wet	near normal	near normal	near normal	near normal	near normal
Σεπτέμβριος		near normal	modratly wet	modratly wet	modratly dry	near normal	modratly dry	near normal	near normal
Οκτώβριος		near normal	near normal	modratly wet	modratly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Νοέμβριος		near normal	modratly wet	modratly wet	Severly dry	near normal	near normal	near normal	near normal
Δεκέμβριος	near normal	near normal	very wet	modratly wet	near normal	near normal	near normal	modratly dry	near normal

Πίνακας 43 : Αποτελέσματα SPEI12 Λάρισα

3.9 Επεισόδια ξηρασίας για SPI και SPEI .

	Εξαιρετική ξηρασία		Σημαντική ξηρασία		Μέτρια ξηρασία	
Σταθμός	SPI1	SPEI1	SPI1	SPEI1	SPI1	SPEI1
Τρίκαλα	2	0	3	2	7	15
Βόλος	0	0	5	2	18	20
Καρδίτσα	4	0	3	3	10	13
Λάρισα	1	0	6	4	12	15

	Εξαιρετική ξηρασία		Σημαντική ξηρασία		Μέτρια ξηρασία	
Σταθμός	SPI3	SPEI3	SPI3	SPEI3	SPI3	SPEI3
Τρίκαλα	0	2	6	5	14	12
Βόλος	1	1	5	3	13	17
Καρδίτσα	1	0	7	3	11	15
Λάρισα	2	0	5	4	14	14

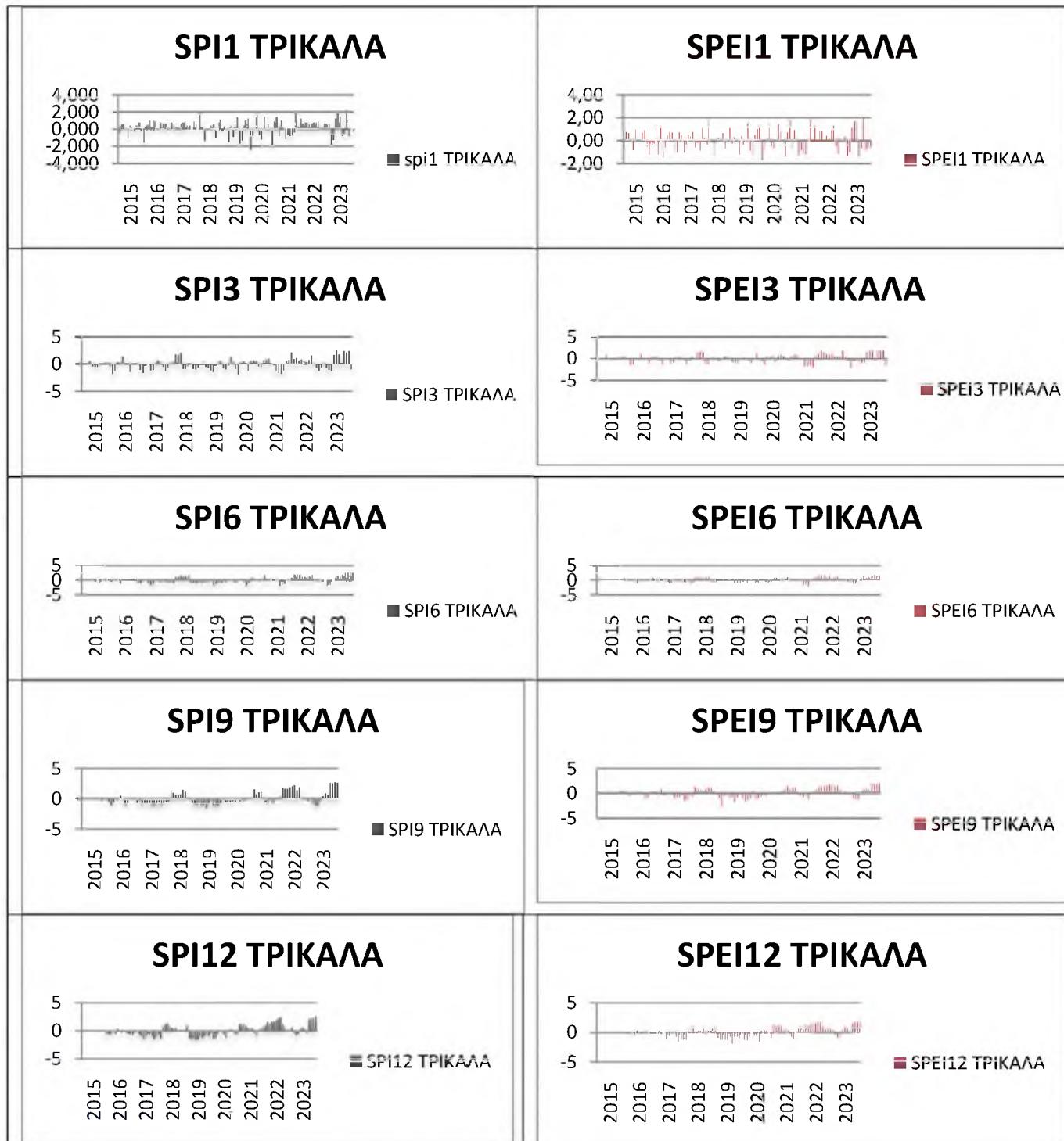
	Εξαιρετική ξηρασία		Σημαντική ξηρασία		Μέτρια ξηρασία	
Σταθμός	SPI6	SPEI6	SPI6	SPEI6	SPI6	SPEI6
Τρίκαλα	0	1	5	3	6	11
Βόλος	4	3	3	6	6	3
Καρδίτσα	0	1	9	4	9	14
Λάρισα	0	0	2	3	9	17

