



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΕΚΕΦΕ «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ»

**ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΝΑΝΟΕΠΙΣΤΗΜΗΣ
ΚΑΙ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ**



**Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Φυσική και Τεχνολογικές Εφαρμογές»**

Διερεύνηση Γεωγραφικής Ξηρασίας με Στατιστικούς Δείκτες

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
Της Ελένης-Φωτεινής Φωτάκη**

Ερευνητικός Επιβλέπων:	Ακαδημαϊκός Επιβλέπων:
Νίκος Μαμάσης Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Σ.Π.Μ. Ε.Μ.Π	Αλέξανδρος Παπαγιάννης Τομέας Φυσικής, ΣΕΜΦΕ, Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος, 2018

Περίληψη

Μέσω της παρούσας μελέτης, επεξεργάσθηκαν με τον δείκτη τυποποιημένης βροχόπτωσης (Standard Precipitation Index – SPI), τα δεδομένα βροχόπτωσης για συγκεκριμένους σταθμούς ανά τον κόσμο.

Οι σταθμοί αυτοί ομαδοποιήθηκαν βάσει της κλιματικής κατάταξης Köppen. Πιο συγκεκριμένα, μελετήθηκαν σε μηνιαία αλλά και υδρολογικά ετήσια βάση, τα επεισόδια ξηρασιών 83 σταθμων για χρονοσειρά μήκους 50 ετών, για τα έτη 1967-2017. Οι σταθμοί επιλέχθηκαν με βασικό κριτήριο να μην έχουν μεγάλες ελλείψεις δεδομένων στην χρονοσειρά που επιλέχθηκε.

Οι σταθμοί που εμφάνισαν τελικά επεισόδια ακραίας ξηρασίας είναι οι σταθμοί Villavicencio της Κολομβίας, Εθνικό Παρατηρητήριο της Κολομβίας, Tambacounda της Σενεγάλης, Alice Springs της Αυστραλίας, Santa Rosa της Αργεντινής, Alger Dar El Beiga της Αλγερίας, Alicante της Ισπανίας, Sault Ste Marie των ΗΠΑ, Godthaab και Ammasalic της Γροιλανδίας, ο σταθμός Addis Ababa της Αιθιοπίας, Mukteshwar της Ινδίας, ο σταθμός Jimma της Αιθιοπίας και τέλος ο σταθμός Lander των ΗΠΑ.

Στην συνέχεια, συγκρίθηκαν οι κοντινοί σταθμοί βάσει των πινάκων SPI, ώστε να διαπιστωθεί εάν μπορεί να υπάρξει κάποια χωρική συσχέτιση των επεισοδίων ξηρασίας καθώς επίσης υπολογίσθηκαν επιλεκτικά για δυο σταθμούς από κάθε κλίμα οι πιθανότητες μετάβασης από μια κατάσταση ξηρασίας στην ίδια ή σε κάποια άλλη από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος, από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος και από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.

Τέλος, εξάγονται τα γενικά συμπεράσματα από ολόκληρη την παρούσα μελέτη.

Abstract

Through the present study rainfall data for specific stations around the world, are processed with the Standard Precipitation Index – SPI.

These stations were grouped on the basis of the Köppen climate classification. More specifically, the drought episodes of 83 stations for a period of 50 years for the years 1967-2017 have been studied on a monthly as well as a hydrological year basis. The stations were chosen with a basic criterion not to have large data deficiencies through the period chosen.

The stations that experienced extreme drought episodes are Columbia Villavicencio, Colombia National Observatory, Tambacounda of Senegal , Alice Springs of Australia, Santa Rosa of Argentina, Alger Dar El Beiga of Algeria, Alicante of Spain, Sault Ste Marie of the United States , Godthaab and Ammasalic of Greenland, Ethiopian Addis Ababa, Mukteshwar of India , Jimma of Ethiopia, and Lander of USA.

Next, we compared the nearby stations based on the SPI tables to see if there may be some spatial correlation of drought episodes.

The probability of transition from a drought situation to the same or another condition from a three month period to a hydrological year, from a six month period to a hydrological year and from a nine month period to a hydrological year was also calculated selectively for two stations from each climate.

Finally, general conclusions are drawn from the entire study.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	7
Κεφάλαιο 1-Εισαγωγή	9
1.1 Εισαγωγικές έννοιες	9
1.2 Αιτίες Ξηρασίας	11
1.3 Παράμετροι Εκτίμησης Μεγέθους Ξηρασίας	13
1.4 Παράμετροι Εκτίμησης Ξηρασίας	15
1.5 Σκοπός εργασίας και Διάρθρωση	19
Κεφάλαιο 2-Δείκτες Ξηρασίας	20
2.1 Ξηρασία	20
2.2 Δείκτες Ξηρασίας	21
2.2.1 Δείκτης Δριμύτητας Ξηρασίας Palmer (PDSI)	21
2.2.2 Δείκτης Ξηρασίας (CMI)	22
2.2.3 Δείκτης Αναγνώρισης Ξηρασίας (RDI)	23
2.2.4 Δείκτης Δεκατημορίων (Deciles of Precipitation)	23
2.2.5 Δείκτης τυποποιημένης βροχόπτωσης (SPI)	23
Κεφάλαιο 3- Περιοχή Μελέτης	25
3.1 Περιοχή Μελέτης	25
3.2 Κλιματική Κατάταξη Köppen	26
Κλιματική Κατάταξη Köppen (Τύπος Α)	27
Κλιματική Κατάταξη Köppen (Τύπος Β)	30
Κλιματική Κατάταξη Köppen (Τύπος C)	32
Κλιματική Κατάταξη Köppen (Τύπος D)	34
Κλιματική Κατάταξη Köppen (Τύπος E)	36
Κλιματική Κατάταξη Köppen (Τύπος Η)	38
3.3 Βάση Δεδομένων	40
3.4 Διαδικασία Συλλογής Δεδομένων	41
Κεφάλαιο 4-Επεξεργασία Χρονοσειρών Περιοχής Μελέτης	45
4.1 Διαδικασία Υπολογισμού Δεδομένων	45
4.2 Ανάλυση Ξηρασιών	47
Ανάλυση Κλιματικής Κατάταξης Köppen Α	48
Ανάλυση Κλιματικής Κατάταξης Köppen Β	51
Ανάλυση Κλιματικής Κατάταξης Köppen C	54
Ανάλυση Κλιματικής Κατάταξης Köppen D	58
Ανάλυση Κλιματικής Κατάταξης Köppen E	60

Ανάλυση Κλιματικής Κατάταξης Köppen H	62
Σύγκριση Κοντινών Σταθμών.....	66
Πιθανότητες Μετάβασης	73
Πίνακες Πιθανοτήτων Μετάβασης από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.....	73
Συγκεντρωτικός Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.....	85
Πίνακες Πιθανοτήτων Μετάβασης από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.....	87
Πίνακες Πιθανοτήτων Μετάβασης από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος	100
Συγκεντρωτικός Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.....	104
Κεφάλαιο 5 - Συμπεράσματα	106
Βιβλιογραφία	110
Παράρτημα.....	112

Κεφάλαιο 1-Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγικές έννοιες

Για τον κλάδο της μετεωρολογίας το σύνολο των καιρικών και μετεωρολογικών φαινομένων και συνθηκών που επικρατούν και μεταβάλλονται σε μια περιοχή για ένα χρονικό διάστημα ονομάζεται κλίμα . Η ξηρασία αποτελεί ένα μετεωρολογικό φαινόμενο το οποίο εμφανίζεται σε οποιαδήποτε περιοχή και χωρίς καθορισμένη διάρκεια. Θεωρείται από τις πιο πολύπλοκες φυσικές καταστροφές και τα τελευταία χρόνια βάσει ερευνών παρουσιάζει αύξηση σε παγκόσμιο επίπεδο. Η ξηρασία χαρακτηρίζεται ως πολύπλοκο φαινόμενο για ποικίλους λόγους. Αρχικά, διότι δεν υπάρχει ένας διεθνής ορισμός για το φαινόμενο αυτό. Όλες οι παράμετροι που την επηρεάζουν, εξαρτώνται από την κλιματολογία και την τοπογραφία που χαρακτηρίζει την κάθε περιοχή. Επιπλέον όμως, ο ορισμός της ξηρασίας δεν εξαρτάται μόνο από την περιοχή αλλά και από την επιστήμη, η οποία την μελετά. Για αυτόν τον λόγο ο ορισμός ξηρασία χωρίζεται σε τέσσερις κατηγορίες: Μετεωρολογική, Υδρολογική, Γεωργική και Κοινωνικό-Οικονομική, οι οποίες θα αναλυθούν στις επόμενες παραγράφους. Η δεύτερη αιτία της πολυπλοκότητας του φαινομένου της ξηρασίας είναι η δυσκολία καθορισμού έναρξης και λήξης της συγκεκριμένης περιόδου. Αυτό συμβαίνει διότι παρουσιάζεται υστέρηση μέχρι την παρατήρηση της απουσίας βροχοπτώσεων και γιατί τα αποτελέσματα της μπορούν να συνεχιστούν και μετά την εμφάνιση βροχοπτώσεων.

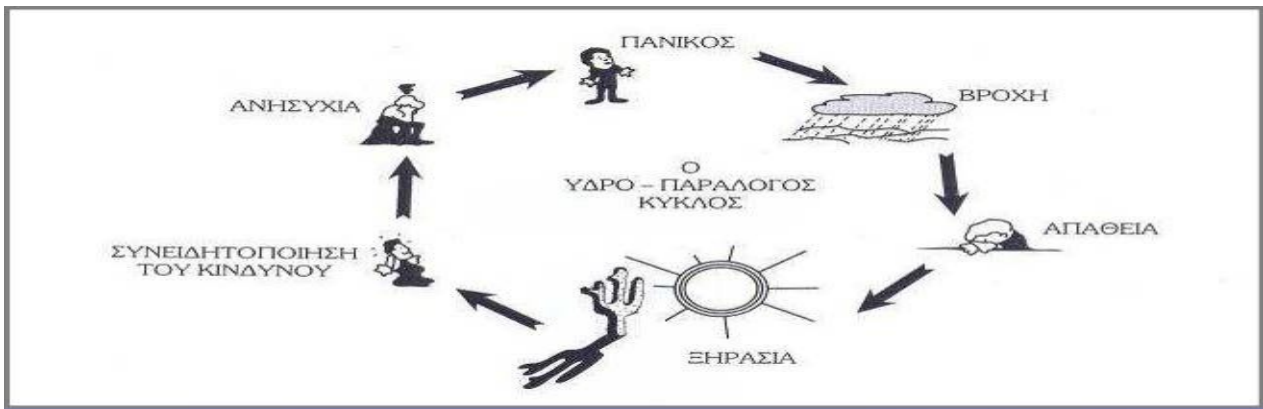
Για τον τομέα της Μετεωρολογίας, ξηρασία ορίζεται η περίοδος κατά την οποία παρατηρείται μειωμένη βροχόπτωση σε σχέση με την μέση τιμή της, για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Ο ορισμός της υδρολογικής ξηρασίας δεν περιορίζεται απλά στην μείωση των βροχοπτώσεων αλλά συνυπολογίζει τόσο την επιφανειακή όσο και την υπόγεια απορροή. Πιο συγκεκριμένα, διακρίνεται πτώση της στάθμης των ποταμών των λιμνών και των θαλασσών και εμφανίζεται φύρα στις διαθέσιμες ποσότητες υδάτων.

Η Γεωργική ξηρασία είναι η μείωση της υγρασίας του εδάφους που έχει ως αποτέλεσμα την ραγδαία μείωση της γεωργικής παραγωγής ή την ανάπτυξη της χλωρίδας.

Τέλος, η κοινωνικό-οικονομική ξηρασία αναφέρεται στην αρνητική τιμή της διαφοράς κάθε μορφής προσφοράς και ζήτησης νερού.

Ως επί το πλείστο, ξηρασία ονομάζουμε οποιοδήποτε φαινόμενο κατά το οποίο το υδατικό σύστημα βρίσκεται κάτω από ένα κρίσιμο σημείο σε σχέση με την κανονική του λειτουργία. Οι επιπτώσεις των ξηρασιών είναι σημαντικές και πλήττουν το περιβάλλον, τα οικοσυστήματα, και την οικονομία. Το φαινόμενο της ξηρασίας συχνά αντιμετωπίζεται από τις κυβερνήσεις με ανακοινώσεις μέτρων για τον περιορισμό της κατανάλωσης υδάτων αλλά και νέων έργων για την αξιοποίηση των πόρων, όμως πολλές φορές αυτά ξεχνιούνται με τον ερχομό των βροχοπτώσεων. Χαρακτηριστικό είναι το κάτωθεν σκίτσο του Wilhite, εικόνα 1, που παρουσιάζει τον υδροπαράλογο κύκλο.



Εικόνα 1: Ο υδροπαράλογος κύκλος-Wilhite 1993

(Πηγή: Τσακίρης, Υδατικοί πόροι: I Τεχνική Υδρολογία. Εκδόσεις Συμμετρία, 1995)

1.2 Αιτίες Ξηρασίας

Τα αίτια που οδηγούν σε φαινόμενα ξηρασίας μπορούμε να πούμε πως δεν έχουν καθοριστεί καθολικά. Όμως, ανατρέχοντας στις ικανές και αναγκαίες συνθήκες για την εμφάνιση υετού, οι οποίες παρατίθενται παρακάτω, μπορούμε να προσεγγίσουμε από την ανάποδη κατεύθυνση πιθανές αιτίες εμφάνισης των φαινομένων ξηρασίας.

Συνθήκες για την εμφάνιση Υετού

1. Δημιουργία θερμοδυναμικής κατάστασης κορεσμού των υδρατμών. Σχεδόν πάντα είναι αποτέλεσμα της διόγκωσης και ψύξης του εμπλουτισμένου σε υγρασία αέρα κατά την ανοδική πορεία του. Η ανοδική κίνηση ευνοείται σε συνθήκες ασταθούς ατμόσφαιρας, δηλαδή σε συνθήκες απότομης μείωσης της θερμοκρασίας του αέρα με το υψόμετρο.
2. Συμπύκνωση των υδρατμών σε λεπτά σταγονίδια ενδεικτικής μέσης διαμέτρου 10 - 30 μm ή μικρούς κρυστάλλους (ανάλογα με τη θερμοκρασία που επικρατεί). Για να πραγματοποιηθεί απαιτείται η διεργασία της πυρηνοποίησης.
Πυρηνοποίηση (*Nucleation Process*). Η δράση ειδικών σωματιδίων (πυρήνες) κατά την υγροποίηση των υδρατμών στα νέφη. Η υγροποίηση απαιτεί τη δημιουργία διεπιφάνειας μεταξύ της υγρής και της αέριας φάσης και άρα την ύπαρξη υγροσκοπικών πυρήνων. Η διεργασία έχει μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις και πραγματοποιείται δυσκολότερα αν ο πυρήνας αποτελείται από μόρια νερού (ομογενής πυρηνοποίηση). Αντίθετα η διεργασία ευνοείται αν ο πυρήνας έχει διαφορετική προέλευση όπως σκόνη, προϊόντα καύσης, κρύσταλλοι άλατος (ετερογενής πυρηνοποίηση).
3. Εντυπωσιακή αύξηση της μάζας των σταγόνων (ή των κρυστάλλων πάγου) σε μεγέθη κατακρημνίσια. Η αύξηση μπορεί να φτάσει και τις 10^6 φορές και ολοκληρώνεται όταν οι δυνάμεις βαρύτητας της μεμονωμένης σταγόνας υπερνικήσουν την αιώρηση που της δημιουργεί η τυρβώδης διάχυση (διεργασίες σύμφυσης των σταγονιδίων - ανάπτυξης των παγοκρυστάλλων)
Σύμφυση Νεφοσταγονιδίων (*Coalescence Process*). Ο σχηματισμός μιας μόνον υγρής σταγόνας από την ένωση δύο ή περισσότερων σταγόνων που συγκρούονται. Η διεργασία πραγματοποιείται στα θερμά νέφη, όπου με τις συγκρούσεις μεταξύ των νεφοσταγονιδίων επιτυγχάνεται ο πολλαπλασιασμός της μάζας τους σε κατακρημνίσια μεγέθη.

Ανάπτυξη Παγοκρυστάλλων (*Ice Crystal Process*). Η επαύξηση της μάζας των παγοκρυστάλλων με την απορρόφηση των γειτονικών υγρών σταγόνων. Η διεργασία πραγματοποιείται στα ψυχρά νέφη, όπου σε θερμοκρασίες μικρότερες του μηδενός συνυπάρχουν παγοκρύσταλλοι με νεφοσταγονίδια. Όταν τα τελευταία παγώνουν πριν ενωθούν με τους παγοκρυστάλλους έχουμε την διεργασία της πρόσφυσης (accretion).

4. Συνεχής τροφοδότηση με νέους υδρατμούς, ώστε να συντηρηθούν επί αρκετό χρόνο οι διεργασίες των τριών προηγούμενων βημάτων

(Μαμάσης και Κουτσογιάννης, 2002).

1.3 Παράμετροι Εκτίμησης Μεγέθους Ξηρασίας

Για να εκτιμήσουμε το μέγεθος ενός επεισοδίου ξηρασίας πρέπει να λάβουμε υπόψιν μας τέσσερις παραμέτρους. Την ένταση του φαινομένου, την διάρκεια του φαινομένου την χωρική κατανομή του και την καταστροφικότητα που επιφέρει στις ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι τέσσερις αυτές παράμετροι αναλύονται αναλυτικά στις επόμενες παραγράφους.

- **Ένταση**

Η ένταση συναρτάται με την απόκλιση της βροχύπτωσης και άλλων παραμέτρων που συνδέονται με την εξάτμιση (θερμοκρασία, άνεμος, υγρασία) από τις αναμενόμενες κλιματικές τιμές. Η ποσοτικοποίηση της έντασης μπορεί να γίνει στατιστικά, με την εκτίμηση της πιθανότητας εμφάνισης των συγκεκριμένων τιμών των μετεωρολογικών μεταβλητών ή με τη χρήση δεικτών που ενσωματώνουν τις κλιματικές παραμέτρους.

- **Διάρκεια**

Η χρονική διάρκεια είναι δύσκολο να προσδιοριστεί αφού υπάρχει αβεβαιότητα για τη χρονική στιγμή αρχής και τέλους του φαινομένου. Η ξηρασία εξελίσσεται αργά και επιδρά αθροιστικά όσο η έλλειψη βροχύπτωσης εμμένει για μήνες ή χρόνια, ενώ οι επιδράσεις συνεχίζονται και μετά την έναρξη της βροχύπτωσης αφού η επαναφόρτιση όλων των υδάτινων σωμάτων (ιδίως των υπόγειων) απαιτεί χρόνο.

- **Χωρική Κατανομή**

Η γεωγραφική έκταση κάθε ξηρασίας συναρτάται άμεσα με τα μετεωρολογικά και κλιματικά χαρακτηριστικά κάθε περιοχής αλλά και τα υπάρχοντα έργα μεταφοράς νερού. Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα είναι η περίπτωση υδατικών συστημάτων που τροφοδοτούνται με νερό από διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές οι οποίες απέχουν σημαντικά μεταξύ τους. Στα συστήματα αυτά, η γεωγραφική έκταση της ξηρασίας είναι παράμετρος ιδιαίτερα σημαντική, αφού μπορεί να επηρεάσει μόνο ένα τμήμα των υδατικών πόρων.

- **Καταστροφικότητα**

Η καταστροφικότητα εκφράζει την επίδραση του φυσικού φαινομένου στις ανθρώπινες δραστηριότητες. Εξαρτάται από την ένταση, τη διάρκεια και την έκταση της ξηρασίας, τη χρονική κατανομή της βροχής, τη διαχείριση των υδατικών συστημάτων και την εξέλιξη της

ζήτησης. Έτσι, η εκδήλωση των βροχών σε σχέση με τα στάδια ανάπτυξης των καλλιεργειών, ο αριθμός των επεισοδίων βροχής και η έντασή τους, η παρουσία τεχνητών ταμιευτήρων και η δυνατότητα μείωσης των υδατικών αναγκών, συνδέονται με την αποτελεσματικότητα της βροχής να καλύψει τις ανθρώπινες ανάγκες και κατά συνέπεια με την καταστροφικότητα της ξηρασίας.