	Εξαιρετική ξηρασία		Σημαντική ξηρασία		Μέτρια ξηρασία	
Σταθμός	SPI9	SPEI9	SPI9	SPEI9	SPI9	SPEI9
Τρίκαλα	0	1	1	4	14	12
Βόλος	0	2	7	3	9	10
Καρδίτσα	1	0	7	3	8	14
Λάρισα	0	0	3	7	10	8

	Εξαιρετική ξηρασία		Σημαντική ξηρασία		Μέτρια ξηρασία	
Σταθμός	SPI12	SPEI12	SPI12	SPEI12	SPI12	SPEI12
Τρίκαλα	0	0	2	3	13	13
Βόλος	0	1	8	6	7	10
Καρδίτσα	1	1	7	3	7	12
Λάρισα	0	0	1	4	9	10

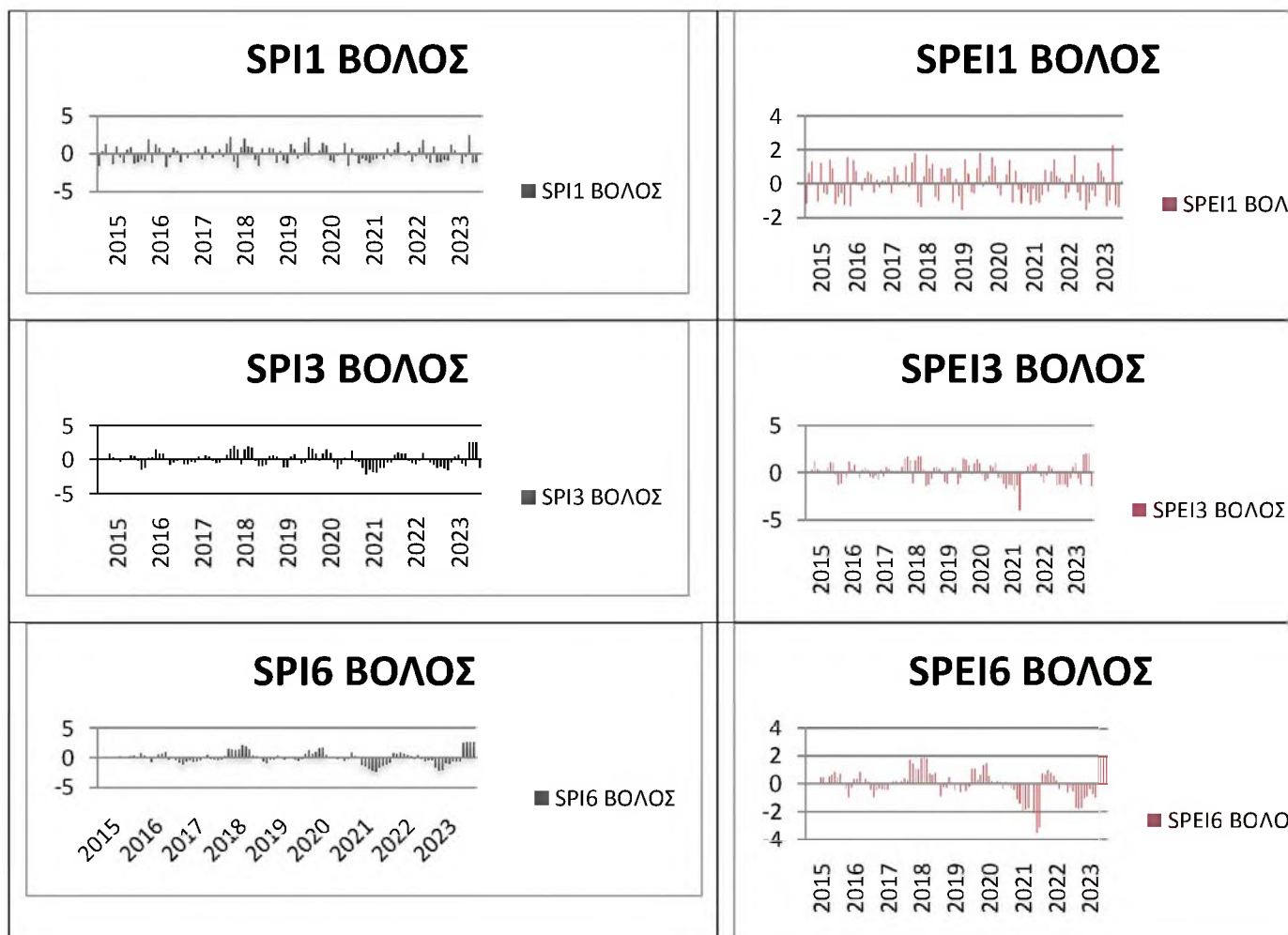
Πίνακας 44 : Ξηρασίες

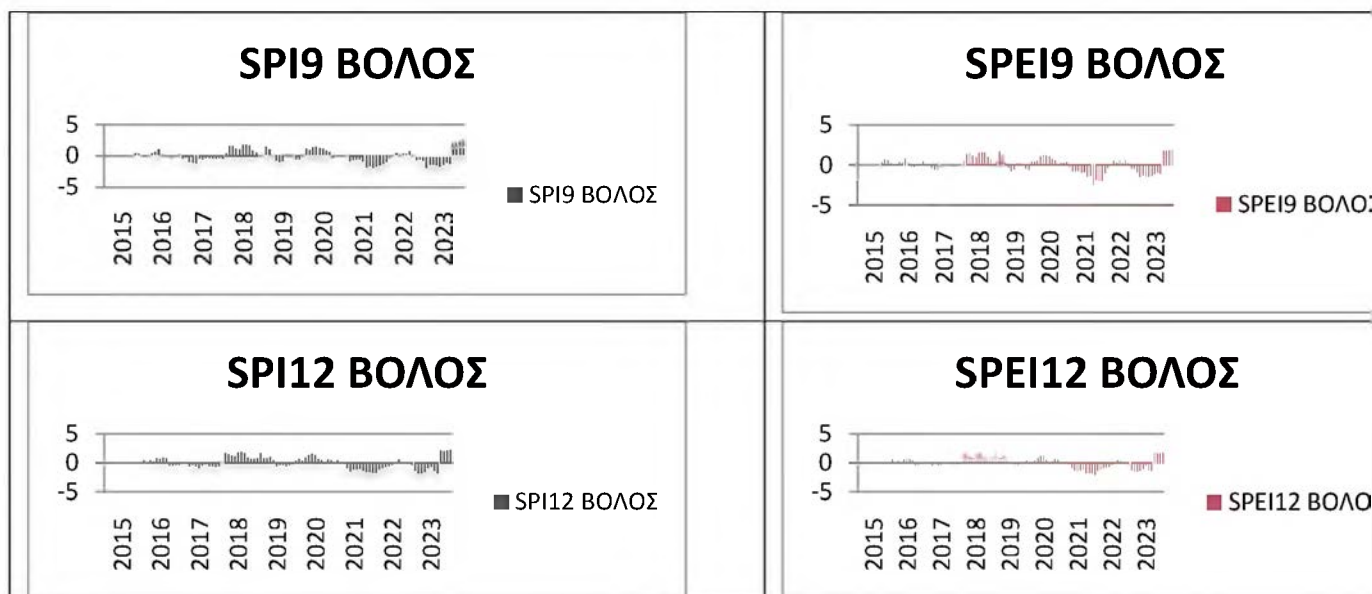
3.10 Συμπεράσματα



Διάγραμμα 42 : Διαφορές SPI και SPEI Τρίκαλα

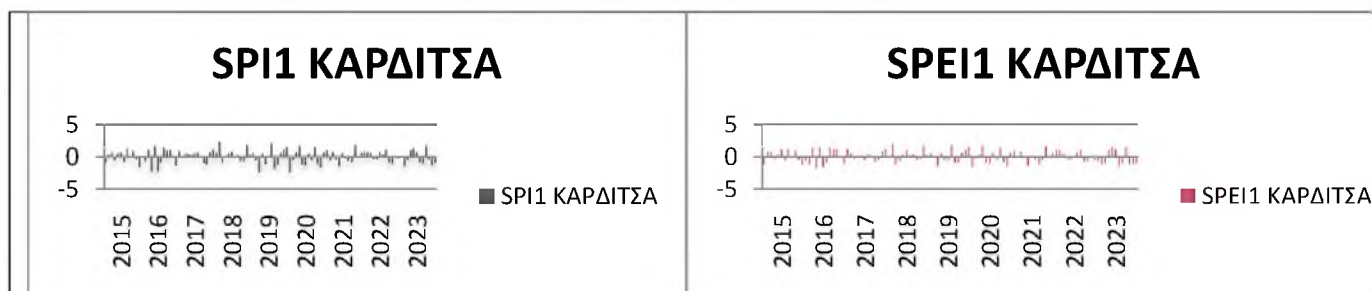
Για τη περιοχή των Τρικάλων παρατηρούνται ελάχιστες διαφορές στα διαγράμματα και των δύο δεικτών . Για χρονική κλίμακα 1 μήνα στο διάγραμμα του SPI γίνονται αντιληπτές δύο εξαιρετικές ξηρασίες το 2019 και το 2020 , οι οποίες δεν εμφανίζονται στο διάγραμμα του SPEI . Αντιθέτως για χρονική κλίμακα 3 μηνών διάγραμμα SPEI παρατηρούνται δύο εξαιρετικές ξηρασίες το 2021 και το 2022 ,ενώ στο διάγραμμα του SPI όχι . Για χρονική κλίμακα 6 και 9 μηνών και στα δύο διαγράμματα SPEI εμφανίζονται δύο εξαιρετικές ξηρασίες το 2021 και το 2018-2019 αντίστοιχα . Στο SPI9 εμφανίζεται ένα επεισόδιο ξηρασίας το 2018 – 2019 με μέτριες και σημαντικές ξηρασίες . Τέλος για χρονική κλίμακα 12 μηνών οι διαφορές είναι ελάχιστες και συμπεραίνεται ότι η περιοχή αυτή αντιμετώπισε προβλήματα ξηρασίας.

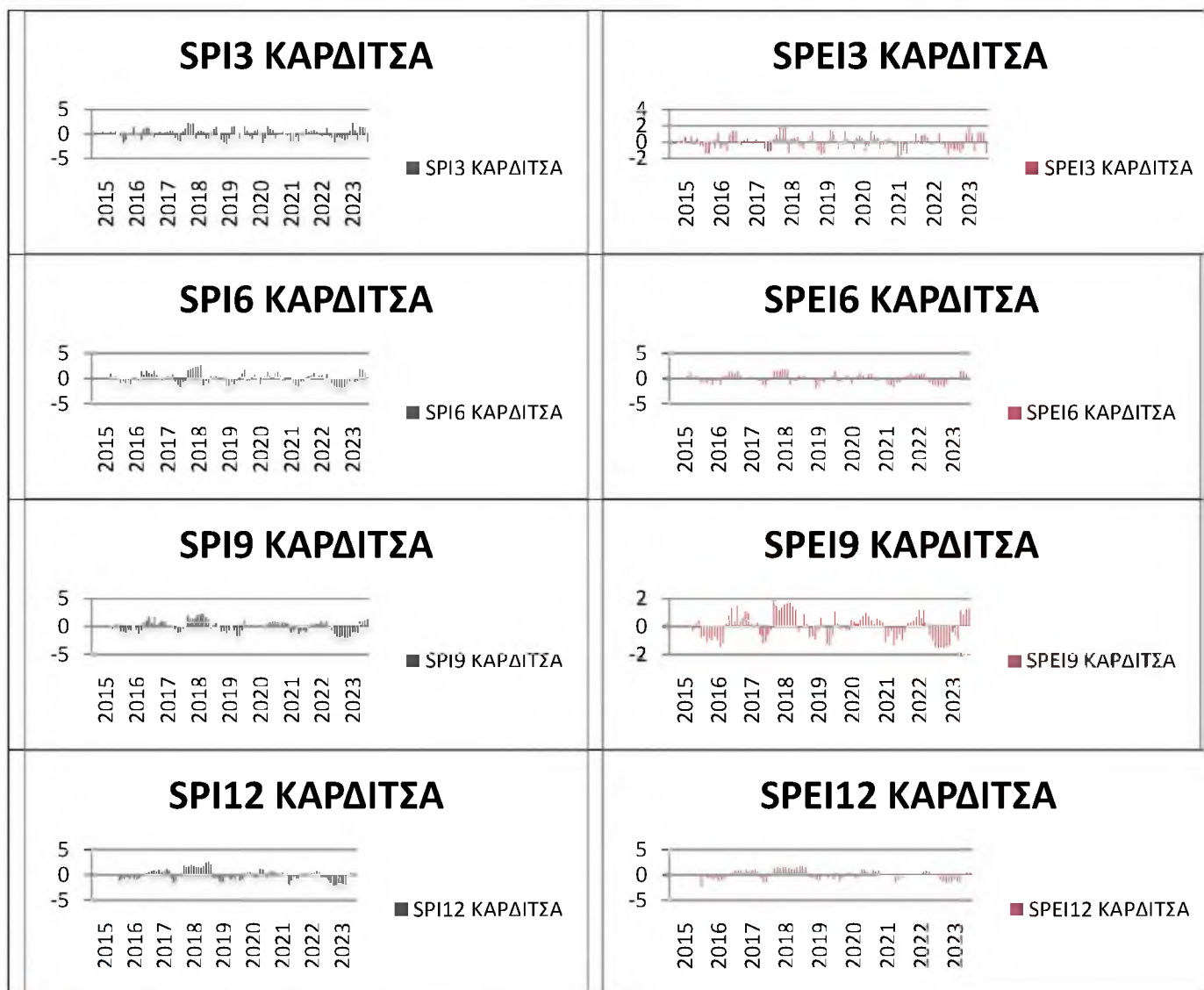




Διάγραμμα 43 : Διαφορές SPI και SPEI για Βόλο

Για την περιοχή του Βόλου τα διαγράμματα παρουσιάζουν ελάχιστες διαφορές . Για χρονική κλίμακα 1 μήνα δεν παρατηρούνται εξαιρετικές ξηρασίες , αλλά σημαντικές ξηρασίες . Συγκεκριμένα εμφανίζονται τρεις παραπάνω σημαντικές ξηρασίες στο SPI το 2015 και το 2016 και το 2018 πολύ μικρής διάρκειας . Στα SPI3 και SPEI3 μηνών οι εξαιρετικές ξηρασίες γίνονται αντιληπτές και στα δύο γραφήματα το ίδιο έτος 2021 . Για χρονική κλίμακα 6 μηνών και στα δύο διαγράμματα είναι εμφανής μία εξαιρετική ξηρασία το 2021 για τέσσερις μήνες περίπου και μία εξίσου σημαντική ξηρασία τριών μηνών στις αρχές του 2023 . Για χρονοδιάγραμμα 9 μηνών οι δύο αυτές ξηρασίες γίνονται αντιληπτές αλλά στο διάγραμμα SPEI 9 γίνεται πιο έντονη . Ακριβώς το ίδιο παρατηρείται για χρονοδιάγραμμα 12 μηνών , όπου στο SPEI12 η ξηρασία το 2021 είναι πιο έντονη . Τα τελευταία χρόνια , σύμφωνα με τα διαγράμματα παρατηρείτε ότι ο Βόλος αντιμετώπισε και αυτός φαινόμενα ξηρασίας .