(Μαμάσης,2011)

1.4 Παράμετροι Εκτίμησης Ξηρασίας

Για να εκτιμηθεί η κατηγορία στην οποία ανήκει το επεισόδιο ξηρασίας που μελετάται, πρέπει να ληφθούν υπόψιν, τα χαρακτηριστικά της βροχώπτωσης, τα χαρακτηριστικά της δυνητικής εξατμοδιαπνοής, τα υδολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής που μελετάμε, τη διαχείριση υδρολογικών συστημάτων και μια πληθώρα άλλων παραμέτρων που αναλύονται στις επόμενες παραγράφους αυτού του υποκεφαλαίου.

➤ Χαρακτηριστικά Βροχόπτωσης

Το ετήσιο ύψος βροχής και η χρονική και χωρική κατανομή του αποτελούν θεμελιώδη κλιματικά χαρακτηριστικά που διαφέρουν σημαντικά στις διάφορες περιοχές της γης. Με βάση τα ιδιαίτερα αυτά χαρακτηριστικά έχουν κατά κανόνα προσαρμοστεί η τοπική χλωρίδα και πανίδα και διαμορφωθεί οι σχετικές με το νερό ανθρώπινες δραστηριότητες. Τα μεγαλύτερα ετήσια ύψη βροχής (άνω των 1500 mm) πραγματοποιούνται στις τροπικές περιοχές γύρω από τον ισημερινό, ενώ τα μικρότερα (κάτω των 300 mm) στις μεγάλες ερήμους (συνήθως βρίσκονται σε γεωγραφικά πλάτη γύρω στις 30ο) και τους πόλους. Στις τροπικές περιοχές η βροχόπτωση παρουσιάζει ισοκατανομή στους μήνες, σε αντίθεση με τις ερήμους, όπου είναι δυνατόν να μην πραγματοποιηθεί βροχή για δύο χρόνια και σε μια ξαφνική νεροποντή να καταγραφεί βροχόπτωση διπλάσια από τη μέση ετήσια τιμή. Στις υπόλοιπες περιοχές της γης, η βροχόπτωση διαφέρει ανάλογα με την εποχή του έτους και συνήθως υπάρχουν μία ή περισσότερες ξηρές περίοδοι μερικών μηνών. Η χρονική κατανομή της βροχής είναι εξίσου σημαντική με την ποσότητα για την ανάπτυξη της βλάστησης. Για παράδειγμα υπάρχουν περιοχές κοντά στον ισημερινό, όπου επικρατεί μια διαχωρισμένη ξηρή περίοδος μεγαλύτερη των δύο μηνών, όταν οι περιοχές αυτές είναι κάτω από την επίδραση των υποτροπικών αντικυκλώνων. Αν και το ετήσιο ύψος βροχής είναι μεγαλύτερο των 1000 mm, δεν συντηρείται το τροπικό δάσος που απαιτεί βροχόπτωση όλο το έτος, αλλά επικρατεί υψηλό σκληρό χορτάρι Σαβάνας με διασκορπισμένα, χαμηλά φυλλοβόλα δένδρα, ανθεκτικά σε αυτή την ολιγόμηνη 'ξηρασία'.

➤ Χαρακτηριστικά Δυνητικής Εξατμοδιαπνοής

Ο όρος δυνητική εξατμοδιαπνοή περιγράφει το σύνολο των απωλειών νερού από την εξάτμιση εδαφών και από τη διαπνοή της χλωρίδας κάτω από συνθήκες απεριόριστης

διαθεσιμότητας νερού. Η δυνητική εξατμοδιαπνοή εξαρτάται από τις τιμές μετεωρολογικών παραμέτρων όπως η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και η ταχύτητα ανέμου αλλά το τμήμα που αφορά στη διαπνοή των φυτών συναρτάται άμεσα από τις βιολογικές λειτουργίες του συγκεκριμένου είδους, στις συγκεκριμένες κλιματικές συνθήκες.

Η δυνητική εξατμοδιαπνοή αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας και της ταχύτητας ανέμου, ενώ μειώνεται με την αύξηση της σχετικής υγρασίας. Κατά συνέπεια είναι μεγάλη στις θερμές περιοχές και μικρή στις ψυχρές, ενώ είναι ιδιαίτερα χαμηλή στις πολικές αφού οι χαμηλές θερμοκρασίες οδηγούν στην αύξηση της σχετικής υγρασίας για δεδομένη ποσότητα νερού στον αέρα και στη δημιουργία ενός 'υγρού' περιβάλλοντος. Έτσι αν πραγματοποιηθούν 400 mm ετήσιας βροχής σε ένα ζεστό κλίμα θα υποστηρίξουν μόνο αραιή βλάστηση αλλά σε ένα ψυχρό κλίμα μπορούν να συντηρήσουν ένα δάσος. Συγκεκριμένα, δάση κωνοφόρων (taiga) επιβιώνουν σε ψυχρές περιοχές (Καναδάς, Αλάσκα, Νορβηγία, Σιβηρία), οι οποίες βροχόπτωση μικρότερη από 500 mm ανά έτος. Βορειότερα, σε πολικές περιοχές με βροχόπτωση μικρότερη από 200 mm ανά έτος, συντηρείται η βλάστηση της τούνδρας που αποτελείται από φυτά με πολύ μικρή περίοδο ανάπτυξης, πολύ μικρά δένδρα και διασκορπισμένη ξυλώδη χαμηλή βλάστηση. Αντίθετα, σε θερμές περιοχές κοντά στην ισημερινό, η διατήρηση τροπικού δάσους απαιτεί βροχόπτωση μεγαλύτερη από 1500 mm ανά έτος, ενώ ακόμη και περιοχές με βλάστηση σαβάνας (χορτάρι, χαμηλά δένδρα) δέχονται περίπου 1000 mm ετήσιας βροχόπτωσης.

➤ Υδρολογικά Χαρακτηριστικά Περιοχής

Η βροχόπτωση και η εξάτμιση σε ένα υδατικό σύστημα καθορίζουν την ποσότητα αλλά όχι και τη χρονική εξέλιξη της επιφανειακής ή υπόγειας απορροής, αφού η τελευταία εξαρτάται από: τα γεωλογικά και εδαφολογικά χαρακτηριστικά, τις χρήσεις γης και την παρουσία υδραυλικών έργων που ταμιεύουν ή μεταφέρουν νερό. Οι παράμετροι αυτές επιδρούν σημαντικά στο συντελεστή απορροής ο οποίος μπορεί να αυξηθεί με την αλλαγή των χρήσεων γης (αστικοποίηση, πυρκαγιές) ή να μειωθεί με τη κατασκευή ταμιευτήρων, έργων επαναφόρτισης υπόγειων υδροφορέων ή αναδάσωσης. Η αύξηση του συντελεστή απορροής μειώνει τα διαθέσιμα αποθέματα στο υδατικό σύστημα και κάνει πιο πιθανή την εμφάνιση υδρολογικής ξηρασίας. Ακόμη, μειώνει τη χρονική υστέρηση που έχει η υδρολογική ξηρασία σε σχέση με τη μετεωρολογική. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η λειτουργία έργων ταμίευσης και μεταφοράς νερού που μπορούν να ρυθμίσουν την ξηρασία χωροχρονικά, σε κατάντη ή γειτονικές περιοχές για μήνες ή χρόνια. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατό να αποσοβηθεί η υδρολογική ξηρασία, απελευθερώνοντας νερό σε ξηρές περιόδους ή αντίθετα να προκληθεί (ακόμη και σε υγρές περιόδους) δεσμευόντάς το. Η δεύτερη περίπτωση

είναι ιδιαίτερα επίκαιρη στις περιπτώσεις που υπάρχουν ανταγωνιστικές χρήσεις στην ίδια περιοχή ή υδρολογικά συστήματα που ανήκουν σε περισσότερες από μία χώρες. (Εβρος, Νείλος, Τίγρης).

➤ Διαχείριση Υδατικών Συστημάτων

Η διαχείριση των υδατικών συστημάτων (που περιλαμβάνει και την κατασκευή υδραυλικών έργων), έχει στόχο την εξισορρόπηση προσφοράς και ζήτησης νερού στο χώρο και το χρόνο. Σε ορισμένες γεωγραφικές ζώνες, όπως στην αρκτική, τις ορεινές περιοχές ή τις απέραντες ακατοίκητες εκτάσεις του πλανήτη, όπου η προσφορά νερού είναι πάντοτε πολύ μεγαλύτερη από τη ζήτηση, η διαχείριση συχνά σχετίζεται με τη μεταφορά νερού σε άλλες περιοχές. Σε άλλες ζώνες, όπως στη Μεσόγειο, η φυσική προσφορά νερού είναι περιστασιακά μεγαλύτερη από τη ζήτηση οπότε και είναι απαραίτητη η ταμίευση του νερού για τη μετέπειτα χρήση του. Τέλος, υπάρχουν και περιοχές, όπως για παράδειγμα η πόλη της Αθήνας, όπου η φυσική προσφορά είναι πάντοτε πολύ μικρότερη από τη ζήτηση οπότε και είναι απαραίτητη η μεταφορά νερού από γειτονικά υδατικά συστήματα. Η διαχείριση των υδατικών συστημάτων προϋποθέτει τη μελέτη του ισοζυγίου μεταξύ της ζήτησης νερού (και των τάσεών της) και της φυσικής προσφοράς υδατικών πόρων (και της αβεβαιότητάς της). Ακόμη, περιλαμβάνει τη μελέτη των οικονομικών παραμέτρων που αφορούν στη λειτουργία του συστήματος (κόστος μεταφοράς νερού) αλλά και τη σχέση των τιμολογίων και της ζήτησης νερού. Οι τρόποι και μεθοδολογίες διαχείρισης των υδατικών συστημάτων αναφέρονται πρωτίστως στη λειτουργία του υφιστάμενου συστήματος και αφορούν στη ρύθμιση της λειτουργίας των ταμιευτήρων, στον επιμερισμό της απόληψης νερού ανά κύρια, δευτερεύουσα ή εφεδρική πηγή, και στη μεταφορά νερού μέσω του δικτύου εξωτερικών υδραγωγείων. Μπορεί επίσης να αναφέρονται και σε πρόσθετα έργα για την ενίσχυση του συστήματος, εφόσον αυτά απαιτούνται.

➤ Άλλες Παράμετροι

Η κατασκευή υδραυλικών έργων και η ορθολογική διαχείριση των υδατικών συστημάτων μπορούν να αποτρέψουν προσωρινά τη γεωργική και την υδρολογική ξηρασία εφόσον έχει εκδηλωθεί μετεωρολογική ξηρασία. Δεν μπορούν όμως να αποτρέψουν πάντα την κοινωνικοοικονομική ξηρασία, η οποία εξαρτάται από άλλες κοινωνικές, οικονομικές και πολιτικές διαδικασίες. Για παράδειγμα η κατασκευή ταμιευτήρων σε μια χώρα που είναι εξαρτημένη από την υδροηλεκτρική ενέργεια, θα αποσοβήσει την κοινωνικοοικονομική ξηρασία (αδυναμία κάλυψης

της ζήτησης ηλεκτρικού ρεύματος) σε μια ξηρή περίοδο. Ακόμη, η βέλτιστη διαχείριση ενός υδατικού συστήματος με πολλές και ανταγωνιστικές μεταξύ τους χρήσεις (ύδρευση, άρδευση, ενέργεια, οικολογική παροχή, αναψυχή, ναυσιπλοία, συγκράτηση πλημμυρών) μπορεί σε περίοδο ξηρασίας να συμβιβάσει τις διαμάχες που προκύπτουν μεταξύ κοινωνικών ομάδων ή γειτονικών περιοχών για τη χρήση του νερού. Όμως, ο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού, η κατά κεφαλή κατανάλωση αγαθών, η επιλογή των καλλιεργειών, η μετακίνηση ή μεταφορά πληθυσμών για πολιτικούς λόγους, η επιρροή κοινωνικών ομάδων και κατ' επέκταση η ισχύς γειτονικών κρατών που εξυπηρετούνται από το ίδιο υδατικό σύστημα, είναι διαδικασίες που επιδρούν στην εμφάνιση της κοινωνικοοικονομικής ξηρασίας. Η αδυναμία διαχείρισης των προηγούμενων παραγόντων, πολλές φορές έχει πολλαπλασιάσει το μέγεθος μιας μετεωρολογικής ξηρασίας οδηγώντας στην πείνα και το θάνατο εκατομμύρια ανθρώπους. Ακόμη, μπορεί μελλοντικά να οδηγήσει σε εκτεταμένες κοινωνικές συγκρούσεις ή και πολέμους με αιτία την ανταγωνιστική χρήση συγκεκριμένων υδατικών πόρων.

(Μαμάσης,2011)

1.5 Σκοπός εργασίας και Διάρθρωση

Κατά την παρούσα εργασία, μελετήθηκαν παγκόσμια δεδομένα για τον υπολογισμό της ξηρασίας από υδρολογικές χρονοσειρές. Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιείται μέσω του Δείκτη τυποποιημένης βροχόπτωσης (Standardized Precipitation Index – SPI). Ως εργαλείο της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκε το φύλλο excel και το πρόγραμμα Google Maps για την μετέπειτα χαρτογράφηση των δεδομένων. Σκοπό της εργασίας αποτελεί η κατανόηση του φαινομένου της ξηρασίας σε κλιματικό επίπεδο καθώς και η μελέτη αυτής σε χωρική κατανομή με στατιστικούς δείκτες. Στο πρώτο Κεφάλαιο αναλύθηκαν οι εισαγωγικές έννοιες που πρέπει να γίνουν κατανοητές πρώτου αρχίσει η ανάλυση των μετρήσεων και η παράθεση των αποτελεσμάτων. Στο Κεφάλαιο 2 παρατίθενται οι στατιστικοί δείκτες ξηρασίας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ανάλογη μελέτη, καθώς και ο δείκτης SPI που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη. Στο Κεφάλαιο 3 εισάγονται οι έννοιες κλιματικών τύπων και παρουσιάζονται οι σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα μελέτη καθώς και η ομαδοποίηση τους σε κλιματικούς τύπους κατά Köppen. Στο Κεφάλαιο 4, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης και τέλος στο Κεφάλαιο 5 τα συμπεράσματα.

Κεφάλαιο 2- Δείκτες Ξηρασίας

2.1 Ξηρασία

Η ξηρασία οφείλεται κατά κύριο λόγο στην διακύμανση του κλίματος μιας περιοχής, η οποία με τη σειρά της καθορίζεται από την αύξηση ή τη μείωση της θερμότητας λόγω ηλιακής ακτινοβολίας. Συχνά συγχέεται ο όρος ξηρασία με τον όρο ξηρότητα κλίματος. Ο δεύτερος, αναφέρεται στα μόνιμα χαρακτηριστικά μιας περιοχής και δεν είναι ταυτόσημος της ξηρασίας.

Κάθε ένα από τα επεισόδια ξηρασίας που έχουν παρατηρηθεί διαφέρει με τα υπόλοιπα λόγω των τριών βασικών χαρακτηριστικών της ξηρασίας. Αρχικά, η ένταση της ξηρασίας καθορίζεται με βάση το πόσο σημαντικά έχουν μειωθεί οι βροχοπτώσεις, και υπολογίζεται μέσω των κλιματολογικών δεικτών. Η διάρκεια της ξηρασίας αποτελεί το δεύτερο χαρακτηριστικό της, το οποίο καθορίζει τις επιπτώσεις και για τους λόγους που αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 1, είναι δύσκολο να προσδιοριστεί. Τέλος, η χωρική κατανομή της ξηρασίας αποτελεί το τρίτο σημαντικό χαρακτηριστικό αυτής, και είναι ανάλογο της διάρκειας.

Οι επιπτώσεις της ξηρασίας ποικίλλουν και πλήττουν σε διαφορετικά επίπεδα την εκάστοτε περιοχή. Οικονομικά, μια περιοχή πλήττεται από την ξηρασία λόγω της επιρροής της σε αγροτικές, κτηνοτροφικές και αλιευτικές παραγωγές. Επιπλέον, εμποδίζεται η βιομηχανία τροφίμων, ο τουρισμός και απαιτούνται δαπανηρά μέτρα έκτακτης ανάγκης. Σε ότι αφορά στο περιβάλλον, η εμφάνιση μιας ξηρασίας δημιουργεί έλλειψη σε νερό στα οικοσυστήματα καθώς και υψηλή συγκέντρωση αλάτων στο εναπομένον νερό, με αποτέλεσμα την ραγδαία μείωση χλωρίδας που καθιστά την μεταφορά ρύπων ευκολότερη, και την ζημία στην πανίδα μεγαλύτερη.

Ανθρωποκεντρικά, η εμφάνιση ξηρασίας αποτελεί ρίσκο για την υγεία, λόγω της αυξημένων συγκεντρώσεων ρύπων στην ατμόσφαιρα και των προβλημάτων υδροδότησης του πληθυσμού. Πέραν του προφανούς άμεσου κινδύνου των παραπάνω, προκύπτουν ζητήματα πυρκαγιάς, ανεργίας και αβεβαιότητας στην πληχθείσα κοινωνία.

Με σκοπό την αντιμετώπιση των παραπάνω επιπτώσεων, θα πρέπει να λαμβάνονται εγκαίρως μέτρα αντιμετώπισης, ή αν είναι δυνατό να υπάρχουν συστήματα πρόληψης και παρακολούθησης επεισοδίων ξηρασίας. Αυτός είναι και ο σκοπός των δεικτών ξηρασίας, οι οποίοι θα μελετηθούν στην παρούσα εργασία.

2.2 Δείκτες ξηρασίας

Οι δείκτες ξηρασίας δίνουν πληροφορίες αρχικά για την ύπαρξη και στη συνέχεια για την ένταση και το γεωγραφικό εύρος της ξηρασίας σε κάποια περιοχή βάσει υδρομετεωρολογικών χρονοσειρών.

Γενικά οι δείκτες ξηρασίας χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες με βάση την μεθοδολογία υπολογισμού τους: Στατιστικοί, Υδρολογικού ισοζυγίου και Κατάστασης βλάστησης. Οι στατιστικοί δείκτες μελετούν την απορροή, τη βλάστηση και την εξάτμιση με σκοπό να βρεθεί η απόκλιση των τιμών από τις αναμενόμενες. Οι δείκτες υδρολογικού ισοζυγίου συνεκτιμούν πολλές παραμέτρους με στόχο την ανάλυση του ισοζυγίου μιας περιοχής, κάτι το οποίο τους καθιστά δύσκολους μιας και πολλές από αυτές τις παραμέτρους δεν μπορούν να προσδιοριστούν με ακρίβεια, μόνο μέσω μοντέλων προσομοίωσης. Οι δείκτες βλάστησης, αναλύουν την σχέση γλωρίδας και διαθεσιμότητας υδάτινων πόρων. Σύμφωνα με δορυφορικά δεδομένα εκπεμπόμενης ακτινοβολίας υπολογίζεται η επίδραση θερμοκρασίας, υγρασίας και άλλων παραγόντων στην ανάπτυξη των φυτών

Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός δείκτη ξηρασίας είναι:

1. Απλότητα δείκτη (εύχρηστος και κατανοητός)
2. Καλά ορισμένος (επιστημονικά αποδεκτός)
3. Ευαισθησία σε μεγάλο εύρος τιμών
4. Ευαισθησία σε μεγάλο εύρος κλιματικών διακυμάνσεων
5. Μεταβασιμότητα (δυνατότητα χρήσης του σε διαφορετικές περιοχές)
6. Διαθεσιμότητα στοιχείων
7. Χαμηλό κόστος επεξεργασίας δεδομένων

2.2.1 Δείκτης Δριμύτητας Ξηρασίας Palmer (PDSI)

Ο δείκτης Δριμύτητας Ξηρασίας πήρε την ονομασία του από τον Palmer ο οποίος τον πρότεινε το 1965 και αποτελεί τον δημοφιλέστερο δείκτη υδατικού ισοζυγίου. Ο δείκτης μετρά την απόκλιση που υπάρχει στην προσφορά υγρασίας, και για την εύρεση του υπολογίζονται η εξάτμισοδιαπνοή, η επαναφόρτιση του εδάφους, η απορροή και η απώλεια υγρασίας του

επιφανειακού στρώματος του εδάφους. Αντιθέτως, δεν λαμβάνονται υπόψιν οι ανθρώπινες ενέργειες στο υδατικό ισοζύγιο. Αποτελεί έναν μετεωρολογικό δείκτη ξηρασίας, οι τιμές του οποίου κυμαίνονται από -6,0 έως +6,0 με σκοπό την ανίχνευση πολύ ξηρών ή πολύ υγρών συνθηκών. Ο δείκτης ερμηνεύεται με τον ίδιο τρόπο σε κάθε περιοχή, ανεξαρτήτως ποσοστών ετήσιας βροχόπτωσης σε αυτήν.