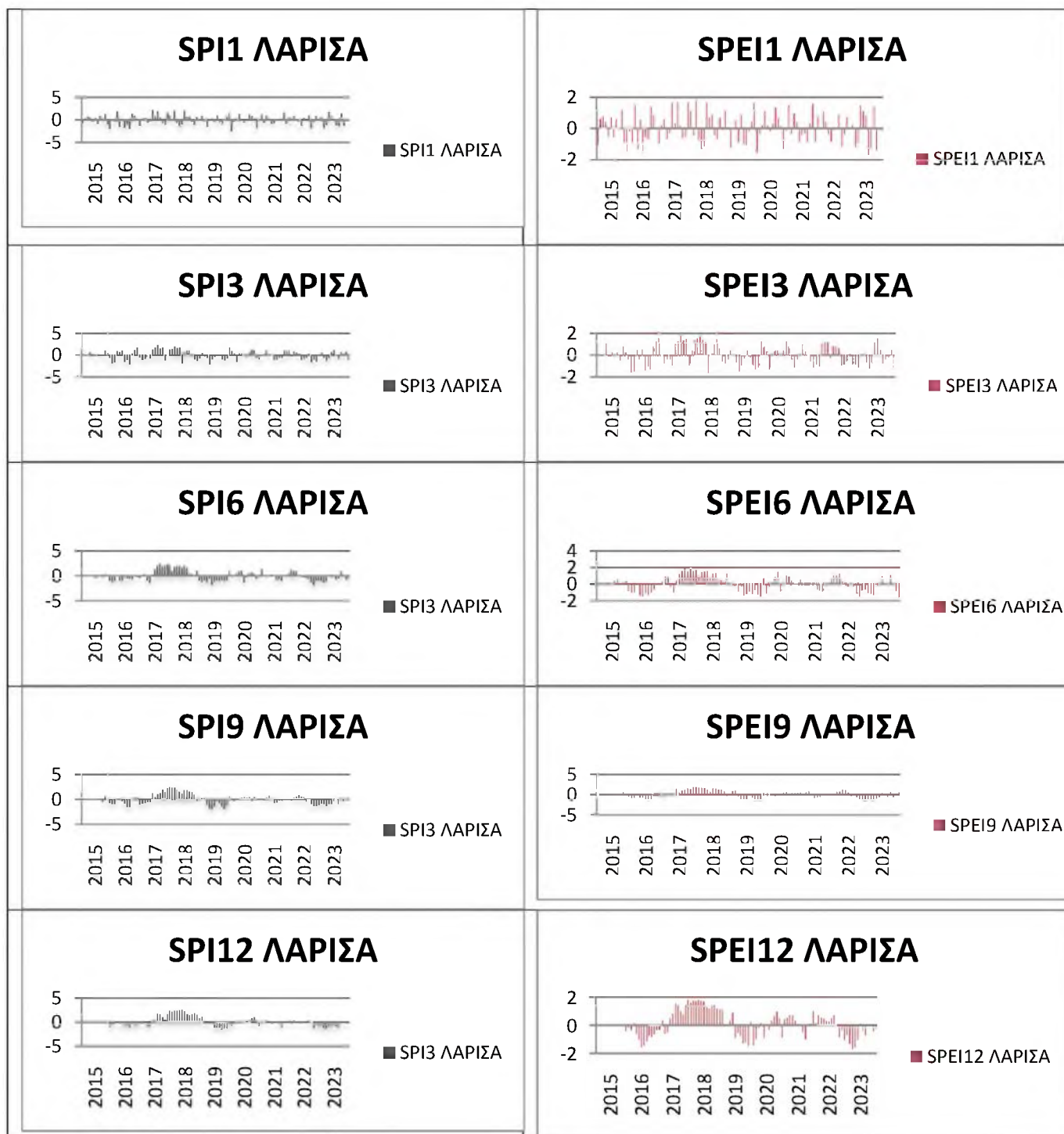




Πίνακας 45 : Διαφορές SPI και SPEI για Καρδίτσα

Στη περιοχή της Καρδίτσας , τα διαγράμματα των δεικτών της παρουσιάζουν και αυτά ελάχιστες διαφορές μεταξύ τους . Αρχικά για χρονοδιάγραμμα 1 μήνα στο διάγραμμα SPI παρατηρούνται 2 εξαιρετικές ξηρασίες το 2016 και άλλες 2 εξαιρετικές το 2019-2020 , ενώ στο SPEI είναι μέτριας έντασης . Για χρονική κλίμακα 3 μηνών το 2019 στο SPI υπάρχει μια εξαιρετική ξηρασία , ενώ στο SPEI είναι σημαντική . Για χρονική κλίμακα 6 μηνών η ξηρασία το 2019 στο διάγραμμα γίνεται εξαιρετική ενώ στο SPI , σημαντική και για χρονική κλίμακα 9 μηνών είναι εμφανής μια εξαιρετική ξηρασία το 2023 στο SPI . Οι υπόλοιπες ξηρασίες στο SPI και στο SPEI είναι μέτρια έντασης . Τέλος για χρονική περίοδο 12 μηνών το 2015 στο SPEI η ξηρασία είναι εξαιρετική , ενώ στο SPI είναι μέτρια . Επίσης και στα δύο διαγράμματα το 2017 παρατηρούνται μέτριες έντασης , ενώ το 2023 σημαντικές ξηρασίες . Από τα διαγράμματα παρατηρείται ότι η Καρδίτσα πάσχει από σημαντικά προβλήματα έλλειψης νερού , αφού υπάρχουν ξηρασίες μεγάλης διάρκειας και οι

βροχοπτώσεις δεν είναι ικανές να καλύψουν τις ανάγκες της . Επίσης το SPI12 το 2023 μετά το φαινόμενο Daniel παρουσιάζει ξηρασία ενώ το SPEI12 όχι .



Πίνακας 46 : Διαφορές SPI και SPEI για Λάρισα

Στη περιοχή της Λάρισας για χρονική κλίμακα 1 μήνα εμφανίζονται πολλά επεισόδια ξηρασίας μικρής έντασης εκτός από αυτό στο διάγραμμα SPI το 2020 που αποτελεί φαινόμενο εξαιρετικής ξηρασίας ενώ , στο SPEI είναι μεγαλύτερης έντασης . Για χρονική κλίμακα 3 μηνών στο SPI είναι εμφανείς δύο εξαιρετικές ξηρασίες το 2016 και το 2019 ενώ στο SPEI χαρακτηρίζονται ως σημαντικές . Στο επόμενο χρονοδιάγραμμα 6 μηνών στο SPI και SPEI γίνονται αντιληπτές 2 σημαντικές ξηρασίες το 2019 και το 2022 . Στο SPEI6 υπάρχει άλλη μια σημαντική το 2023 . Στα χρονοδιαγράμματα SPI9 και SPEI9 παρατηρούνται τρεις ξηρασίες σημαντικής και μεγάλης διάρκειας το 2016 , το 2019 και το 2023 . Για χρονική κλίμακα 12 μηνών τα διαγράμματα δεν διαφοροποιούνται πολύ , με τη διαφορά ότι το 2016 στο SPI η ξηρασία είναι μικρής έντασης , ενώ στο SPEI χαρακτηρίζεται ως σημαντική . Σύμφωνα με τα αποτελέσματα η περιοχή της Λάρισας αντιμετωπίζει σοβαρά πρόβλημα λειψυδρίας , ακόμα και το 2023 μετά το φαινόμενο του Daniel .