Ο δείκτης Palmer παρέχει μετρήσεις ανωμαλίας στο κλίμα μιας περιοχής ούτως ώστε να παρθούν εγκαίρως αποφάσεις, δίνει την δυνατότητα να τοποθετηθούν οι μετρήσεις σε ιστορικά δείγματα και παρουσιάζει χωρικές και χρονικές παραστάσεις ιστορικών ξηρασιών.

Από την άλλη οι ερευνητές έχουν εντοπίσει πληθώρα μειονεκτημάτων του δείκτη Palmer. Ο δείκτης Palmer είναι ευαίσθητος στην διαθέσιμη περιεκτικότητα του κάθε εδάφους σε νερό, δίνοντας γενικές εκτιμήσεις, και η αυθαίρετη επιλογή των τιμών ποσοτικοποίησης της έντασης της ξηρασίας δεν έχουν επιστημονική έννοια. Ο δείκτης αντιμετωπίζει χιονόπτωση και χιονοκάλυψη ως βροχή με αποτέλεσμα την ανακρίβεια των τιμών, και απλοποιεί τα δυο στρώματα του εδάφους κατά τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου προσφέροντας ξανά ανακριβείς υπολογισμούς. Επιπλέον, δεν λαμβάνονται υπόψιν η φυσική υστέρηση από τη στιγμή της βροχόπτωσης και της προκύπτουσας απορροής και η απορροή στο μοντέλο μέχρι τη στιγμή που η χωρητικότητα επιφανειακών και υπόγειων στρωμάτων του εδάφους είναι πλήρης σε νερό, με αποτέλεσμα να οδηγεί σε υποτίμηση των απορροών. Τέλος, η δυνητική εξατμισοδιαπνοή υπολογίζεται με προσεγγιστική μέθοδο, την μέθοδο Thornthwaite.

2.2.2 Δείκτης Ξηρασίας (CMI)

Ο δείκτης ξηρασίας (Crop Moisture Index) αποτελεί επέκταση του δείκτη Palmer, σχεδιάστηκε από τον ίδιο και υπολογίζει ξηρασίες μικρής χρονικής έκτασης-ανά εβδομάδα. Για να υπολογισθεί απαιτούνται: η μέση θερμοκρασία, το ύψος της βροχόπτωσης και η τιμή του δείκτη της προηγούμενης εβδομάδας. Ο δείκτης είναι σταθμισμένος ανάλογα με την περιοχή και την εποχή και ανταποκρίνεται άμεσα στις αλλαγές των συνθηκών οπότε και δεν προτείνεται για πρόβλεψη ξηρασιών σε μεγάλη κλίμακα.

2.2.3 Δείκτης Αναγνώρισης Ξηρασίας (RDI)

Ο δείκτης αναγνώρισης ξηρασίας (Reconnaissance Drought Index) έχει ο στόχο τον προσδιορισμό της δριμύτητας της ξηρασίας, καθώς και την διάρκεια αυτής, προβλέποντας την έναρξη και την λήξη του φαινομένου. Για τον υπολογισμό του, γίνεται η διαίρεση των τιμών της βροχόπτωσης με την συνολική δυναμική εξατμισοδιαπνοή. Οι υπολογισμοί αυτοί πραγματοποιούνται για όλα τα δυνατά χρονικά διαστήματα και λαμβάνονται υπόψιν οι κλιματικές συνθήκες κάθε περιοχής. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι κατανοητά και ο συγκεκριμένος δείκτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και υπό ασταθείς κλιματικές συνθήκες. Τελικά υπολογίζει το συνολικό έλλειμμα βροχόπτωσης και εξατμισοδιαπνοής στην πάσχουσα περιοχή.

2.2.4 Δείκτης Δεκατημορίων (Deciles of Precipitation)

Ο δείκτης Δεκατημορίων ελέγχει την εμπειρική συνάρτηση κατανομής των υψών της βροχόπτωσης και τα κατατάσσει σε δεκατημόρια ανάλογα με το μέγεθος της βροχόπτωσης. Δημιουργήθηκε το 1967 από τους Gibbs και Maher. Η κατάταξη σε δεκατημόρια γίνεται αναλογικά, δηλαδή στο πρώτο δεκατημόριο κατατάσσονται οι τιμές των δεδομένων που εντάσσονται στο χαμηλότερο 10% του συνολικού δείγματος, στο δεύτερο εκείνες που εντάσσονται στο 20% και ούτω καθεξής.

Οι τιμές του δείκτη κυμαίνονται από 1 έως 10. Οι τιμές 1 έως 4 ερμηνεύονται ως ξηρασία, λόγω έλλειψης βροχόπτωσης, οι τιμές 5 έως 6 ερμηνεύονται ως φυσιολογική βροχόπτωση και περιορισμός του φαινομένου ξηρασίας, ενώ για τις τιμές 7 έως 10 δεν υφίσταται πλέον ξηρασία.

Ο δείκτης είναι εύκολα υπολογίσιμος και κατανοητός μιας και χρησιμοποιούνται λίγα δεδομένα και δίνεται ακριβής στατιστική μέτρηση. Δεδομένου ότι ο δείκτης χρησιμοποιεί εμπειρική κατανομή, προτείνεται η χρήση του σε μεγάλες χρονοσειρές, λόγω των αξιόπιστων αποτελεσμάτων. Η χρήση μικρών χρονοσειρών μπορεί να οδηγήσει σε παραπλανητικά αποτελέσματα, μιας και δεν θα μπορούν να υπολογιστούν με ακρίβεια τα δεκατημόρια.

2.2.5 Δείκτης τυποποιημένης βροχόπτωσης (SPI)

Ο δείκτης τυποποιημένης βροχόπτωσης (Standardized Precipitation Index) χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία για την έκβαση των αποτελεσμάτων ξηρασίας και αναπτύχθηκε από τους McKee et al. Ο SPI αποτελεί έναν ισχυρό και εύκολα υπολογίσιμο μετεωρολογικό δείκτη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για υγρές ή ξηρές περιόδους

ποσοτικοποιώντας τη μετεωρολογική ξηρασία, ανά μήνα εποχή ή έτος. Η προτιμώμενη χρήση του περιλαμβάνει χρονοσειρές άνω των 50 χρόνων, όμως μπορεί να δώσει σχετικά αξιόλογα αποτελέσματα και με χρονοσειρές 30 χρόνων. Τα αποτελέσματα του λαμβάνονται ακόμα και με ελλιπή δεδομένα, όμως χάριν αξιοπιστίας συμπληρώνονται είτε με την μέση τιμή, είτε παραλείπονται.

Ο δείκτης χρησιμοποιώντας μια συνάρτηση κατανομής στις χρονοσειρές που τίθενται προς μελέτη, υπολογίζει την πιθανότητα βροχόπτωσης. Ο τελικός υπολογισμός του δείκτη SPI επιτυγχάνεται μέσω της κανονικοποίησης των δεδομένων κατακρήμνισης και της κατάλληλης στατιστικής κατανομής. Στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιήθηκε για αυτόν τον σκοπό η κατανομή Γάμμα, αν και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και άλλες κατανομές όπως η Poisson ή η λογαριθμοκανονική.

Ο SPI εκτιμά τις συνθήκες ξηρασίας, και αξιολογεί τον βαθμό αυτής, παρέχοντας έγκαιρη προειδοποίηση για την εμφάνιση της, κατά τη διάρκεια όλων των εποχών, αφού εξαρτάται μόνο από την χρονοσειρά βροχόπτωσης και όχι από την τοπογραφία της περιοχής, ή την εδαφική ξηρασία. Παρόλα αυτά, όπως είναι κατανοητό, τα αρχικά δεδομένα μπορούν να μεταβληθούν, και οι τιμές μεταβάλλονται αναλογικά με το εύρος των δεδομένων. Μειονέκτημα του δείκτη αποτελεί το μεγάλο εύρος χρονοσειρών που χρειάζεται ούτως ώστε να δοθούν αξιόπιστα αποτελέσματα και το γεγονός ότι μπορεί να ποσοτικοποιηθεί μόνον το έλλειμα κατακρήμνισης.

Όταν ο δείκτης κυμαίνεται μεταξύ -0,99 και 0,0 η ξηρασία θεωρείται ήπια. Για τις τιμές -1,49 έως -1,0 μέτρια, -1,99 έως -1,5 δριμεία και από -2,0 και κάτω ακραία. Όταν ο δείκτης έχει θετικές τιμές, η κατακρήμνιση είναι μεγαλύτερη από τη μέση. Ο δείκτης προσδίδει την αρχή, το τέλος και την ένταση κάθε φαινομένου ξηρασίας. Όταν ο δείκτης πάρει αρνητική τιμή δίνεται η αρχή του επεισοδίου, το οποίο και ολοκληρώνεται μόλις ο δείκτης πάρει θετική τιμή. Η ένταση του φαινομένου καθορίζεται με βάση την προαναφερθείσα κλίμακα αρνητικών τιμών. Τα αποτελέσματα που λαμβάνονται από την χρήση του δείκτη SPI διαφέρουν ανάλογα με το χρονικό διάστημα που δίνεται προς μελέτη. Μπορεί λοιπόν πληθώρα μικρών ξηρασιών που μελετώνται σε μικρή κλίμακα να καταδεικνύουν μια μεγαλύτερη ξηρασία σε άλλη κλίμακα. Ο δείκτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για πρόβλεψη μελλοντικών βροχοπτώσεων όπως προαναφέρθηκε, και να γνωστοποιήσει την έξοδο από το φαινόμενο ξηρασίας βάσει πιθανοτήτων.

Κεφάλαιο 3- Περιοχή Μελέτης

3.1 Περιοχή Μελέτης

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν 83 χρονοσειρές από σταθμούς σε όλο τον κόσμο. Η μελέτη και η επιλογή δεδομένων έγινε βάσει της κλιματικής Κατάταξης Köppen, με την χρήση του δείκτη SPI; ώστε να λάβουμε μια γενικότερη εικόνα για το φαινόμενο των ξηρασιών σε όλη την έκταση της γης. Παρακάτω, παρατίθεται ο χάρτης των σταθμών που μελετήθηκαν, εικόνα 2, ο οποίος δημιουργήθηκε με την βοήθεια του προγράμματος Google Maps (χρωματική κλίμακα χάρτη με βάση τον τύπο Köppen: Α-κόκκινο, Β-κίτρινο, C-πράσινο, D-μωβ, Ε-μπλε, Η-καφέ)



Εικόνα 2:Χάρτης Σταθμών που μελετήθηκαν

3.2 Κλιματική Κατάταξη Köppen

Οι κλιματικές κατατάξεις χωρίζονται σε εμπειρικές και γενετικές. Οι γενετικές κατατάξεις βασίζονται στις αιτίες που διαμορφώνουν το κλίμα όπως στην ατμοσφαιρική κυκλοφορία, την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία κλπ. Οι εμπειρικές κατατάξεις από την άλλη, βασίζονται στην στατιστική ανάλυση της επίδρασης του κλίματος σε παράγοντες όπως το θερμοκρασιακό και βροχομετρικό καθεστώς της εκάστοτε περιοχής, στην βλάστηση, την ανθρώπινη αντίδραση κλπ. Στις εμπειρικές κατατάξεις υπάγεται και η κλιματική κατάταξη Köppen(1918).

Για τη δημιουργία της ταξινόμησης ο Köppen, καθόρισε κάποια όρια που σχετίζονται με την ανάπτυξη των φυτών.

1. Τα τροπικά φυτά απαιτούν η χαμηλότερη μέση μηνιαία θερμοκρασία να είναι 18°C και άνω.
2. Η ύπαρξη δασικής ζώνης επιβάλλει η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα να υπερβαίνει τους 10°C .
3. Τα κλιματικά στοιχεία της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης αποτελούν τη βάση της ταξινόμησης.
4. Η εποχική κατανομή και τα ετήσια μεγέθη λαμβάνονται υπόψη.

Ο Köppen για να εκφράσει την ταξινόμηση του χρησιμοποίησε τρεις ομάδες συμβόλων – γραμμάτων:

Η πρώτη κύρια ομάδα χαρακτηρίζεται από τα πέντε πρώτα κεφαλαία γράμματα A,B,C,D και E.

Αυτά προσδιορίζουν τα θερμοκρασιακά και βροχομετρικά χαρακτηριστικά των κλιματικών τύπων.

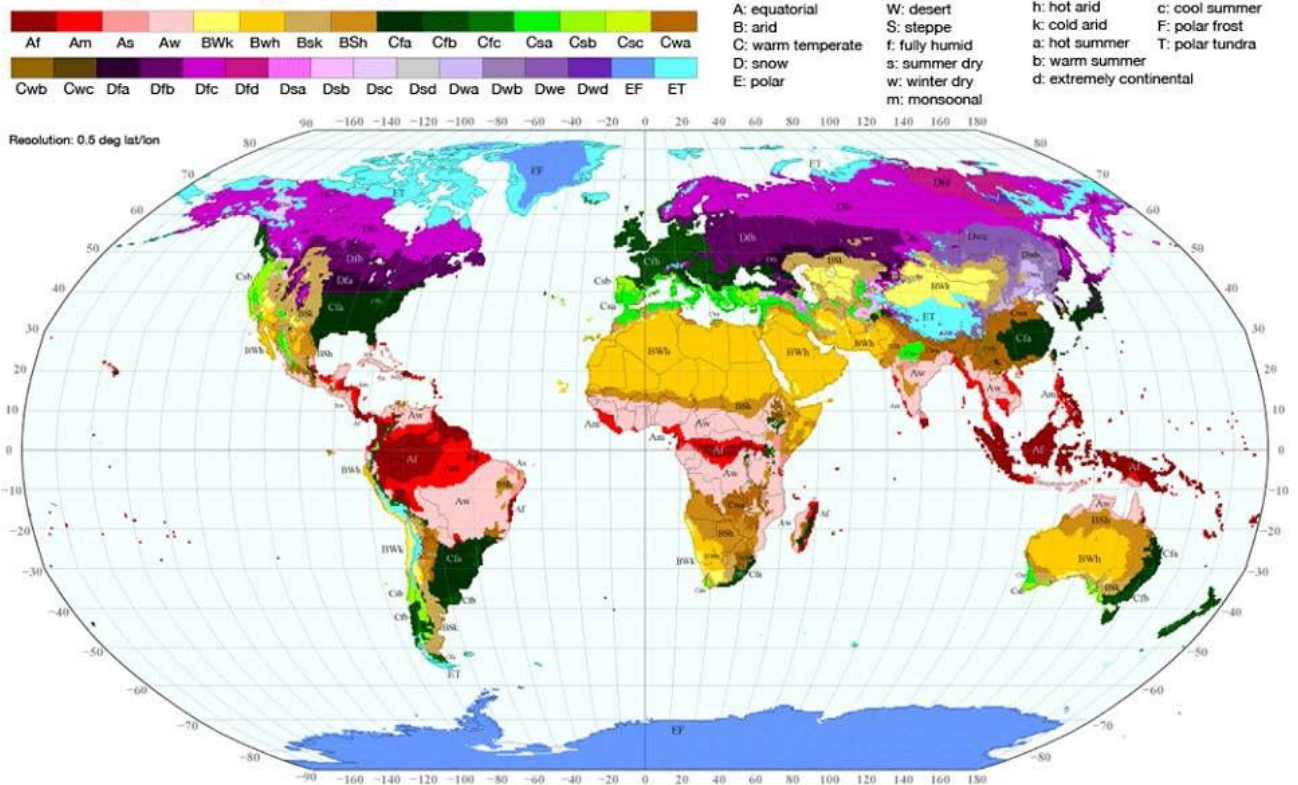
Για καλύτερη περιγραφή των κλιμάτων αργότερα προστέθηκε και μια έκτη κατηγορία η H.

Οι τύποι A,C,D, E και H χαρακτηρίζουν υγρά κλίματα (εξάτμιση < βροχόπτωσης)

Ο τύπος B χαρακτηρίζει ξηρά ή πολύ ξηρά κλίματα (εξάτμιση > βροχόπτωσης).

Η εικόνα 3, δείχνει αναλυτικά την κλιματική κατάταξη στον παγκόσμιο χάρτη.

World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification



Εικόνα 3:Κλιματική Κατάταξη Köppen στον παγκόσμιο Χάρτη <http://koepfen-geiger.vu-wien.ac.at>

Κλιματική Κατάταξη Köppen (Τύπος Α)

Το υγρό τροπικό κλίμα επικρατεί στις περιοχές βόρεια και νότια του Ισημερινού μέχρι τα γεωγραφικά πλάτη 15ο-25ο. Χαρακτηρίζεται από υψηλές θερμοκρασίες όλες τις εποχές και άφθονη βροχόπτωση ($R > 1500$ mm). Στις συνθήκες αυτές ευνοείται η έντονη βλάστηση και αναπτύσσονται τροπικά δάση που περιλαμβάνουν πολλά είδη φυτών προσαρμοσμένων στη μεταβλητή (ανάλογα με το ύψος βλάστησης) εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία. Τα τροπικά δάση υπάρχουν κυρίως στις λεκάνες των ποταμών Αμαζονίου και Κονγκό και στη ζώνη από τη Σουμάτρα μέχρι τη Ν. Γουινέα.

ΚΡΙΤΗΡΙΟ: $T_{\psi} > 180C$

ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ:

f: Υγρό τροπικό (Tropical wet)

Κριτήριο: $R_{\xi} \geq 60$ mm

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

Κριτήριο: $R_{\xi} < 10 - R/250$

m: Τροπικό Μουσσονικό (Tropical monsoon)

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

Ο τύπος Af χαρακτηρίζεται από $E \leq 30C$ αφού το ύψος του ηλίου και οι ώρες ηλιοφάνειας είναι σταθερές όλο το έτος. Ο καιρός είναι μονότονος και αποπνικτικός με περίπου ίδια θερμοκρασία κάθε ημέρα. Σχεδόν κάθε απόγευμα νέφη τύπου Cumulus προκαλούν τοπικές ισχυρές και μικρές σε διάρκεια βροχοπτώσεις. Το βράδυ ο ουρανός είναι καθαρός και η ψύξη του εδάφους προκαλεί δρόσο και ομίχλη. Η υψηλή υγρασία και νέφωση διατηρεί τις μέγιστες θερμοκρασίες σε χαμηλά επίπεδα σε σχέση με αυτές των μεσαίων πλατών. Συνήθως $R > 1500$ mm ενώ στις προσηνεμες περιοχές είναι δυνατόν $R > 4000$ mm.

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

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

(Μαμάσης και Κουτσογιάννης 2013)

Για την παρούσα μελέτη για τον τύπο Köppen A χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από την Λατινική Αμερική(Βραζιλία,Κολομβία), Κεντρική Αφρική(Κονγκό,Μπενίν, Σευχέλλες), Ν.Α.Ασία(Μαλαισία) και Βόρεια Ωκεανία και πιο συγκεκριμένα οι 14 σταθμοί που παρουσιάζονται στην εικόνα 4.

Χώρα	Σταθμοί
Κολομβία	Iripiales
	Observatory National
	Villavicencio
Σευχέλλες	Agalega
Κονγκό	Brazzaville
Μπενίν	Cotonou
	Save
Μαλαισία	Kuala Lumpur
	Melaka
	Kuantan
	Kuching
	Kota Kinabalu
Βραζιλία	Manaus
	Rio branco

Εικόνα 4:Πίνακας Σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν για τον Α κλιματικό τύπο

Κλιματική Κατάταξη Köppen (Τύπος B)

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

ΚΡΙΤΗΡΙΟ: $R < R1$

όπου $R1 = 20 * T + 280$ αν $R6\theta > 0.7 * R$ (ξηρός χειμώνας)

$R1 = 20 * T$ αν $R6\psi > 0.7 * R$ (ξηρό καλοκαίρι)

$R1 = 20 * T + 140$ αν υπάρχει ισοκατανομή κατακρήμνισης

ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ:

Τύποι δεύτερης κατηγορίας

S: Υμιάνυδρο - στέπας (Semiarid-steppe) Κριτήριο: $R1/2 < R < R1$

W: Άνυδρο-ερήμου (Arid-desert) Κριτήριο: $R < R1/2$

Τύποι τρίτης κατηγορίας

h: Θερμό και ξηρό (Hot and dry) Κριτήριο: $T > 18^\circ\text{C}$

k: Δροσερό και ξηρό (Cool and dry) Κριτήριο: $T < 18^\circ\text{C}$

Τα κριτήρια κατάταξης του ξηρού κλίματος στηρίζονται εκτός από τη βροχή και στη θερμοκρασία. Έτσι 350 mm ετήσιας βροχής σε ένα ζεστό κλίμα θα υποστηρίξουν αραιή βλάστηση αλλά σε ψυχρό κλίμα (π.χ στον Καναδά) ένα δάσος κωνοφόρων. Ακόμη μια περιοχή με μικρή βροχή κατατάσσεται ως ξηρή αν η περισσότερη βροχή πραγματοποιείται την θερμή περίοδο όπου η εξάτμιση είναι μεγαλύτερη. Η βροχή στα ξηρά κλίματα είναι μικρή και ακανόνιστη. Για παράδειγμα σε σταθμό με μέση ετήσια βροχή 50 mm είναι δυνατόν να μην πραγματοποιηθεί βροχή για 2 χρόνια και σε μια ξαφνική νεροποντή να πέσουν 100 mm. Η βλάστηση αν και μικρή εξαρτάται από την ακανόνιστη βροχή (λίγες έρημοι δεν έχουν καθόλου βλάστηση). Επικρατούν τα ξηρόφυτα, ποικίλες μορφές κάκτων και φυτών που αναπτύσσονται και ζουν μόνο κατά την περίοδο των βροχών.

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

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

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

Ο τύπος BS επικρατεί γύρω από τα όρια των άνωδρων εκτάσεων όπου το κλίμα σταδιακά αλλάζει σε ημιάνυδρο. Οι περιοχές αυτές περιλαμβάνουν στέπες που συνήθως η βλάστησή τους αποτελείται από κοντό χορτάρι, διασκορπισμένους θάμνους και μικρά δένδρα. Οι βόρειες περιοχές έχουν χαμηλότερες θερμοκρασίες και συχνότερες χιονοπτώσεις και η μέση ετήσια βροχή είναι μεταξύ 200 και 400 mm. Βορειότερα η βροχή αυξάνει και έτσι οι ημιάνυδρες περιοχές είναι αυτές που διαχωρίζουν τις ξηρές από τις υγρές περιοχές.

(Μαμάσης Κουτσογιάννης 2013)

Για την παρούσα μελέτη για τον τύπο Köppen B χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από την Αργεντινή, την Νοτιοδυτική Αφρική (Μπουρκίνα Φάσο, Σενεγάλη), τη Σαουδική Αραβία (Ομάν) και την Κεντρική Αυστραλία και πιο συγκεκριμένα οι 15 σταθμοί, που παρουσιάζονται στην εικόνα 5.

Χώρα	Σταθμοί
Μπουρκίνα Φάσο	Boromo
	Ouagadugu
	Ouahiguya
Ομάν	Masirah
Αυστραλία	Alice Springs
	Halls Creek
	District 13
	Trelew aero
Αργεντινή	Santa Rosa
	Pehuajo Aero
	Puerto Deseado
	Comodoro Rivadaria
	Esquel Aero
Σενεγάλη	Tambacounda
	Matam

Εικόνα 5: Πίνακας Σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν για τον B κλιματικό τύπο

Κλιματική Κατάταξη Köppen (Τύπος C)

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

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

ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ

Τύποι δεύτερης κατηγορίας

w: Ξηρός χειμώνας (Dry winter) Κριτήριο: $R_{\xi\psi} < R_{\nu\theta}/10$

s: Ξηρό καλοκαίρι (dry summer) Κριτήρια: $R_{\xi\theta} < 40 \text{ mm}$ και $R_{\xi\theta} < R_{\nu\psi} / 3$

f: Υγρό όλο το χρόνο (wet all seasons) Κριτήριο: Δεν ισχύουν τα προηγούμενα

Τύποι τρίτης κατηγορίας

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

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

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

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

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

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

Ο τύπος Cfa εμφανίζεται στις ανατολικές ακτές των ηπείρων μεταξύ των πλατών 25ο-40ο και συγκεκριμένα στις ΝΑ ΗΠΑ, Α. Κίνα, Ν. Ιαπωνία, ΝΑ Νότια Αμερική και στις ΝΑ ακτές της Αφρικής και της Αυστραλίας. Χαρακτηρίζεται από θερμό και υγρό καλοκαίρι με υψηλές θερμοκρασίες δρόσου ακόμη και μέσα στην ημέρα. Η υψηλή θερμοκρασία συνδυασμένη με την υψηλή υγρασία παράγει αποπνικτικές συνθήκες όπως στους τροπικούς. Οι χειμώνες είναι ήπιοι και στα χαμηλότερα πλάτη η θερμοκρασία δεν πέφτει συχνά κάτω από τους 0°C . Στα βορειότερα πλάτη οι χειμώνες είναι ψυχρότεροι και παρουσιάζονται σποραδικές χιονοπτώσεις. Ο καιρός είναι μεταβλητός αφού σε σχεδόν καλοκαιρινές συνθήκες διέρχονται κυκλώνες μεσαίων πλατών. Η βροχόπτωση (μεταξύ 800 και 1650 mm) είναι κατανεμημένη σε όλο το έτος ενώ η περισσότερη θερινή βροχή πέφτει το απόγευμα σαν καταιγίδα.

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

Ο τύπος Cfc χαρακτηρίζεται από σύντομα και δροσερά καλοκαίρια.

Ο τύπος Cs αντιπροσωπεύει το Μεσογειακό κλίμα που χαρακτηρίζεται από ήπιους υγρούς

χειμώνες και ήπια, ζεστά και ξηρά καλοκαίρια λόγω της επιρροής των υποτροπικών αντικυκλώνων. Η ετήσια βροχή κυμαίνεται μεταξύ 300-900 mm αλλά μπορεί και να είναι περισσότερη στα γύρω υψώματα.

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

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

Ο τύπος Cw χαρακτηρίζεται από μουσωνικό καθεστώς (ξηρός χειμώνας-υγρό καλοκαίρι). (Μαμάσης Κουτσογιάννης 2013)

Για την παρούσα μελέτη για τον τύπο Köppen C χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από την Αμερική(Καλιφόρνια) και την περιοχή της Μεσογείου και πιο συγκεκριμένα οι 14 σταθμοί που παρουσιάζονται στην εικόνα 6

Χώρα	Σταθμοί
Αλγερία	Alger Dar El Beiga
	Annaba
	Es senia
ΗΠΑ	Ely
	Las Vegas
	San Diego
Γαλλία	Marseille
	Perpignan
Ελλάδα	Αθήνα
	Ηράκλειο
	Καλαμάτα
Ιταλία	Messina
	Trapani
Ισπανία	Alicante

Εικόνα 6: Πίνακας Σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν για τον C κλιματικό τύπο

Κλιματική Κατάταξη Köppen (Τύπος D)

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

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

ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ

Τύποι δεύτερης κατηγορίας (οι ίδιοι με της κατηγορίας C)

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

Τύποι τρίτης κατηγορίας (περιλαμβάνονται οι τρεις της κατηγορίας C)

a (μεγάλο και θερμό καλοκαίρι), *b* (μεγάλο και δροσερό καλοκαίρι),

c (μικρό και δροσερό καλοκαίρι)

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

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

Οι τύποι Dfa και Dfb εμφανίζονται μεταξύ των πλατών 40°-50° (60° στην Ευρώπη). Η βροχόπτωση είναι αρκετή (μεταξύ 500-1000 mm) και κατανεμημένη στο έτος. Η βλάστηση των υγρότερων περιοχών περιλαμβάνει δάση από έλατα, πεύκα και βαλανιδιές.

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

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

Ο τύπος Dfc συναντάται στις περιοχές από τις οποίες προέρχονται οι πολικές αέριες μάζες (Καναδάς, Αλάσκα, Νορβηγία, Σιβηρία). Χαρακτηρίζεται από εκτεταμένους χειμώνες και μικρά και δροσερά καλοκαίρια. Μόνο για 1-3 μήνες η θερμοκρασία περνάει τους 10°C . Η ετήσια βροχόπτωση είναι μικρή (<500 mm) ιδιαίτερα στις ηπειρωτικές περιοχές και ένα μεγάλο ποσοστό προέρχεται από τις θερινές υφέσεις. Η χιονόπτωση δεν είναι μεγάλη αλλά οι χαμηλές θερμοκρασίες έχουν αποτέλεσμα να υπάρχει χιονοκάλυψη πολλούς μήνες. Οι χαμηλές

θερμοκρασίες προκαλούν μικρή εξάτμιση και έτσι υπάρχει αρκετή υγρασία για να επιβιώσουν τα δάση των κωνοφόρων (taiga).

(Μαμάσης και Κουτσογιάννης 2013)

Για την παρούσα μελέτη για τον τύπο Köppen D χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τον Καναδά και την Νορβηγία τη Ρωσία, τις ΗΠΑ και την Κίνα και πιο συγκεκριμένα οι 15 σταθμοί που παρουσιάζονται στην εικόνα 7.

Χώρα	Σταθμοί
Νορβηγία	Bodo
	Orland
	Oslo
Ρωσία	Im paliny
	Irkutsk
	Mogoca
Καναδάς	Bagotville
	Goose Baz
ΗΠΑ	Caribou
	Des moines
	Fargo
	International Falls
	Sault ste Marie
Κίνα	Hailaer
	Qiqihaer

Εικόνα 7: Πίνακας Σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν για τον D κλιματικό τύπο

Κλιματική Κατάταξη Köppen (Τύπος E)

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

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

ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ

T: Τούντρα (Tundra) Κριτήριο: $0^{\circ}\text{C} < T_{\theta} < 10^{\circ}\text{C}$ *F*:

Παγοκάλυψη (Ice cap) Κριτήριο: $T_{\theta} < 0^{\circ}\text{C}$.

ΜΕΤΑΓΕΝΕΣΤΕΡΟΙ ΤΥΠΟΙ

H: Ορεινό κλίμα (Highlands) Κριτήριο: $T_{\theta} < 10^{\circ}\text{C}$

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

Ο τύπος ET χαρακτηρίζεται από έδαφος που είναι μόνιμα παγωμένο, ενώ το καλοκαίρι όπου ο θερμός καιρός λειώνει τον πάγο που υπάρχει στο ανώτερο εδαφικό στρώμα, η τούνδρα γίνεται βαλτώδης και λασπώδης. Η μέση ετήσια βροχή είναι μικρή ($< 200\text{mm}$) και σε χαμηλότερα πλάτη το κλίμα θα χαρακτηριζόταν ξηρό, αλλά η πολύ μικρή εξάτμιση έχει αποτέλεσμα να υπάρχει αρκετή υγρασία στην ατμόσφαιρα. Επειδή η περίοδος ανάπτυξης των φυτών είναι πολύ μικρή η βλάστηση της τούνδρας αποτελείται από βρύα, λειχήνες, πολύ μικρά δένδρα και διασκορπισμένη ξυλώδη χαμηλή βλάστηση. Παρά το γεγονός ότι στις περιοχές αυτές το καλοκαίρι υπάρχει μεγάλη ηλιοφάνεια, η γωνία του ηλίου και η ανακλαστικότητα του εδάφους έχουν αποτέλεσμα τα πολύ δροσερά καλοκαίρια. Το EΘE είναι μεγάλο.

Ο τύπος EF εμφανίζεται στο εσωτερικό της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής όπου οι περιοχές είναι μόνιμα καλυμμένες από χιόνι και πάγο πάχους εκατοντάδων μέτρων και η ανάπτυξη φυτών είναι αδύνατη. Η θερμοκρασία ποτέ δεν ξεπερνάει τους 0°C , ακόμη και το καλοκαίρι. Στον τύπο αυτό συναντώνται τα ψυχρότερα μέρη του κόσμου. Η μέση ετήσια κατακρήμνιση είναι πολύ μικρή ($< 100\text{mm}$) και η περισσότερη πέφτει σαν χιόνι κατά τη θερμή περίοδο.

(Μαμάσης και Κουτσογιάννης 2013)

Για την παρούσα μελέτη για τον τύπο Köppen E χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από την Γροιλανδία, την Αλάσκα και την Ισλανδία και πιο συγκεκριμένα οι 14 σταθμοί που παρουσιάζονται στην εικόνα 8.

Χώρα	Σταθμοί
Ισλανδία	Akureyki
	Hofn I Hornafirdi
	Keflavic
Γροιλανδία	Ammasalic
	Godthaab
ΗΠΑ(Αλάσκα)	Mcgrath
	Nome
	Yakutat
	Kotzebue
	King Salmon
	Fairbanks
	Anchorage
	Barrow
	Cold Bay

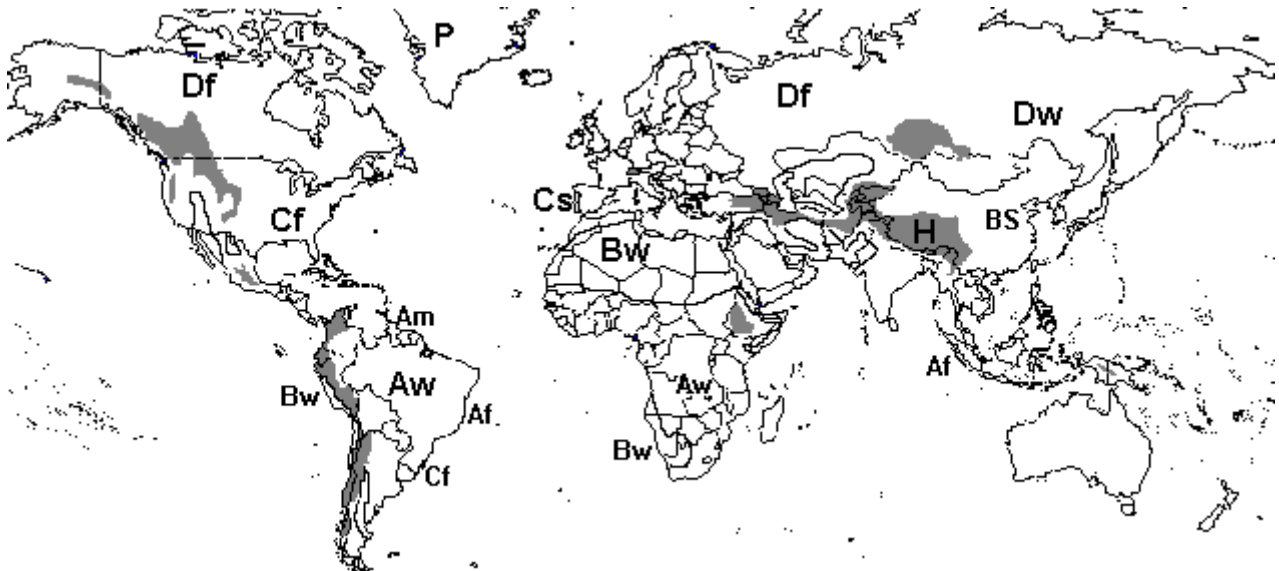
Εικόνα 8: Πίνακας Σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν για τον E κλιματικό τύπο

Κλιματική Κατάταξη Köppen (Τύπος Η)

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

(Μαμάσης και Κουτσογιάννης 2013)

Η επιλογή περιοχών για αναζήτηση σταθμών έγινε βάσει του χάρτη κλιματικής Κατάταξης Η, που παρουσιάζεται στην εικόνα 9.



Εικόνα 9: Πηγή: <http://www2.harpercollege.edu/mhealy/g101ilec/intro/phy/phcli/phclifr.htm>

Για την παρούσα μελέτη για τον τύπο Köppen Η χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα σταθμών ύψους μεγαλύτερου των 1500 μέτρων, από τις ΗΠΑ, την Αιθιοπία Μεξικό την Κίνα και την Ινδία και πιο συγκεκριμένα οι 11 σταθμοί που παρουσιάζονται στην εικόνα 10.

Χώρα	Σταθμοί
ΗΠΑ	Albuquerque
	Caspe
	Lander
Αιθιοπία	Addis Ababa
	Jimma
Κίνα	Kuenming
	Tengchong
	Xichang
	Dulan
Ινδία	Mukteshwar
	Shrinagar

Εικόνα 10: Πίνακας Σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν για τον Η κλιματικό τύπο

3.3 Βάση Δεδομένων

Προκειμένου να μελετηθεί το κλίμα και η ξηρασία ανα τον κόσμο βάσει της κλιματικής κατάταξης Köppen, χρησιμοποιήθηκε ως βάση δεδομένων η «The Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI)», Climate Explorer η οποία είναι διαθέσιμη στο <http://climexp.knmi.nl/start.cgi?id=someone@somewhere>.

Η βάση δεδομένων που επιλέχθηκε πληροί τα κριτήρια να επιτρέπει ελεύθερη πρόσβαση στα δεδομένα και να είναι παγκόσμια, καθώς η παρούσα μελέτη έγινε σε παγκόσμιο κλιματικό επίπεδο.

Ο KNMI Climate Explorer διαθέτει μια εύχρηστη μηχανή αναζήτησης σταθμών, και αποτελεί μια εφαρμογή στατιστικής ανάλυσης δεδομένων. Η συλλογή δεδομένων ξεκίνησε το 1999 και σήμερα περίπου 20 χρόνια αργότερα, περιέχει πάνω από 1 TB κλιματικών δεδομένων και πληθώρα εργαλείων ανάλυσης. Αποτελεί σήμερα κομμάτι του οργανισμού WMO (Meteorological Organization).

3.4 Διαδικασία Συλλογής Δεδομένων

Κατά τη διαδικασία συλλογής δεδομένων πρέπει να ικανοποιούνται κάποιες παράμετροι. Αρχικά, τίθεται το θέμα της χρονικής πληρότητας των χρονοσειρών, ώστε τα δεδομένα να είναι αντιπροσωπευτικά ως προς τις μεταβολές των τιμών της βροχόπτωσης σε κάθε σταθμό. Επιπλέον, υψίστης σημασίας είναι η χωρική κατανομή ώστε να είναι κατά το δυνατόν αντιπροσωπευτική φαινομένων παγκόσμιας κλίμακας και να καλύπτονται οι έξι κατηγορίες του κλίματος Köppen, με αντιπροσωπευτικό δείγμα.

Όσον αφορά στην χρονική πληρότητα των μετρήσεων, επιλέχθηκε μήκος χρονοσειράς τουλάχιστον 50 ετών. Το χρονικό διάστημα που επιλέχθηκε είναι 1950-2017, όπου και απαιτήθηκε χρονοσειρά 50 ετών. Παρόλαυτα, για σταθμούς με μεγαλύτερο εύρος διαθέσιμων μετρήσεων, τα δεδομένα που δεν εμπίπτουν στο παραπάνω χρονικό διάστημα, κρατήθηκαν και επεξεργάστηκαν ούτως ώστε να έχουμε μια πλήρη εικόνα των βροχοπτώσεων για την εκάστοτε περιοχή, ανά τα έτη, και να μην μειωθεί κατά πολύ το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε. Μετά την αναζήτηση με τα παραπάνω χρονικά κριτήρια αποφασίστηκε να κρατηθεί το διάστημα 1967-2017 όπου και υπήρχε μεγαλύτερη χρονική πληρότητα.

Οι χρονοσειρές με ιστορικά δεδομένα συνήθως παρουσιάζουν κενά στις μηνιαίες μετρήσεις οπότε και θεωρήθηκαν πλήρεις, χρονοσειρές που δεν περιέχουν πάνω από τρία συναπτά έτη κενά, και που οι κενές μετρήσεις σε ένα έτος δεν υπερβαίνουν τους 3 μήνες. Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα των κενών μηνών, οι ελλειπείς μετρήσεις είτε αφέθηκαν κενές εάν δεν επηρέαζαν σημαντικά το αποτέλεσμα, είτε χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος βροχόπτωσης του συγκεκριμένου μήνα ανά τα έτη ώστε να μην αποκλίνει το αποτέλεσμα σημαντικά.