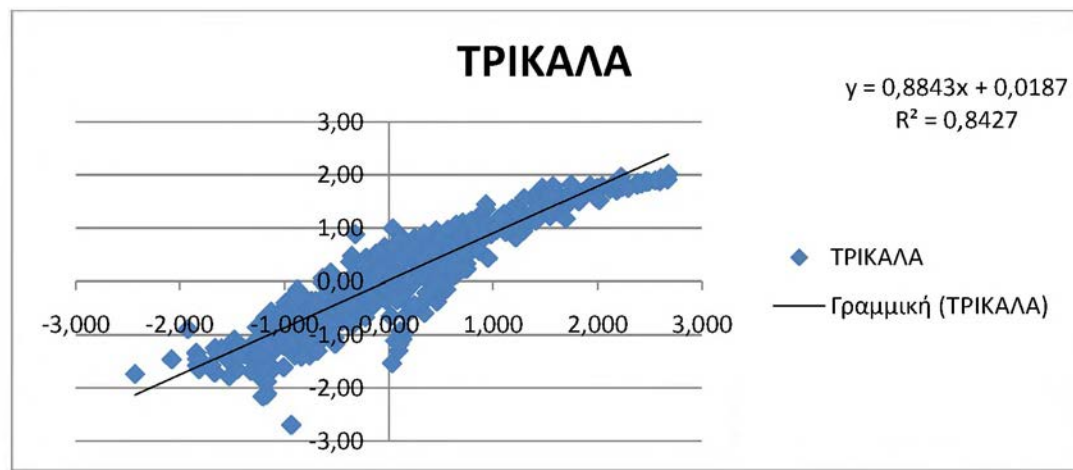
Συμπερασματικά , για τη χρονική περίοδο 9 ετών από το 2015-2023 που έγινε η μελέτη οι περιοχές της Θεσσαλίας υποφέρουν από το φαινόμενο της ξηρασίας , ιδιαίτερα οι περιοχές της Λάρισας και της Καρδίτσας . Επίσης υπάρχουν και μεγάλες αλλαγές μεταξύ των φαινομένων ξηρασίας και των βροχοπτώσεων . Από ότι φαίνεται η μεγάλη ποσότητα νερού που έπεσε στη Θεσσαλία τον Σεπτέμβρη του 2023 (Daniel) δεν είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες της , αφού στον πίνακα 46 το 2023 οι τιμές των SPI και SPEI έχουν αρνητικές τιμές . Αν και για πιο ακριβή και αξιόπιστα αποτελέσματα πρέπει να πραγματοποιηθεί έρευνα για περισσότερα χρόνια .

Η σύγκριση των δεικτών SPI και SPEI ανέδειξε αρκετές διαφορές σε ότι έχει να κάνει με την ένταση της ξηρασίας , κυρίως λόγω του παράγοντα της θερμοκρασίας στο SPEI , ο οποίος λαμβάνει υπόψη την εξατμισοδιαπνοή . Ως αποτέλεσμα , ο SPEI μπορεί να θεωρηθεί πιο ολοκληρωμένος και αξιόπιστος δείκτης για την αξιολόγηση της ξηρασίας, ιδιαίτερα σε περιοχές με έντονες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις , όπως η Θεσσαλία . Ωστόσο , ο SPI παραμένει ένας πολύτιμος δείκτης , ειδικά όταν επικεντρώνεται αποκλειστικά στις μεταβολές των βροχοπτώσεων .

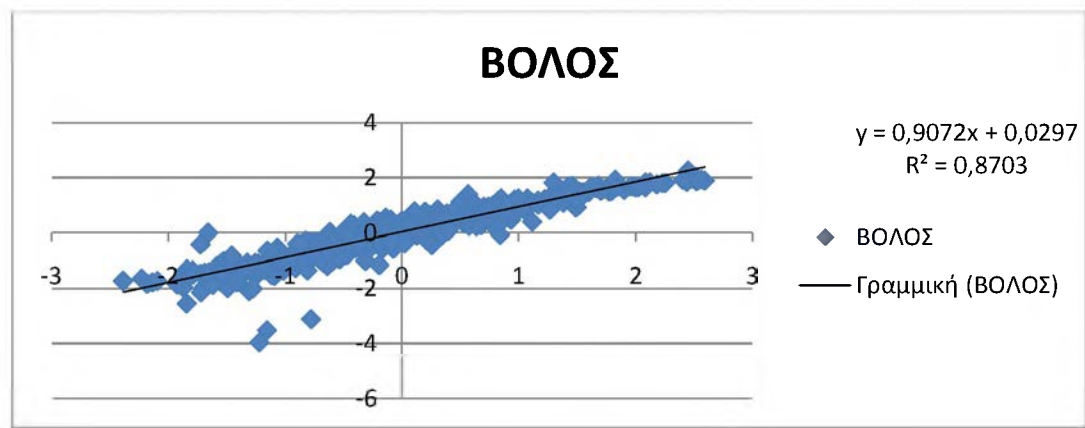
Τέλος για την αντιμετώπιση της ξηρασίας στην περιοχή απαιτούνται στοχευμένες στρατηγικές διαχείρισης υδάτων και ενίσχυση των υποδομών για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής . Η συνεχής παρακολούθηση και ανάλυση των δεικτών ξηρασίας , όπως οι SPI και SPEI , που μελετήθηκαν είναι απαραίτητη για την έγκαιρη ανίχνευση και διαχείριση των φαινομένων ξηρασίας, με στόχο την προστασία της γεωργίας και των πόρων της Θεσσαλίας.