Στο πλαίσιο της χωρικής κατανομής, η δειγματοληψία έπρεπε να είναι αντιπροσωπευτική. Το πρόβλημα που έπρεπε να αντιμετωπιστεί ήταν η διαφορά πυκνότητας διαθέσιμων σταθμών ανα τον κόσμο. Για παράδειγμα, το κομμάτι της Μεσογείου που καλύπτει μαζί με την Καλιφόρνια τον τύπο C στην κλιματική κατάταξη είχε πάρα πολλούς σταθμούς με διαθέσιμα δεδομένα, οπότε και έγινε διαλογή των σταθμών με τις πιο πλήρεις μετρήσεις, και ταυτόχρονα με αντιπροσωπευτική κατανομή στον χάρτη ώστε να καλυφθεί όλη η περιοχή της Μεσογείου. Αντίθετα όμως, σε περιοχές όπως η Αφρική και η Λατινική Αμερική, που εμπίπτουν στον τύπο A της κλιματικής κατάταξης και για τους σταθμούς που ανήκουν στον κλιματικό τύπο H υπήρχαν πολύ λιγότερα διαθέσιμα δεδομένα χρονοσειρών και κατά κανόνα ελλιπή. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα στις περιοχές με λίγα δεδομένα, κρατήθηκαν όλοι οι διαθέσιμοι σταθμοί που πληρούσαν τα χρονικά κριτήρια, ακόμα και οι ελλειπείς.

Η διαδικασία συλλογής δεδομένων, έγινε ως εξής:

- Επισκεπτόμαστε τον ιστότοπο <http://climexp.knmi.nl/selectstation.cgi?id=someone@somewhere>
- Στην δεύτερη στήλη **GHCN-M (all)** επιλέγουμε την κατακρήμνιση (precipitation)
- Στον πίνακα επιλογής σταθμών (select stations) ορίζουμε τις συντεταγμένες για τις οποίες ενδιαφερόμαστε
- Στον πίνακα χρόνου και απόστασης (time,distance) επιλέγουμε τουλάχιστον 60 χρόνια μετρήσεων μηνιαίων δεδομένων, που να αρχίζουν από τον μήνα Οκτώβριο ο οποίος σηματοδοτεί και την έναρξη υδρολογικού έτους, στα χρόνια 1950-2017 και πραγματοποιούμε αναζήτηση.

Η διαδικασία πραγματοποιείται στο περιβάλλον που φαίνεται στην εικόνα 11.

Select a monthly time series
Historical observations

GHCN-M (adjusted)	GHCN-M (all)	other
<input type="radio"/> precipitation	<input checked="" type="radio"/> precipitation	<input type="radio"/> PSMSL sealevel
<input type="radio"/> mean temperature	<input type="radio"/> mean temperature	<input type="radio"/> sealevel (JASL)
<input type="radio"/> minimum temperature	<input type="radio"/> minimum temperature	<input type="radio"/> world river discharge (RivDis)
<input type="radio"/> maximum temperature	<input type="radio"/> maximum temperature	<input type="radio"/> USA river discharge (HCDN)
	<input type="radio"/> sealevel pressure	<input type="radio"/> european SLP (ADVICE)
(full lists)		<input type="radio"/> N-America snowcourses (NRCS)

Select stations

stations with a name containing

10 stations near 42°N, 5°E (select on world map)

all stations in the region °N - °N, °E - °E

the stations with station numbers

lon1 lon2 lat1 lat2 (optional)
station number (one per line)

Time, distance

At least 50 years of data in the monthly season starting in Oct in years 1950-2017

At least ° apart and with m < elevation <

Εικόνα 11:Κριτήρια Επιλογής Σταθμών, πηγή:

<http://climexp.knmi.nl/selectstation.cgi?id=someone@somewhere>

- Εμφανίζονται οι σταθμοί που πληρούν τα κριτήρια της αναζήτησης από όπου και επιλέγουμε έναν έναν αυτόν που μας ενδιαφέρει, όπως στην εικόνα 12.

```
Looking up 10 stations
Searching for stations near 35.00N, 15.00E
Requiring at least 10 years with data in Oct
Only considering the period 1950-2017
Opening v2.prcp
Found 10 stations

LUQA MALTA (MALTA)
coordinates: 35.80N, 14.50E, 91m
WMO station code: 16597 (get data)
Found 68 years with data in 1950-2017

FIDD MALTA (MALTA)
coordinates: 35.90N, 14.50E, -999m
Near WMO station code: 16597.3 (get data)
Found 40 years with data in 1950-1989

DINGLI MALTA (MALTA)
coordinates: 35.90N, 14.40E, 350m
Near WMO station code: 16597.2 (get data)
Found 36 years with data in 1950-1985

RABAT MALTA (MALTA)
coordinates: 35.90N, 14.40E, -999m
Near WMO station code: 16597.5 (get data)
Found 41 years with data in 1950-1990

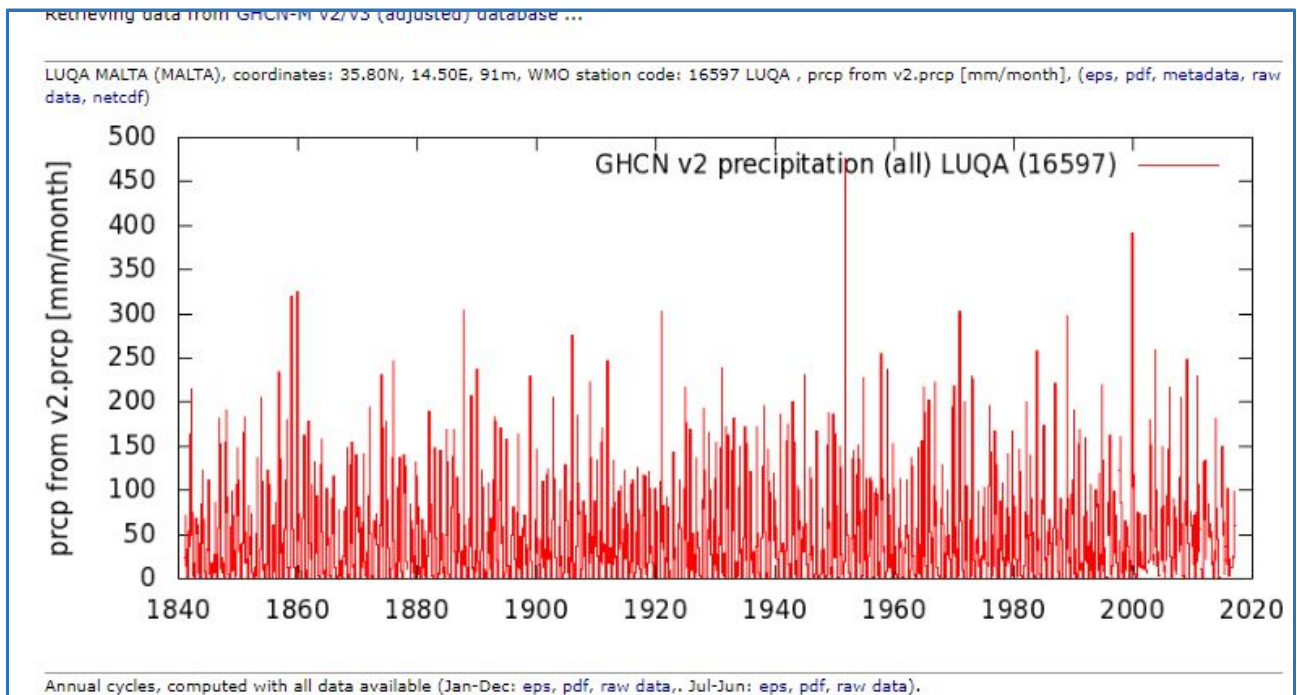
BIEB MALTA (MALTA)
coordinates: 36.10N, 14.30E, -999m
Near WMO station code: 16597.1 (get data)
Found 40 years with data in 1950-1989

GEBEL MALTA (MALTA)
coordinates: 36.10N, 14.20E, -999m
Near WMO station code: 16597.4 (get data)
Found 41 years with data in 1950-1990
```

Εικόνα 12: Εμφάνιση σταθμών που επαληθεύουν τα κριτήρια αναζήτησης, πηγή:

<http://climexp.knmi.nl/selectstation.cgi?id=someone@somewhere>

- Στην συνέχεια εμφανίζεται το διάγραμμα κατακρήμισης του σταθμού που επιλέξαμε, από όπου επιλέγουμε raw data για να πάρουμε τα μηνιαία δεδομένα, τα οποία και αποθηκεύουμε, όπως φαίνεται στην εικόνα 13.



Εικόνα 13: Διάγραμμα κατακρήμισης επιλεγμένου σταθμού, πηγή:

<http://climexp.knmi.nl/selectstation.cgi?id=someone@somewhere>

Κεφάλαιο 4-Επεξεργασία Χρονοσειρών Περιοχής Μελέτης

4.1 Διαδικασία Υπολογισμού Δεδομένων

Στην παρούσα μελέτη, χρησιμοποιήθηκαν 83 χρονοσειρές κατακρήμνισεων για το διάστημα 1967-2017. Απαραίτητο βήμα για τον υπολογισμό του στατιστικού δείκτη SPI, ο οποίος και χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση των ξηρασιών στην συγκεκριμένη εργασία είναι να καθοριστεί αρχικά η κατανομή πιθανότητας που περιγράφει τη σχετική συχνότητα της χρονοσειράς κατακρήμνισης. Οι McKee et al., ως οι πρώτοι που ανέπτυξαν τον δείκτη SPI, προσάρμοσαν τις μηνιαίες χρονοσειρές βροχοπτώσεων στην κατανομή Γάμμα, που χρησιμοποιεί δυο παραμέτρους. Παρόλο που αργότερα μελετήθηκαν και άλλες κατανομές, εδώ χρησιμοποιήθηκε η κατανομή Γάμμα.

Εφόσον έχουμε πλέον διαθέσιμα τα δεδομένα μιας επιλεγμένης χρονοσειράς για κάποιο σταθμό, τα εισάγουμε σε ένα φύλλο Excel με σκοπό την μελέτη της ξηρασίας για την επικείμενη περιοχή. Τα δεδομένα, είναι μηνιαία σχηματίζοντας έτσι δεκατριές στήλες, μία που περιέχει τις διαδοχικές ημερομηνίες, σχηματίζοντας την χρονοσειρά για τον κάθε σταθμό, και δώδεκα που αντιπροσωπεύουν τον κάθε μήνα ξεκινώντας από τον μήνα Οκτώβριο.

Αφού ελέγξουμε τα διαθέσιμα δεδομένα για τυχόντα κενά στις μετρήσεις, τα οποία αντιμετωπίζονται όπως εξηγήθηκε στην παράγραφο 3.4, πρέπει να δημιουργήσουμε τέσσερις καινούργιες στήλες οι οποίες θα περιέχουν αθροιστικά τα δεδομένα της κατακρήμνισης για το τρίμηνο, το εξάμηνο, το ενιάμηνο και το υδρολογικό έτος. Επομένως, στην πρώτη στήλη που δημιουργούμε αθροίζουμε τους μήνες Οκτώβριο Νοέμβριο και Δεκέμβριο του κάθε έτους, στην δεύτερη τους τρεις προαναφερθέντες μήνες και τους Ιανουάριο Φεβρουάριο και Μάρτιο, στην τρίτη όλους τους προηγούμενους και τους Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο και τέλος προσθέτουμε σε όλους τους προηγούμενους τις μετρήσεις για τον Ιούλιο τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο, παίρνοντας έτσι την αθροιστική τιμή κατακρήμνισης για το υδρολογικό έτος Οκτώβριο με Σεπτέμβριο.

Για τις τέσσερις καινούργιες στήλες τις οποίες δημιουργήσαμε υπολογίζονται για κάθε σταθμό οι μεταβλητές Alpha και Beta, των οποίων οι τύποι ακολουθούν, οι οποίες είναι απαραίτητες για τον υπολογισμό της κατανομής Γάμμα, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση τους.

$$alpha = \left(\frac{mean}{std} \right)^2$$

$$beta = (std)^2 / mean$$

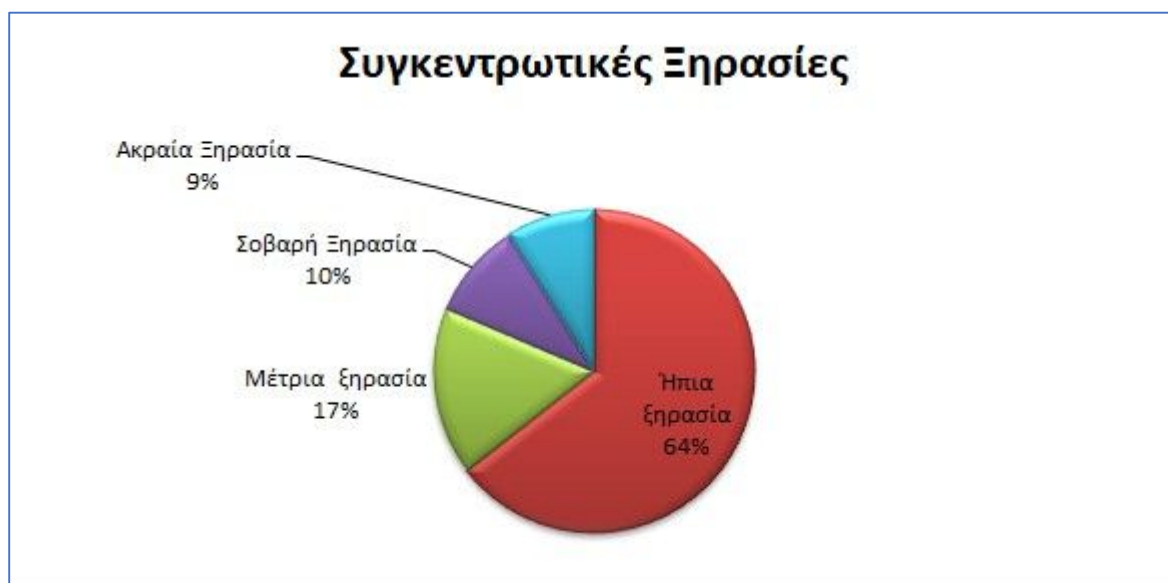
Η εξίσωση συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας που χρησιμοποιήθηκε με τη βοήθεια του ορίσματος `gammadist` του excel, είναι η

$$f(x; a, b) = \left(\frac{1}{b^a \Gamma(a)} \right) x^{a-1} e^{-\frac{x}{b}}$$

Εφόσον υπολογίσουμε τις παραπάνω μεταβλητές και την συνάρτηση Γάμμα για κάθε στήλη δεδομένων, με τη βοήθεια της εξίσωσης `normsinv` η οποία παίρνει ως όρισμα πιθανότητα και αποδίδει το αντίστροφο της τυπικής κανονικής αθροιστικής κατανομής, για κανονική κατανομή με αριθμητικό μέσο 0 και τυπική απόκλιση 1, υπολογίζουμε τον δείκτη SPI για τρίμηνο, εξάμηνο, ενιάμηνο και υδρολογικό έτος. Βάσει του πίνακα SPI, μπορούμε πλέον να δημιουργήσουμε τα τελικά διαγράμματα που δείχνουν το εύρος τιμών του SPI για τη χρονοσειρά, και άρα μας βοηθούν να εκτιμήσουμε τα φαινόμενα ξηρασίας.

4.2 Ανάλυση Ξηρασιών

Έχοντας πλέον μελετήσει και αναλύσει τους 83 σταθμούς για μήκος χρονοσειράς 50 ετών, μπορούμε να διακρίνουμε, βάσει του δείκτη SPI, τα φαινόμενα ξηρασίας σε ήπια, μέτρια, σοβαρά και ακραία. Βάσει των πινάκων που δημιουργήθηκαν έχουμε στη διάθεση μας, την αξιολόγηση των φαινομένων ξηρασίας σε τρίμηνη, εξάμηνη, εννεάμηνη και δωδεκάμηνη διάρκεια για κάθε σταθμό και κάθε υδρολογικό έτος. Συγκεντρώνοντας τα στοιχεία για τα δεδομένα υδρολογικών ετών των σταθμών ανεξαρτήτως κλιματικής κατάταξης, δημιουργήθηκε το διάγραμμα πίτα, εικόνα 14. Το συνολικό πλήθος των εμφανίσεων ξηρασίας για το σύνολο των σταθμών και των 50 ετών, ανέρχεται στην τιμή 1.983 έναντι της τιμής 2.250 που αφορά στο πλήθος μη εμφάνισης ξηρασίας. Από τις 1.983 εμφανίσεις ξηρασίας, μόνον οι 135 κατηγοριοποιούνται ως ακραία φαινόμενα ξηρασίας με τις οποίες θα ασχοληθούμε κυρίως στην παρούσα εργασία, καταλαμβάνοντας ποσοστό 9%, οι 192 ως σοβαρά φαινόμενα ξηρασίας καταλαμβάνοντας ποσοστό 10%, οι 335 ως φαινόμενα μέτριας ξηρασίας, με ποσοστό 17% και τέλος, οι 1.279 κατατάσσονται στα φαινόμενα ήπιας ξηρασίας με ποσοστό 64%.



Εικόνα 14: Συγκεντρωτικά Ποσοστά Εμφάνισης Φαινομένων Ξηρασίας.

Δεδομένου ότι η λήψη δεδομένων, καθώς και η ανάλυση αυτών, γίνεται βάσει υδρολογικού έτους, δηλαδή ξεκινώντας από τον μήνα Οκτώβριο και τελειώνοντας το μήνα Σεπτέμβριο του επόμενου ημερολογιακού έτους, τα δεδομένα που θα εμφανίζονται στους πίνακες SPI από εδώ και στο εξής, αφορούν το ως άνω χρονικό διάστημα. Λόγου χάριν, όταν αναφερόμαστε στο έτος 1967,

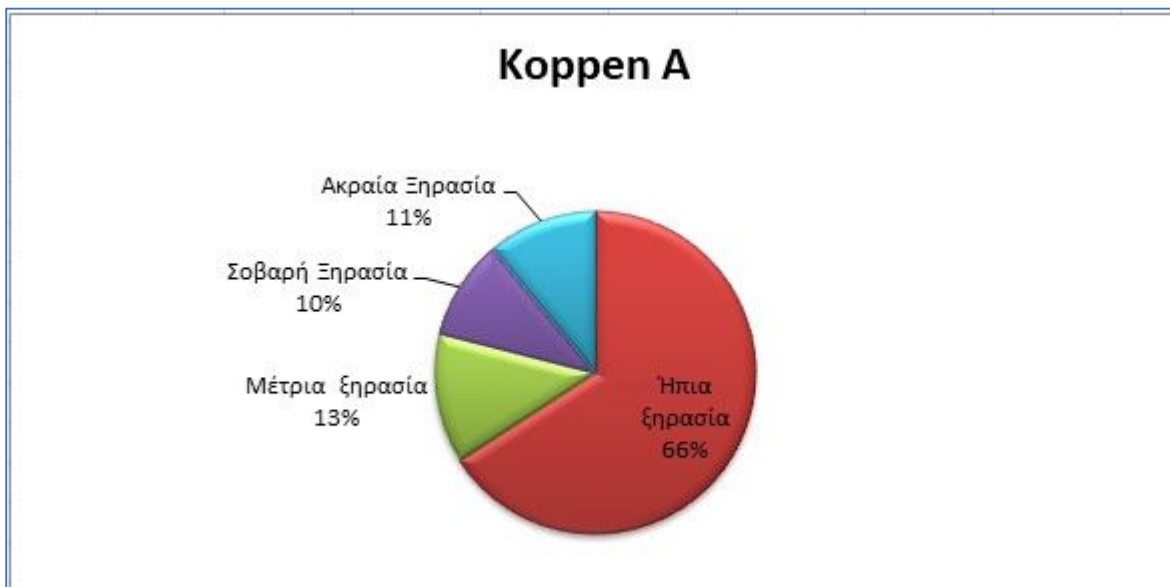
ουσιαστικά αναφερόμαστε στους μήνες Οκτώβριο του 1966 με Σεπτέμβριο του 1967 κ.ο.κ. Ο βαθμός έντασης των φαινομένων ξηρασίας σε κάθε έναν από τους πίνακες SPI που θα εμφανισθεί από εδώ και στο εξής, έχει διακριθεί βάσει χρωματικής κλίμακας για λόγους ευκολίας ανάλυσης των αποτελεσμάτων. Έτσι, για μη εμφάνιση φαινομένου ξηρασίας έχουμε λευκό χρώμα, για ήπια φαινόμενα ξηρασίας ροζ χρώμα, για μέτρια φαινόμενα ξηρασίας πορτοκαλί χρώμα, για σοβαρά φαινόμενα ξηρασίας κίτρινο χρώμα και για ακραία φαινόμενα ξηρασίας κόκκινο χρώμα, όπως συγκεντρώνονται στην εικόνα 15.

τιμες δεικτη	ξηρασια
>0	όχι
?-0,99 με 0	ήπια ξηρασια
?-1,49 με -1,00	μετρια ξηρασια
?-1,99 με ?-1,50	σοβαρη ξηρασια
<=2,00	ακραια ξηρασια

Εικόνα 15:Χρωματική κλίμακα φαινομένων ξηρασίας

Ανάλυση Κλιματικής Κατάταξης Köppen A

Από τα 135 φαινόμενα ακραίας ξηρασίας που παρατηρήθηκαν στο σύνολο, τα 33, σε δείγμα 14 σταθμών και 299 φαινομένων ξηρασιών γενικά, για το χρονικό διάστημα 1967-2017, παρατηρήθηκαν σε σταθμούς που κλιματικά κατατάσσονται στον τύπο A κατά Köppen, καταλαμβάνοντας ποσοστό 11%. Από τα υπόλοιπα 266 φαινόμενα ξηρασίας, τα 30 αξιολογούνται ως σοβαρά, με ποσοστό 10%, τα 39 ως μέτρια, με ποσοστό 13% και τα 197 ως ήπια φαινόμενα ξηρασίας με ποσοστό 66%. Τα ποσοστά ξηρασίας επί των συνολικών ξηρασιών για τον τύπο A φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα, εικόνα 16. Συνολικά, ο τύπος κλίματος A εμφάνισε φαινόμενα ξηρασίας με ποσοστό 42% έναντι ποσοστού 58%, στο οποίο δεν παρατηρήθηκε φαινόμενο ξηρασίας.



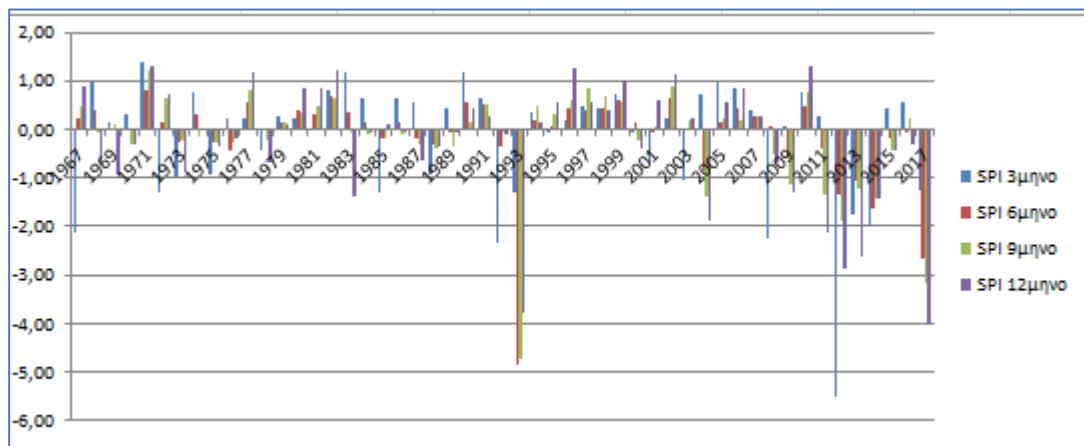
Εικόνα 16: Ποσοστά Ξηρασίας για τον Τύπο Κλίματος A

Θα αναφέρουμε τώρα τα φαινόμενα ακραίας ξηρασίας ανά τα έτη. Για το υδρολογικό έτος 1972, παρατηρείται φαινόμενο ακραίας ξηρασίας στον σταθμό Melaca, στην Μαλαισία. Το υδρολογικό έτος 1982, παρατηρείται φαινόμενο ακραίας ξηρασίας στους σταθμούς Kota Kinabalu και Kuching, στην Μαλαισία. Το 1986, παρατηρείται δεύτερο φαινόμενο ακραίας ξηρασίας για τον σταθμό Melaca, το 1991 στον σταθμό Brazzaville στο Κονγκό, καθώς και το 1992. Για το έτος 1992 παρατηρούνται επίσης φαινόμενα ακραίας ξηρασίας στους σταθμούς Iriales και Εθνικού Παρατηρητηρίου της Κολομβίας και στον Manaus της Βραζιλίας. Για το έτος 1993, οι σταθμοί Iriales και Εθνικού Παρατηρητηρίου της Κολομβίας εμφανίζουν το δεύτερο φαινόμενο ακραίας ξηρασίας και παρατηρείται επίσης φαινόμενο ακραίας ξηρασίας για τον σταθμό Villavicencio. Κατά το υδρολογικό έτος 1996 εμφανίζουν ακραία ξηρασία οι σταθμοί Agalega στις Σεϋχέλλες και Save στο Μπενίν. Το 1997 ακραία ξηρασία υπάρχει για τους σταθμούς Agalega στις Σεϋχέλλες και Kuantan, και Kuching της Μαλαισίας. Το 1999 φαινόμενα ακραίας ξηρασίας έχουμε στους σταθμούς Agalega και Save, το 2002 μόνο στον σταθμό Cotonou του Μπενίν, το 2004 στους σταθμούς Iriales και Εθνικού Παρατηρητηρίου της Κολομβίας, το 2008 και 2009 μόνο στον σταθμό Brazzaville, τα έτη 2011 2012 και 2013 μόνο στον σταθμό Villavicencio, το 2015 μόνο στον σταθμό Cotonou, το 2016 στους σταθμούς Iriales και Εθνικού Παρατηρητηρίου της Κολομβίας και τέλος για το έτος 2017 στους σταθμούς Εθνικού Παρατηρητηρίου της Κολομβίας και Villavicencio.

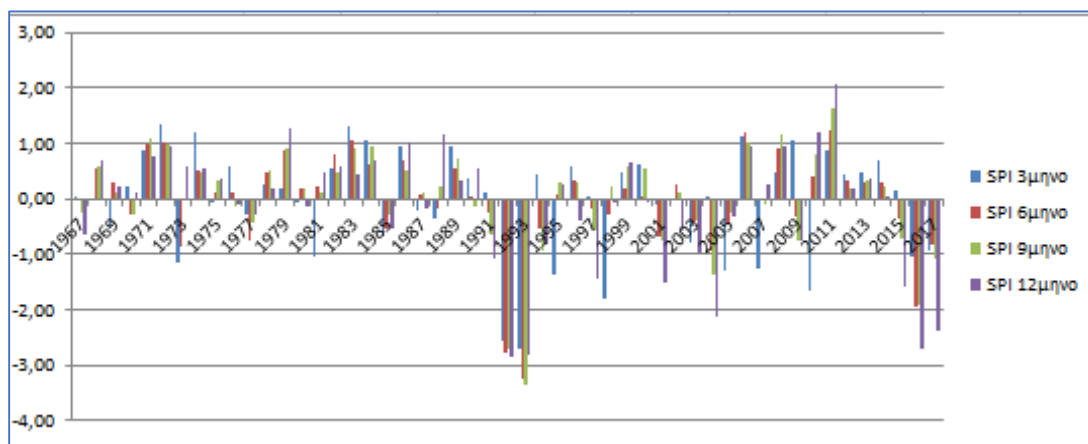
Βλέπουμε λοιπόν ότι 12 από τους 14 σταθμούς που μελετήθηκαν στον κλιματικό τύπο A, έχουν εμφανίσει τουλάχιστον ένα φαινόμενο ακραίας ξηρασίας, κάποια στιγμή κατά το μήκος της χρονοσειράς των 50 ετών που μελετήθηκαν, για τα έτη 1967-2017. Στα 50 έτη διάρκειας

χρονοσειράς, 19 έτη είναι εκείνα που εμφανίζεται τουλάχιστον ένα φαινόμενο ξηρασίας με τα περισσότερα να συγκεντρώνονται στα έτη 1991 μέχρι 1997 και την τελευταία δεκαετία 2008 με 2017. Το έτος με τα περισσότερα φαινόμενα ακραίας ξηρασίας είναι το 1992 με τέσσερις σταθμούς να σημειώνουν ακραίο περιστατικό ξηρασίας. Συγκεντρωτικά, οι σταθμοί Villavicencio και Εθνικού Παρατηρητηρίου της Κολομβίας εμφάνισαν πέντε φαινόμενα ακραίας ξηρασίας ο κάθε ένας, οι σταθμοί Irialles της Κολομβίας και Brazzaville του Κονγκό εμφάνισαν τέσσερα ο κάθε ένας, οι σταθμοί Agalega στις Σεϋχέλλες και Save στο Μπενίν εμφάνισαν 3 ο κάθε ένας, οι σταθμοί Cotonou του Μπενίν, Kuching και Maleca της Μαλαισίας 2 ο κάθε ένας και οι σταθμοί Manaus στην Βραζιλία, Kota Kinabalu και Kuantan στην Μαλαισία από ένα ο κάθε ένας.

Οι σταθμοί Manaus, Kota Kinabalu και Kuantan έχουν την μικρότερη εμφάνιση ακραίων ξηρασιών πιθανότατα διότι ανήκουν στην υποκατηγορία f του κλιματικού τύπου A, η οποία παίρνει το όνομα της από την φράση fully humid δηλαδή πλήρως υγρό. Εν αντιθέσει, οι σταθμοί που εμφανίζουν μεγαλύτερη συχνότητα ακραίων ξηρασιών ανήκουν είτε στην κατηγορία s δηλαδή έχουν ξηρά καλοκαίρια, είτε στην κατηγορία w με ξηρούς χειμώνες. Παρακάτω παρατίθενται τα διαγράμματα για τους σταθμούς Villavicencio και Εθνικού Παρατηρητηρίου της Κολομβίας, που εμφάνισαν την μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης ακραίων ξηρασιών, στις εικόνες 17 και 18 αντίστοιχα.



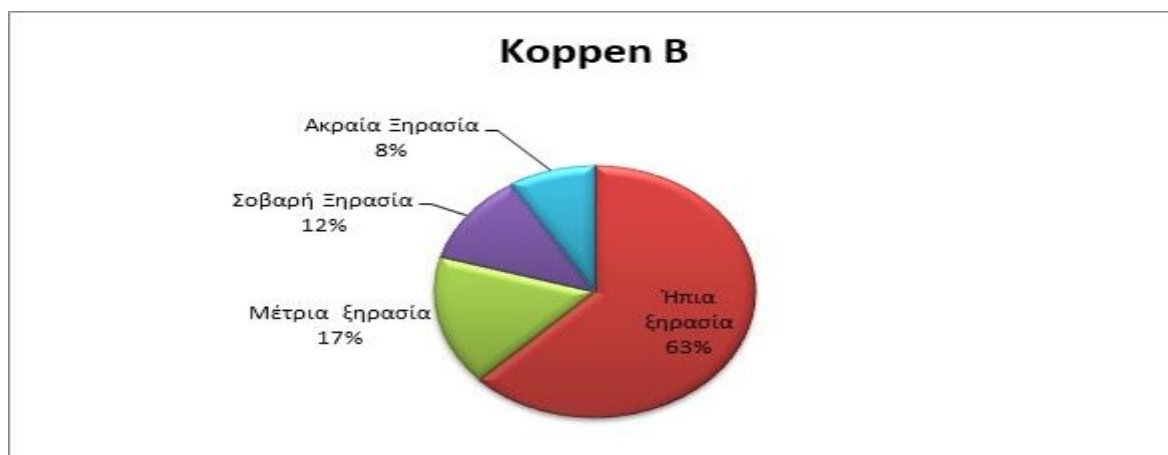
Εικόνα 17: Διάγραμμα SPI σταθμού Villavicencio Κολομβίας



Εικόνα 18: Διάγραμμα SPI σταθμού Εθνικού Παρατηρητηρίου Κολομβίας

Ανάλυση Κλιματικής Κατάταξης Köppen B

Από τα 135 φαινόμενα ακραίας ξηρασίας που παρατηρήθηκαν στο σύνολο, τα 30 σε δείγμα 15 σταθμών και 346 φαινομένων ξηρασιών γενικά, για το χρονικό διάστημα 1967-2017, παρατηρήθηκαν σε σταθμούς που κλιματικά κατατάσσονται στον τύπο B κατά Köppen, καταλαμβάνοντας ποσοστό 8%. Από τα υπόλοιπα 211 φαινόμενα ξηρασίας, τα 41 αξιολογούνται ως σοβαρά, με ποσοστό 12%, τα 58 ως μέτρια, με ποσοστό 17%, και τα 217 ως ήπια φαινόμενα ξηρασίας με ποσοστό 63%. Τα ποσοστά ξηρασίας επί των συνολικών ξηρασιών για τον τύπο B φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα, εικόνα 19. Συνολικά, ο τύπος κλίματος B εμφάνισε φαινόμενα ξηρασίας με ποσοστό 45% έναντι ποσοστού 55%, στο οποίο δεν παρατηρήθηκε φαινόμενο ξηρασίας.



Εικόνα 19: Ποσοστά Ξηρασίας για τον Τύπο Κλίματος B

Θα αναφέρουμε τώρα τα φαινόμενα ακραίας ξηρασίας ανά τα έτη. Για το υδρολογικό έτος 1974, παρατηρείται φαινόμενο ακραίας ξηρασίας στον σταθμό Esquel Aero, στην Αργεντινή. Το υδρολογικό έτος 1985, παρατηρείται φαινόμενο ακραίας ξηρασίας στους σταθμούς District 13 της Αυστραλίας και Masirah, στο Ομάν. Το 1989, παρατηρείται φαινόμενο ακραίας ξηρασίας για τον σταθμό Halls Creek της Αυστραλίας, το 1990 στους σταθμούς Boromo στην Μπουρκίνα Φάσο και Comodoro στην Αργεντινή. Για το έτος 1991 παρατηρείται επίσης φαινόμενο ακραίας ξηρασίας στον σταθμό Tambacounda της Σενεγάλης. Για το έτος 1992, οι σταθμοί Trelew της Αργεντινής και Halls Creek της Αυστραλίας εμφανίζουν φαινόμενο ακραίας ξηρασίας. Κατά το υδρολογικό έτος 1994 εμφανίζει ακραία ξηρασία ο σταθμός Alice Springs της Αυστραλίας. Το 1995 ακραία ξηρασία υπάρχει για τον σταθμό Santa Rosa της Αργεντινής. Το 1996 ο σταθμός Alice Springs εμφανίζει το δεύτερο φαινόμενο ακραίας ξηρασίας, το 1997 έχουμε ακραία ξηρασία στους σταθμούς Ouagadugu στην Μπουρκίνα Φάσο και Santa Rosa της Αργεντινής, το 1999 στον σταθμό Puerto Deseado Aero της Αργεντινής, το 2001 στους σταθμούς Matam της Σενεγάλης, Ouagadugu, και Tambacounda, το έτος 2002 μόνο στον σταθμό Matam, το 2003 μόνο στον σταθμό Santa Rosa της Αργεντινής, το 2004 στους σταθμούς Tambacounda και Puerto Deseado Aero, το 2005 μόνο στον σταθμό Pehuajeo Aero της Αργεντινής, το 2006 μόνο στον σταθμό Tambacounda, το 2009 στους σταθμούς Santa Rosa και Alice Springs, το 2010 στο Comodoro, το 2013 στο Pehuajeo Aero, το 2015 στο Comodoro και τέλος για το έτος 2017 στον σταθμό Alice Springs

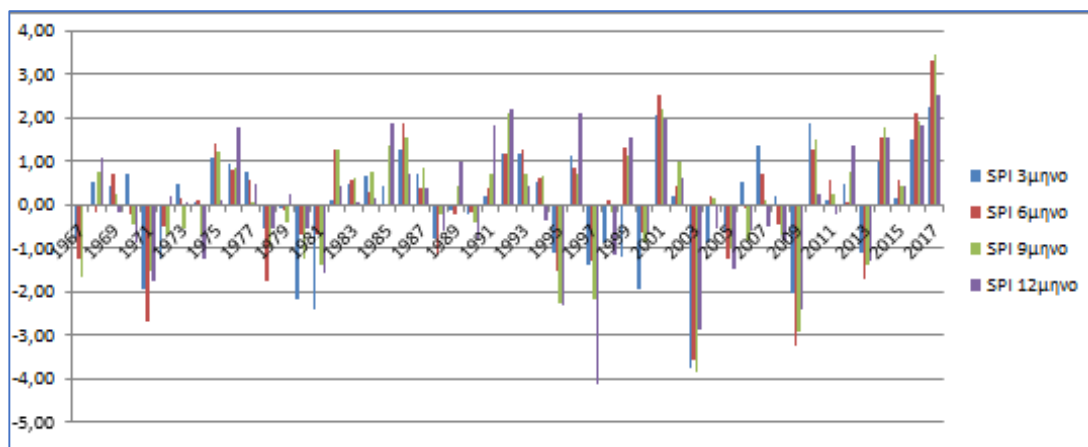
Βλέπουμε λοιπόν ότι 14 από τους 15 σταθμούς που μελετήθηκαν στον κλιματικό τύπο B, έχουν εμφανίσει τουλάχιστον ένα φαινόμενο ακραίας ξηρασίας, κάποια στιγμή κατά το μήκος της χρονοσειράς των 50 ετών που μελετήθηκαν, για τα έτη 1967-2017. Στα 50 έτη διάρκειας χρονοσειράς, 22 έτη είναι εκείνα που εμφανίζεται τουλάχιστον ένα φαινόμενο ξηρασίας με τα περισσότερα να συγκεντρώνονται στα έτη 1989 μέχρι 1997 και τα έτη 2001 με 2006. Το έτος με τα περισσότερα φαινόμενα ακραίας ξηρασίας είναι το 2001 με τρεις σταθμούς να σημειώνουν ακραίο περιστατικό ξηρασίας. Συγκεντρωτικά, οι σταθμοί Tambacounda της Σενεγάλης, Alice Springs της Αυστραλίας και Santa Rosa της Αργεντινής εμφάνισαν τέσσερα φαινόμενα ακραίας ξηρασίας ο κάθε ένας, ο σταθμός Comodoro της Αργεντινής εμφάνισε τρία, οι σταθμοί Halls Creek στην Αυστραλία, Ouagadugu στην Μπουρκίνα Φάσο, Puerto Deseado Aero και Pehuajeo Aero της Αργεντινής και Matam της Σενεγάλης, εμφάνισαν 2 ο κάθε ένας, και οι σταθμοί Esquel Aero και Trelew στην Αργεντινή, District 13 της Αυστραλίας, Masirah του Ομάν και Boromo στην Μπουρκίνα Φάσο από ένα ο κάθε ένας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι περισσότεροι σταθμοί που εμφάνισαν τέσσερα ή τρία φαινόμενα ακραίας ξηρασίας από τον κλιματικό τύπο B, ανήκουν στην υποκατηγορία BW,

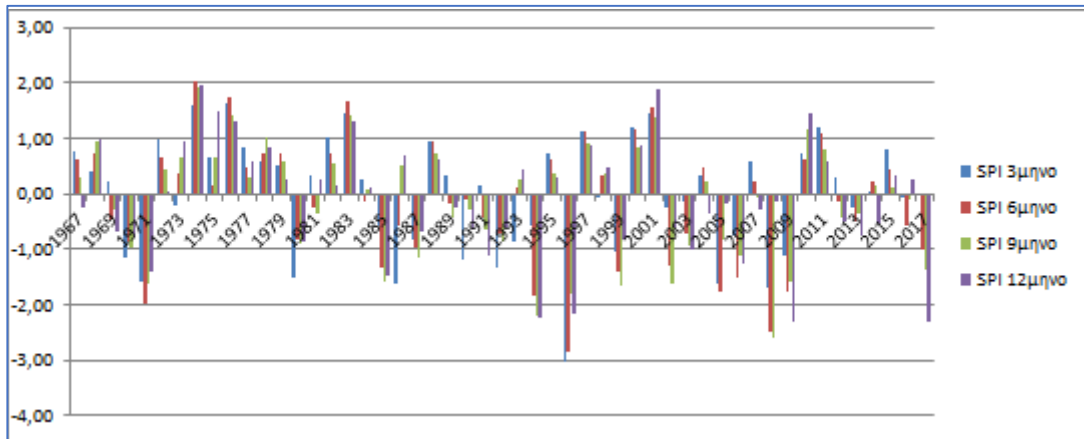
όπου το κεφαλαίο W αντιπροσωπεύει το κλίμα «ερήμου». Ακολουθούν τα διαγράμματα για τους τρεις σταθμούς που εμφάνισαν τα μεγαλύτερα ποσοστά ακραίας ξηρασίας, εικόνες 20, 21 και 22.