3.11 Συντελεστές συσχέτισης για SPI – SPEI

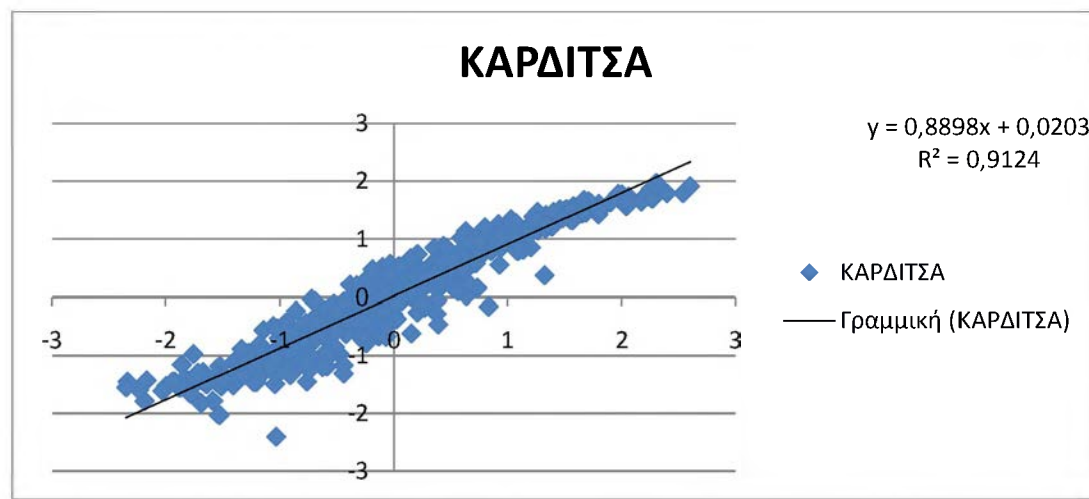
Με τη χρήση του excel πραγματοποιήθηκε στατιστικός έλεγχος για τις τιμές όλων των SPI και SPEI και για τις τέσσερις περιοχές . Ο έλεγχος έγινε με συντελεστή συσχέτισης r και προδιορισμού R² . Ακολουθούν τα εξής διαγράμματα :



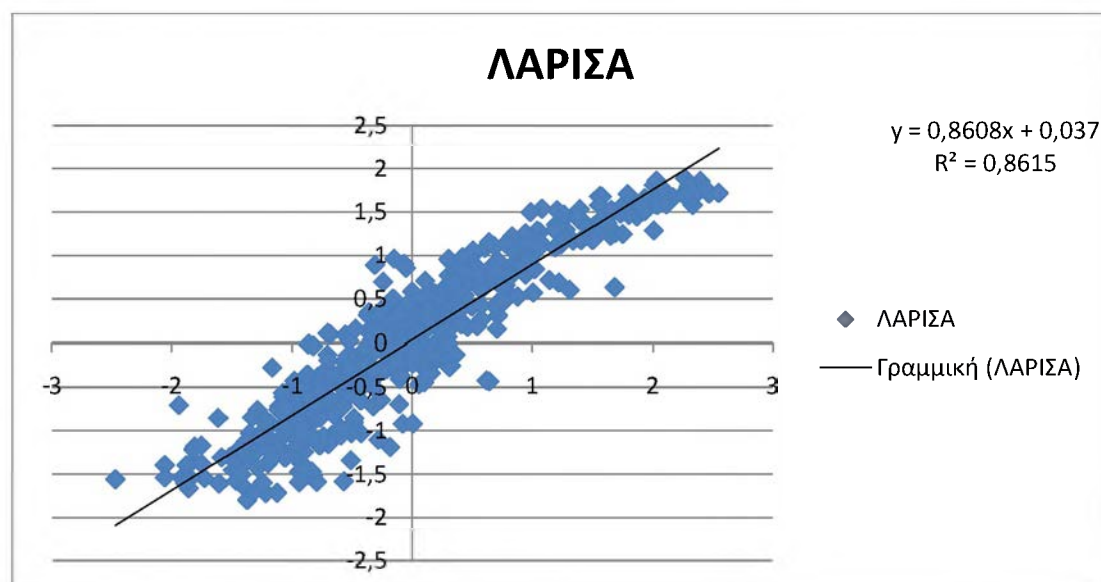
Διάγραμμα 44 : Διάγραμμα διασποράς για Τρίκαλα



Διάγραμμα 45 : Διάγραμμα διασποράς για Βόλο



Διάγραμμα 46 : Διάγραμμα διασποράς για Καρδίτσα



Διάγραμμα 47 : Διάγραμμα διασποράς για Λάρισα

	Συντελεστής συσχέτισης r	R ²
ΤΡΙΚΑΛΑ	0,917978971	0,8427
ΒΟΛΟΣ	0,93534055	0,8703
ΚΑΡΔΙΤΣΑ	0,955205852	0,9124
ΛΑΡΙΣΑ	0,928187911	0,8615

Πίνακας 47 : Συντελεστές συσχέτισης

Οι τιμές του συντελεστή r : $0,91 - 0,95$ δείχνουν ότι υπάρχει πολύ ισχυρή θετική συσχέτιση για τις τιμές του SPI και SPEI , δηλαδή η συσχέτιση είναι σχεδόν γραμμική , και οι τιμές των δύο μεταβλητών βρίσκονται πολύ κοντά σε μια ευθεία γραμμή .