Εικόνα 20: Διάγραμμα SPI σταθμού Tambacounda Σενεγάλης



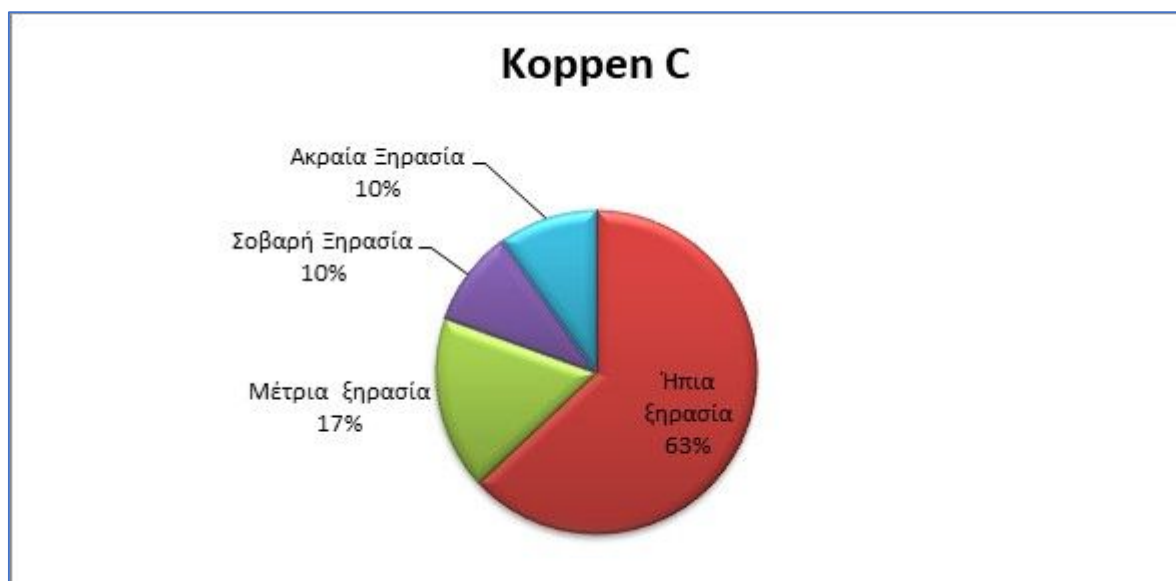
Εικόνα 21: Διάγραμμα SPI σταθμού Alice Springs Αυστραλίας.



Εικόνα 22: Διάγραμμα SPI σταθμού Santa Rosa Αργεντινής

Ανάλυση Κλιματικής Κατάταξης Köppen C

Από τα 135 φαινόμενα ακραίας ξηρασίας που παρατηρήθηκαν στο σύνολο, τα 36 σε δείγμα 14 σταθμών και 346 φαινομένων ξηρασιών γενικά, για το χρονικό διάστημα 1967-2017, παρατηρήθηκαν σε σταθμούς που κλιματικά κατατάσσονται στον τύπο C κατά Köppen, καταλαμβάνοντας ποσοστό 10%. Από τα υπόλοιπα 310 φαινόμενα ξηρασίας, τα 35 αξιολογούνται ως σοβαρά, με ποσοστό 10%, τα 63 ως μέτρια, με ποσοστό 17%, και τα 229 ως ήπια φαινόμενα ξηρασίας με ποσοστό 63%. Τα ποσοστά ξηρασίας επί των συνολικών ξηρασιών για τον τύπο C φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα, εικόνα 23. Συνολικά, ο τύπος κλίματος C εμφάνισε φαινόμενα ξηρασίας με ποσοστό 51% έναντι ποσοστού 49%, στο οποίο δεν παρατηρήθηκε φαινόμενο ξηρασίας.



Εικόνα 23: Ποσοστά Ξηρασίας για τον Τύπο Κλίματος C

Θα αναφέρουμε τώρα τα φαινόμενα ακραίας ξηρασίας ανά τα έτη. Για το υδρολογικό έτος 1967, παρατηρείται φαινόμενο ακραίας ξηρασίας στον σταθμό Marseille, στην Γαλλία. Το υδρολογικό έτος 1968, παρατηρείται φαινόμενο ακραίας ξηρασίας στους σταθμούς Las Vegas και San Diego των ΗΠΑ. Το 1970, παρατηρείται φαινόμενο ακραίας ξηρασίας για τον σταθμό Trapani της Ιταλίας, το 1974 στον σταθμό Ely των ΗΠΑ, το 1977 στην Καλαμάτα στην Ελλάδα, τα έτη 1981 και 1983 στον σταθμό Alger Dar El Beiga της Αλγερίας, το 1985 στον σταθμό Las Vegas των ΗΠΑ, τα έτη 1987 και 1988 στον σταθμό Alger Dar El Beiga της Αλγερίας, το 1989 για τους σταθμούς Alger Dar El Beiga της Αλγερίας, San Diego των ΗΠΑ, Marseille της Γαλλίας, Αθήνα της Ελλάδας και Messina της Ιταλίας. Το 1990 στους σταθμούς Alger Dar El Beiga της Αλγερίας

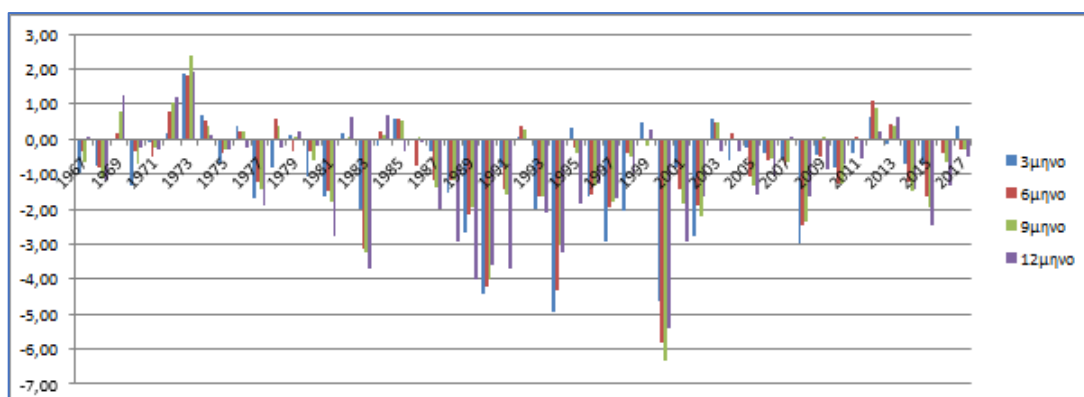
και Αθήνα στην Ελλάδα. Για το έτος 1991 παρατηρείται φαινόμενο ακραίας ξηρασίας στον σταθμό

Alger Dar El Beiga της Αλγερίας. Για το έτος 1992, στον σταθμό Messina της Ιταλίας. Κατά τα υδρολογικά έτη 1993 και 1994 εμφανίζει ακραία ξηρασία ο σταθμός Alger Dar El Beiga της Αλγερίας. Το 1995 ακραία ξηρασία υπάρχει για τον σταθμό Alicante της Ισπανίας. Το 1997 ο σταθμός Marseille εμφανίζει το τρίτο φαινόμενο ακραίας ξηρασίας, το 1998 στον σταθμό Alicante της Ισπανίας, το 2000 για τους σταθμούς Alicante και Alger Dar El Beiga της Αλγερίας, το 2001 μόνο στον σταθμό Alger Dar El Beiga της Αλγερίας, το έτος 2002 στους σταθμούς Ely και San Diego των ΗΠΑ, το 2005 μόνο στον σταθμό Alicante της Ισπανίας, το 2006 μόνο στον σταθμό Perpignan της Γαλλίας, το 2007 μόνο στον σταθμό San Diego των ΗΠΑ, το 2014 στο Alicante της Ισπανίας, το 2015 στον Alger Dar El Beiga της Αλγερίας, και τέλος για το έτος 2017 στον σταθμό Alicante της Ισπανίας.

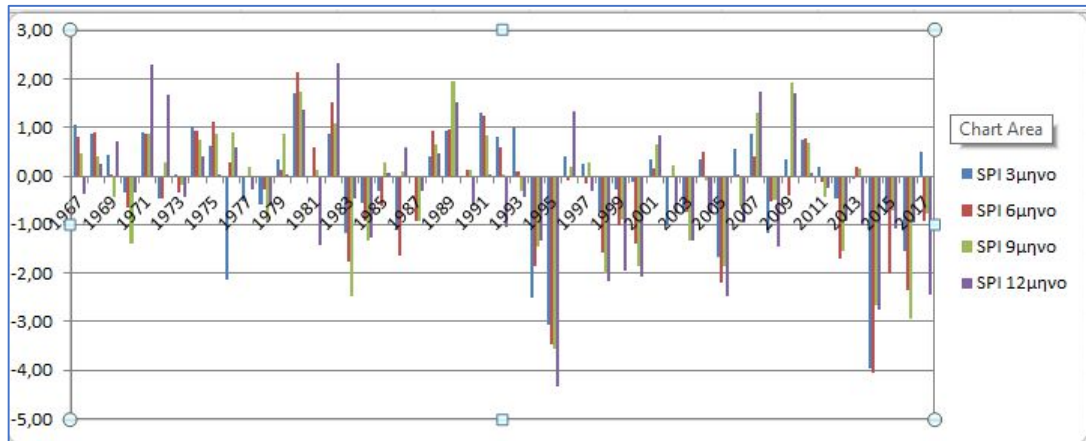
Βλέπουμε λοιπόν ότι 11 από τους 14 σταθμούς που μελετήθηκαν στον κλιματικό τύπο C, έχουν εμφανίσει τουλάχιστον ένα φαινόμενο ακραίας ξηρασίας, κάποια στιγμή κατά το μήκος της χρονοσειράς των 50 ετών που μελετήθηκαν, για τα έτη 1967-2017. Στα 50 έτη διάρκειας χρονοσειράς, 28 έτη είναι εκείνα που εμφανίζεται τουλάχιστον ένα φαινόμενο ξηρασίας με τα περισσότερα να συγκεντρώνονται στα έτη 1987 μέχρι 1995. Το έτος με τα περισσότερα φαινόμενα ακραίας ξηρασίας είναι το 1989 με πέντε σταθμούς να σημειώνουν ακραίο περιστατικό ξηρασίας. Συγκεντρωτικά, ο σταθμός Alger Dar El Beiga της Αλγερίας, συγκεντρώνει 12 περιστατικά ακραίας ξηρασίας. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι ο συγκεκριμένος σταθμός συντελεί κατά το 1/3

στην διαμόρφωση ποσοστού για τις ακραίες ξηρασίες στον κλιματικό τύπο C και κατ' επέκταση για το συνολικό δείγμα, και αποτελεί ένα μοναδικό στατιστικό δείγμα, για αυτό και κρατήθηκε. Στην περίπτωση που είχε επιλεγεί κάποιος σταθμός με λιγότερο συχνή εμφάνιση

ακραίων ξηρασιών, ο κλιματικός τύπος C θα έδινε ποσοστό ακραίων ξηρασιών έως και 6.7 ποσοστιαίες μονάδες κάτω από το τωρινό ποσοστό. Θα μπορούσαμε λοιπόν να πούμε, πως ο σταθμός Alger Dar El Beiga της Αλγερίας αποτελεί ένα μέγιστο για τη συχνότητα εμφάνισης ακραίας ξηρασίας, τουλάχιστον για την παρούσα εργασία. Προχωρώντας, ο σταθμός Alicante της Ισπανίας έχει 6 περιστατικά ακραίας ξηρασίας, ο σταθμός San Diego των ΗΠΑ 4, ο σταθμός Marseille της Γαλλίας 3 περιστατικά, οι σταθμοί Las Vegas και Ely των ΗΠΑ, ο σταθμός Αθήνας της Ελλάδας, και ο σταθμός Messina της Ιταλίας έχουν από 2 περιστατικά ακραίας ξηρασίας και οι σταθμοί Trrapani της Ισπανίας, Καλαμάτα της Ελλάδας και Perpignan της Γαλλίας, από ένα περιστατικό ακραίας ξηρασίας. Παρατηρούμε ότι (τουλάχιστον βάσει του παρόντος στατιστικού δείγματος), η Ελλάδα δεν εμφανίζει μεγάλη συχνότητα φαινομένων ακραίας ξηρασίας, παρόλο που κατατάσσεται στην κλιματική υποκατηγορία Csa, δηλαδή στην υποκατηγορία ζεστού και ξηρού καλοκαιριού στην οποία ανήκει και ο σταθμός Alger Dar El Beiga της Αλγερίας. Παρακάτω παρατίθενται τα διαγράμματα SPI των σταθμών Alger Dar El Beiga της Αλγερίας και Alicante της Ισπανίας, εικόνες 24 και 25.



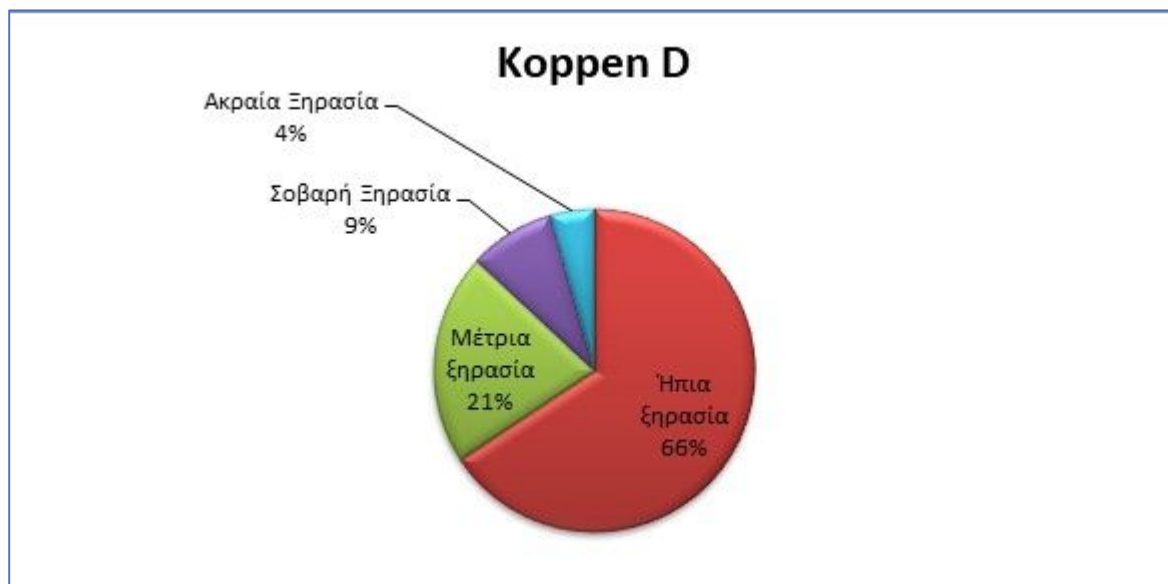
Εικόνα 24: Διάγραμμα SPI σταθμού Alger Dar El Beiga, Αλγερία



Εικόνα 25: Διάγραμμα SPI σταθμού Alicante, Ισπανία

Ανάλυση Κλιματικής Κατάταξης Köppen D

Από τα 135 φαινόμενα ακραίας ξηρασίας που παρατηρήθηκαν στο σύνολο, τα 16 σε δείγμα 15 σταθμών και 359 φαινομένων ξηρασιών γενικά, για το χρονικό διάστημα 1967-2017, παρατηρήθηκαν σε σταθμούς που κλιματικά κατατάσσονται στον τύπο D κατά Köppen, καταλαμβάνοντας ποσοστό 4%. Από τα υπόλοιπα 343 φαινόμενα ξηρασίας, τα 31 αξιολογούνται ως σοβαρά, με ποσοστό 9%, τα 76 ως μέτρια, με ποσοστό 21%, και τα 236 ως ήπια φαινόμενα ξηρασίας με ποσοστό 66%. Τα ποσοστά ξηρασίας επί των συνολικών ξηρασιών για τον τύπο B φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα, εικόνα 26 Συνολικά, ο τύπος κλίματος B εμφάνισε φαινόμενα ξηρασίας με ποσοστό 47% έναντι ποσοστού 53%, στο οποίο δεν παρατηρήθηκε φαινόμενο ξηρασίας.



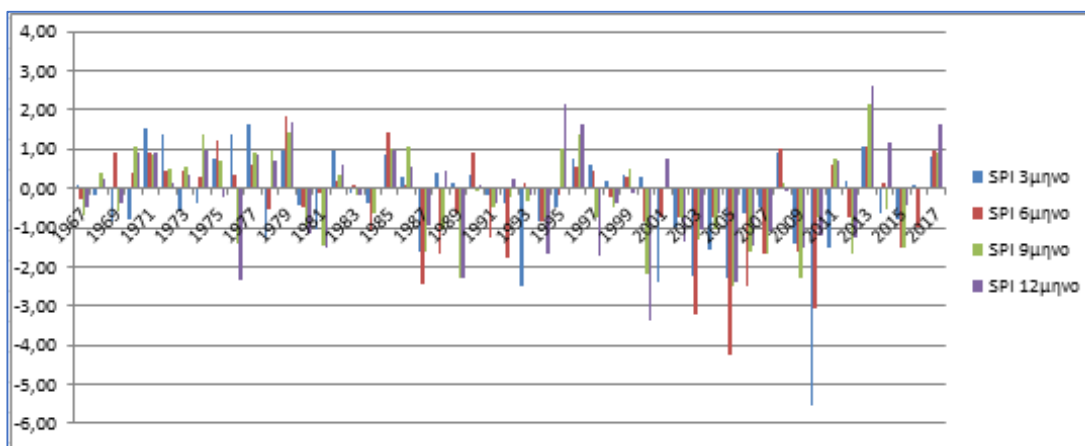
Εικόνα 26: Ποσοστά Ξηρασίας για τον Τύπο Κλίματος D

Θα αναφέρουμε τώρα τα φαινόμενα ακραίας ξηρασίας ανά τα έτη. Για το υδρολογικό έτος 1968, παρατηρείται φαινόμενο ακραίας ξηρασίας στον σταθμό Im Paliny, στην Ρωσία. Το υδρολογικό έτος 1976, παρατηρείται φαινόμενο ακραίας ξηρασίας στους σταθμούς Fargo και Sault Ste Marie των ΗΠΑ. Το 1986, παρατηρείται φαινόμενο ακραίας ξηρασίας για τον σταθμό Hailaer της Κίνας, το 1988 στον σταθμό Des Moines των ΗΠΑ, το 1989 στο Sault Ste Marie των ΗΠΑ, το 1993 στον σταθμό Hailaer της Κίνας, το 1994 στον σταθμό Mogoca της Ρωσίας, το 2000 στον σταθμό Sault Ste Marie των ΗΠΑ, το 2001 στον σταθμό Qiqihaer της Κίνας. Το 2001 φαινόμενα ακραίας ξηρασίας παρατηρείται στον σταθμό Irkutsk της Ρωσίας. Για το έτος 2003 παρατηρείται

φαινόμενο ακραίας ξηρασίας στον σταθμό International Falls των ΗΠΑ. Για το έτος 2005, στον σταθμό Sault Ste Marie των ΗΠΑ. Κατά τα υδρολογικό έτος 2014 εμφανίζουν ακραία ξηρασία οι σταθμοί Orland της Νορβηγίας και Irkutsk της Ρωσίας, και τέλος για το έτος 2017 ο σταθμός Qiqihaer της Κίνας.

Βλέπουμε λοιπόν ότι 10 από τους 15 σταθμούς που μελετήθηκαν στον κλιματικό τύπο D, έχουν εμφανίσει τουλάχιστον ένα φαινόμενο ακραίας ξηρασίας, κάποια στιγμή κατά το μήκος της χρονοσειράς των 50 ετών που μελετήθηκαν, για τα έτη 1967-2017. Στα 50 έτη διάρκειας χρονοσειράς, 14 έτη είναι εκείνα που εμφανίζεται τουλάχιστον ένα φαινόμενο ξηρασίας με τα περισσότερα να συγκεντρώνονται στα έτη 2000 μέχρι 2003. Τα έτη με τα περισσότερα φαινόμενα ακραίας ξηρασίας είναι το 1976 και το 2014 με δύο σταθμούς σε κάθε έτος να σημειώνουν ακραίο περιστατικό ξηρασίας. Συγκεντρωτικά, ο σταθμός Sault Ste Marie των ΗΠΑ, συγκεντρώνει 4 περιστατικά ακραίας ξηρασίας, οι σταθμοί Hailaer και Qiqihaer της Κίνας και ο σταθμός Irkutsk της Ρωσίας συγκεντρώνουν από 2 περιστατικά ακραίας ξηρασίας, και οι σταθμοί Im paliny και Mogoca της Ρωσίας, Fargo, International Falls και Des Moines των ΗΠΑ και Orland της Νορβηγίας εμφανίζουν από ένα περιστατικό ακραίας ξηρασίας.