Οι τιμές του συντελεστή R^2 : $0,84 - 0,91$ δείχνουν ένα πολύ καλό επίπεδο προσαρμογής του μοντέλου, κάτι που είναι θετικό όταν χρειάζεται υψηλή ακρίβεια για τις προβλέψεις μας .

4. Βιβλιογραφία

1 Angelidis P., Maris F., Kotsovinos N., & Hrissanthou V. (2012). Computation of Drought Index SPI with Alternative Distribution Functions. *Water Resources Management*, 26(9), 5-22 .

2 Beguería S. [aut, cre] , Vicente-Serrano S. M. [aut] (2007). How to use the package 'SPEI' for basic calculations.

3 Karacostas Th. , Bampzelis D. “Εφαρμογή του δείκτη ξηρασίας SPEI για την περιοχή της Λάρισας στο πλαίσιο του προγράμματος «ΔΑΦΝΗ»” , October 2015 , Conference: 9ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής ΜηχανικήςAt: Thessaloniki Greece , 99-101

4 Karampatakis T., 2017: Drought Analysis using Meteorological Drought Indices, in Thessaly region, Greece.Greek-French program of postgraduate studies “Management of Hydrometeorological Hazards-Hydrohasards”, 1-71.

5 Lee S. , Moriasi D. , Danan Deh Mehr A. , Mirchi A. "Sensitivity of Standardized Precipitation and Evapotranspiration Index (SPEI) to the choice of SPEI probability distribution and evapotranspiration method" June 2024 *Journal of Hydrology Regional Studies* 53(Part A):101761 , 5-10 .

6 Loukas, A., & Vasiliades, L. (2004). Probabilistic analysis of drought spatiotemporal characteristics in Thessaly region, Greece. *Natural Hazards and Earth System Science*, 4(5/6), 720-731 .

7 McKee, B. T., Doesken J. N. , & Kleist J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology* (179-184). American Meteorological Society.

8 Tsakiris, G., Loukas, A., Pangalou, D., Vangelis, H., Tigkas, D., Rossi, G., & Cancelliere, A. (2007). Drought characterization. Drought management guidelines technical annex, 85-102.

9 Vicente-Serrano S. M. , Beguería S. και López-Moreno J. “ A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming : The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index 2010 “Journal of Climate 23(7):1696-1718 , 4-12

10 Αναγνωστοπούλου Χ. (2003), Συμβολή στη μελέτη της ξηρασίας στον ελληνικό χώρο , Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ)

11 Βασιλειάδης, Λ. (2010), Χωροχρονική ανάλυση, προσομοίωση και πρόγνωση ξηρασίας στην υδρολογική λεκάνη Πηνειού ποταμού Θεσσαλίας , Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

12 Μαμάσης Ν. και Κουτσογιάννης Δ. (2007) , Φυσικές, κοινωνικές και τεχνολογικές πτυχές της ξηρασίας - Το παράδειγμα της Αθήνας (Physical, social and technological aspects of drought - The Athens example)

13 European Commission. (n.d.). Συνέπειες της κλιματικής αλλαγής. Retrieved from https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_el

14 Υ.ΠΕ.ΘΕ. (n.d.). Υδάτινοι Πόροι και Περιβάλλον Θεσσαλίας, Σχέδια Διαχείρισης Υδάτων Θεσσαλίας (ΥΔ GR 08) - Χάρτες - Κείμενα – ΦΕΚ. Retrieved from <https://www.ypethe.gr/archive/shedia-diaheirisis-ydaton-thessalias-yd-gr-08-hartes-keimena-fek>

15 Δείκτες Ξηρασίας (Σχέδιο Διαχείρισης Ξηρασίας). (n.d.). Retrieved from https://www.moa.gov.cy/moa/wdd/wdd.nsf/page27_gr/page27_gr?opendocument

16 Θεσσαλία. (n.d.). Retrieved from https://greek_greek.en-academic.com/216441/%CE%98%CE%B5%CF%83%CF%83%CE%B1%CE%BB%CE%AF%CE%B1

17 Θεσσαλία. (n.d.). Retrieved from <https://blogs.sch.gr/8dimkoryd/files/2018/03/%CE%98%CE%95%CE%A3%CE%A3%CE%91%CE%9B%CE%99%CE%91.pdf>

18 R Core Team. (n.d.). The R project for statistical computing. Retrieved from <https://www.r-project.org/>

19 Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., & López-Moreno, J. I. (n.d.). SPEI: A drought index. Retrieved from <https://spei.csic.es/home.html>

20 Beguería, S., & Vicente-Serrano, S. M. (n.d.). *SPEI: Calculation manual*. Retrieved from <https://cran.r-project.org/web/packages/SPEI/SPEI.pdf>

22 Συγγούνα Β. (2022) , Τεχνική Υδρολογία , Πανεπιστήμιο Πατρών , Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

23 Μάρης Φ. Π. Υδρολογία Φυσικού Περιβάλλοντος [Πανεπιστημιακές Σημειώσεις] Τμήμα Δασολογίας & Διαχείρισης Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων Εργαστήριο Διευθέτησης Ορεινών Υδάτων και Διαχείρισης Κινδύνου Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

24 Μάρης Φ.Π. , Παπαρρίζος Σ. Διαχείριση Υδρομετεωρολογικών Καταστροφών [Πανεπιστημιακές Σημειώσεις] , Πολυτεχνική Σχολή Θράκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Εργαστήριο Υδρολογίας και Υδραυλικών Έργων .