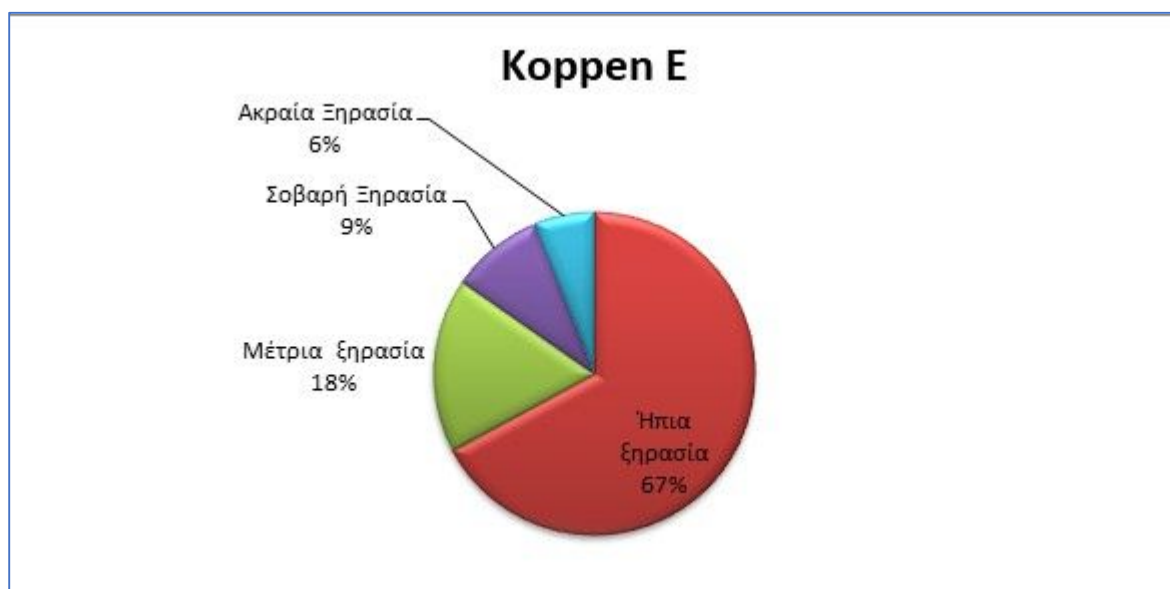
Παρατηρούμε εδώ ότι ο κλιματικός τύπος D, εμφάνισε τα λιγότερα περιστατικά ακραίας ξηρασίας και από τους έξι κλιματικούς τύπους και μάλιστα πως ο σταθμός με τις περισσότερες ακραίες ξηρασίες, εμφανίζει μόνο τέσσερεις από αυτές, ενώ σε άλλα κλίματα, έφτασε μέχρι και τις 12. Παρακάτω παρατίθεται το διάγραμμα SPI για τον σταθμό Sault Ste Marie των ΗΠΑ, εικόνα 27.



Εικόνα 27: Διάγραμμα SPI σταθμού Sault Ste Marie, ΗΠΑ

Ανάλυση Κλιματικής Κατάταξης Köppen E

Από τα 135 φαινόμενα ακραίας ξηρασίας που παρατηρήθηκαν στο σύνολο, τα 20 σε δείγμα 15 σταθμών και 332 φαινομένων ξηρασιών γενικά, για το χρονικό διάστημα 1967-2017, παρατηρήθηκαν σε σταθμούς που κλιματικά κατατάσσονται στον τύπο E κατά Köppen, καταλαμβάνοντας ποσοστό 6%. Από τα υπόλοιπα 312 φαινόμενα ξηρασίας, τα 31 αξιολογούνται ως σοβαρά, με ποσοστό 9%, τα 58 ως μέτρια, με ποσοστό 18% και τα 223 ως ήπια φαινόμενα ξηρασίας με ποσοστό 67%. Τα ποσοστά ξηρασίας επί των συνολικών ξηρασιών για τον τύπο B φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα, εικόνα 28. Συνολικά, ο τύπος κλίματος E εμφάνισε φαινόμενα ξηρασίας με ποσοστό 46% έναντι ποσοστού 54%, στο οποίο δεν παρατηρήθηκε φαινόμενο ξηρασίας.



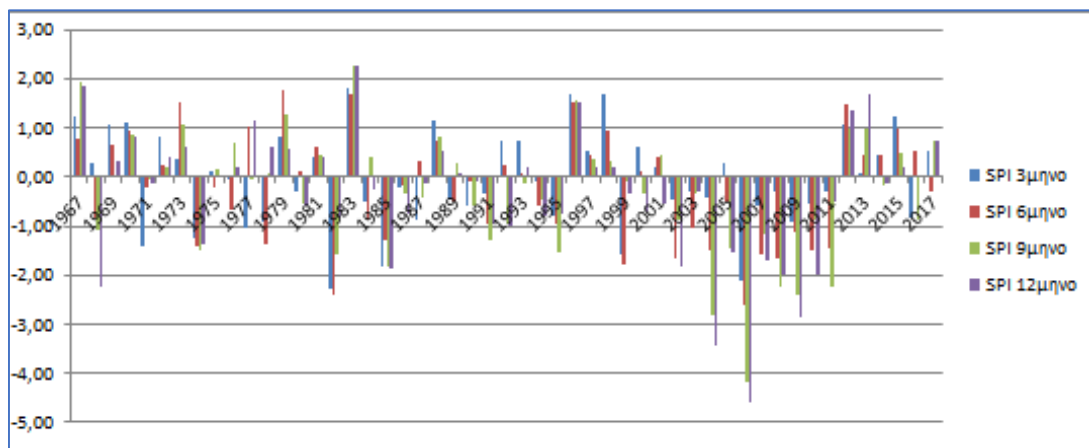
Εικόνα 28: Ποσοστά Ξηρασίας για τον Τύπο Κλίματος E

Θα αναφέρουμε τώρα τα φαινόμενα ακραίας ξηρασίας ανά τα έτη. Για το υδρολογικό έτος 1968, παρατηρείται φαινόμενο ακραίας ξηρασίας στους σταθμούς Mcgrath των ΗΠΑ, και Godthaab στην Γροιλανδία. Το υδρολογικό έτος 1969, παρατηρείται φαινόμενο ακραίας ξηρασίας στους σταθμούς Anchorage, Nome και Kotzebue των ΗΠΑ. Το 1970, παρατηρείται φαινόμενο ακραίας ξηρασίας για τον σταθμό Barrow των ΗΠΑ, το 1973 στον σταθμό Cold Bay των ΗΠΑ, το 1984 στο King Salmon των ΗΠΑ, το 1985 στον σταθμό Hofn I Hornafirdi της Ισλανδίας, το 1991 στον σταθμό Barrow των ΗΠΑ, το 1994 στον σταθμό Ammasalic της Γροιλανδίας, το 1997 στον σταθμό King Salmon των ΗΠΑ. Το 2003 φαινόμενα ακραίας ξηρασίας παρατηρείται στον σταθμό Keflavic της Ισλανδίας. Για τα έτη 2004, 2006 και το 2009 παρατηρείται φαινόμενο ακραίας

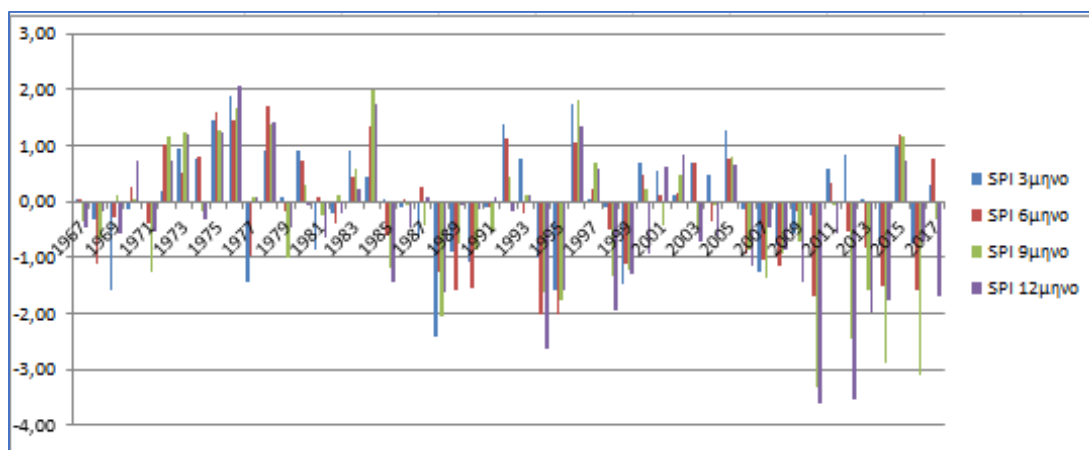
ξηρασίας στον σταθμό Godthaab της Γροιλανδίας. Για το έτος 2010, στους σταθμούς Ammasalic της Γροιλανδίας και Keflavic της Ισλανδίας, και τέλος για το έτος 2012 στους σταθμούς Ammasalic της Γροιλανδίας και Hofn I Hornafirdi της Ισλανδίας.

Βλέπουμε λοιπόν ότι 11 από τους 14 σταθμούς που μελετήθηκαν στον κλιματικό τύπο E, έχουν εμφανίσει τουλάχιστον ένα φαινόμενο ακραίας ξηρασίας, κάποια στιγμή κατά το μήκος της χρονοσειράς των 50 ετών που μελετήθηκαν, για τα έτη 1967-2017. Στα 50 έτη διάρκειας χρονοσειράς, 15 έτη είναι εκείνα που εμφανίζεται τουλάχιστον ένα φαινόμενο ξηρασίας με τα περισσότερα να συγκεντρώνονται στα έτη 1968 μέχρι 1970. Το έτος με τα περισσότερα φαινόμενα ακραίας ξηρασίας είναι το 1969 με τρεις σταθμούς να σημειώνουν ακραίο περιστατικό ξηρασίας. Συγκεντρωτικά, ο σταθμός Godthaab της Γροιλανδίας, συγκεντρώνει 4 περιστατικά ακραίας ξηρασίας, ο σταθμός Ammasalic της Γροιλανδίας με 3 περιστατικά, οι σταθμοί King Salmon και Barrow των ΗΠΑ, και οι σταθμοί Keflavic και Hofn I Hornafirdi της Ισλανδίας συγκεντρώνουν από 2 περιστατικά ακραίας ξηρασίας, και οι σταθμοί Anchorage, Mcgrath, Kotzebue, Cold Bay και Nome των ΗΠΑ εμφανίζουν από ένα περιστατικό ακραίας ξηρασίας.

Όλοι οι σταθμοί που μετρήθηκαν για τον κλιματικό τύπο E, ανήκουν στην υποκατηγορία ET δηλαδή στην υποκατηγορία «τούντρας» μιας και το να βρεθούν στοιχεία για σταθμούς από την υποκατηγορία EF δηλαδή «παγετού» δεν κατέστη δυνατόν. Πιθανώς, οι σταθμοί της Γροιλανδίας που εμφάνισαν και την μεγαλύτερη συχνότητα ακραίας ξηρασίας να επηρεάζονται από το γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος της Γροιλανδίας κατατάσσεται στην κλιματική κατηγορία EF σε αντίθεση με τους σταθμούς Αλάσκας και Ισλανδίας οι οποίοι βρίσκονται σε μέρη που συνυπάρχουν και άλλοι κλιματικοί τύποι πέραν του πολικού. Στα παρακάτω διαγράμματα βλέπουμε την χρονική εξέλιξη του SPI για τους δυο σταθμούς της Γροιλανδίας που συγκέντρωσαν τα μεγαλύτερα ποσοστά ακραίων ξηρασιών για αυτόν εδώ τον κλιματικό τύπο, εικόνες 29 και 30.



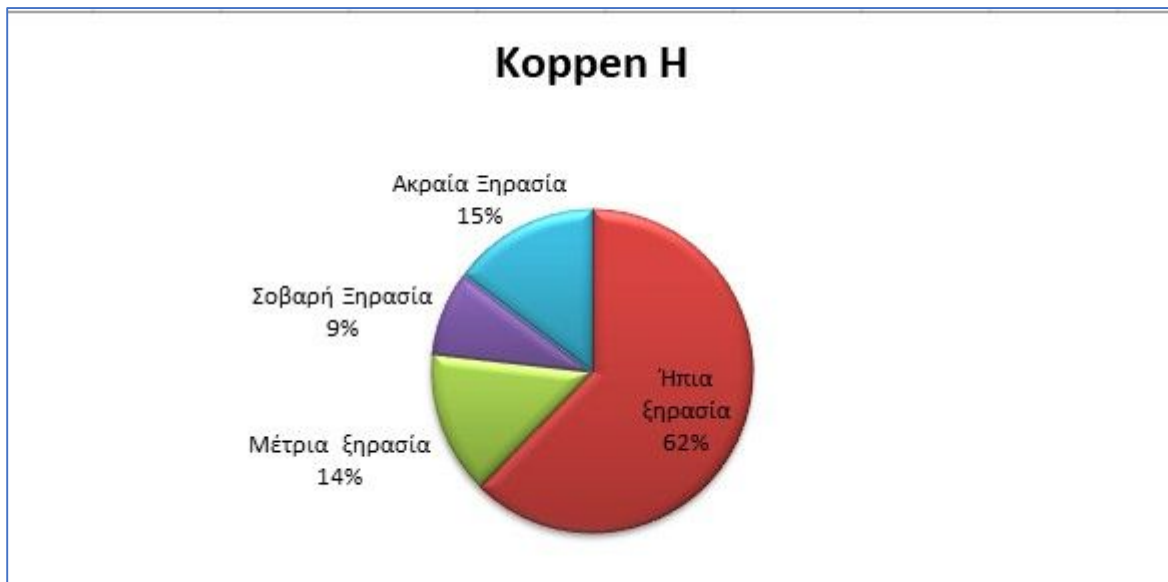
Εικόνα 29: Διάγραμμα SPI σταθμού Godthaab, Γροιλανδία



Εικόνα 30: Διάγραμμα SPI σταθμού Ammasalic, Γροιλανδία

Ανάλυση Κλιματικής Κατάταξης Köppen H

Από τα 135 φαινόμενα ακραίας ξηρασίας που παρατηρήθηκαν στο σύνολο, τα 42 σε δείγμα 11 σταθμών και 284 φαινομένων ξηρασιών γενικά, για το χρονικό διάστημα 1967-2017, παρατηρήθηκαν σε σταθμούς που κλιματικά κατατάσσονται στον τύπο H, καταλαμβάνοντας ποσοστό 15%. Από τα υπόλοιπα 242 φαινόμενα ξηρασίας, τα 24 αξιολογούνται ως σοβαρά, με ποσοστό 9%, τα 41 ως μέτρια, με ποσοστό 14% και τα 177 ως ήπια φαινόμενα ξηρασίας με ποσοστό 62%. Τα ποσοστά ξηρασίας επί των συνολικών ξηρασιών για τον τύπο H φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα, εικόνα 31. Συνολικά, ο τύπος κλίματος H εμφάνισε φαινόμενα ξηρασίας με ποσοστό 51% έναντι ποσοστού 49%, στο οποίο δεν παρατηρήθηκε φαινόμενο ξηρασίας.



Εικόνα 31: Ποσοστά Ξηρασίας για τον Τύπο Κλίματος H

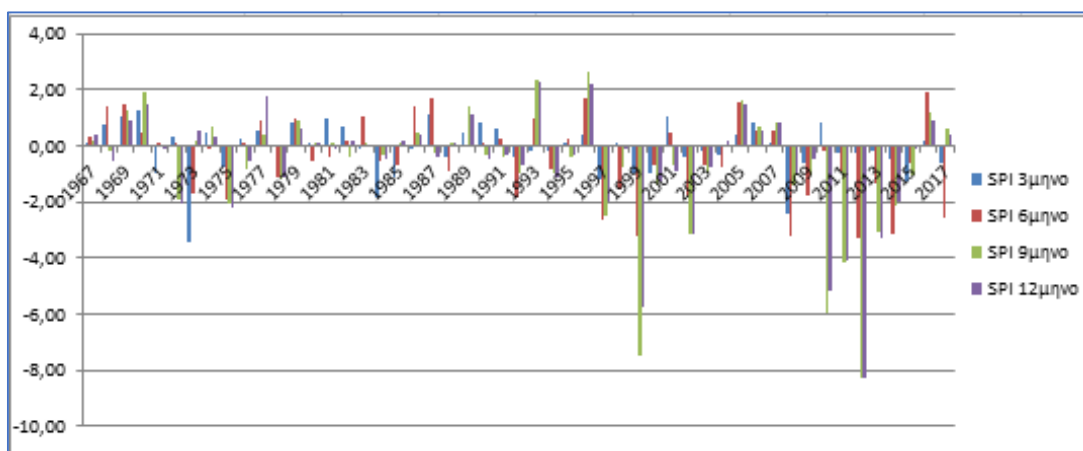
Πριν ξεκινήσουμε την αναφορά των ακραίων ξηρασιών, πρέπει να επισημάνουμε πως οι συγκεκριμένοι σταθμοί είχαν πολλές ελλείψεις μετρήσεις οι οποίες αντικαταστάθηκαν με τον μέσο όρο για κάθε μήνα. Σε αντίθεση με τις προηγούμενες κλιματικές κατατάξεις, όπου το σφάλμα από τις ελλείψεις μετρήσεων ήταν στατιστικά ασήμαντο, εδώ, το σφάλμα από την κάλυψη των «κενών μετρήσεων» με τον μέσο όρο κατακρήμνισης ίσως να παραπλανεί και να μην δημιουργεί 100% αξιόπιστα αποτελέσματα.

Θα αναφέρουμε τώρα τα φαινόμενα ακραίας ξηρασίας ανά τα έτη. Για το υδρολογικό έτος 1968, παρατηρείται φαινόμενο ακραίας ξηρασίας στον σταθμό Dulan της Κίνας. Το υδρολογικό έτος 1971, παρατηρείται φαινόμενο ακραίας ξηρασίας στον σταθμό Shrinagar της Ινδίας. Το 1972, παρατηρείται φαινόμενο ακραίας ξηρασίας για τον σταθμό Addis Ababa της Αιθιοπίας, το 1974 στον σταθμό Shrinagar της Ινδίας, το 1975 στο Addis Ababa της Αιθιοπίας, το 1976 στον σταθμό Albuquerque των ΗΠΑ, το 1988 στους σταθμούς Casper και Lander των ΗΠΑ, το 1989 στον σταθμό Albuquerque των ΗΠΑ, το 1991 στον σταθμό Mukteshwar της Ινδίας. Το 1993 φαινόμενο ακραίας ξηρασίας παρατηρείται στον σταθμό Kuenming της Κίνας, το 1997 στον σταθμό Mukteshwar της Ινδίας, το 1998 στον σταθμό Jimma της Αιθιοπίας, το 1999 στους σταθμούς Addis Ababa της Αιθιοπίας και Jimma της Αιθιοπίας, για το 2000 στον σταθμό Lander των ΗΠΑ. Για το έτος 2001, παρατηρείται φαινόμενο ακραίας ξηρασίας στους σταθμούς Mukteshwar της Ινδίας, και Casper και Lander των ΗΠΑ. Το έτος 2002 έχουμε ακραία ξηρασία στους σταθμούς Addis Ababa και Jimma της Αιθιοπίας και τους σταθμούς Casper και Lander των ΗΠΑ. Για τα έτη 2004 και 2005 έχουμε μόνο τον σταθμό Mukteshwar της Ινδίας, ενώ το 2006 έχουμε πάλι τον σταθμό Mukteshwar της Ινδίας αλλά και τον σταθμό Lander των ΗΠΑ. Για το 2008 έχουμε μόνο τον σταθμό Mukteshwar

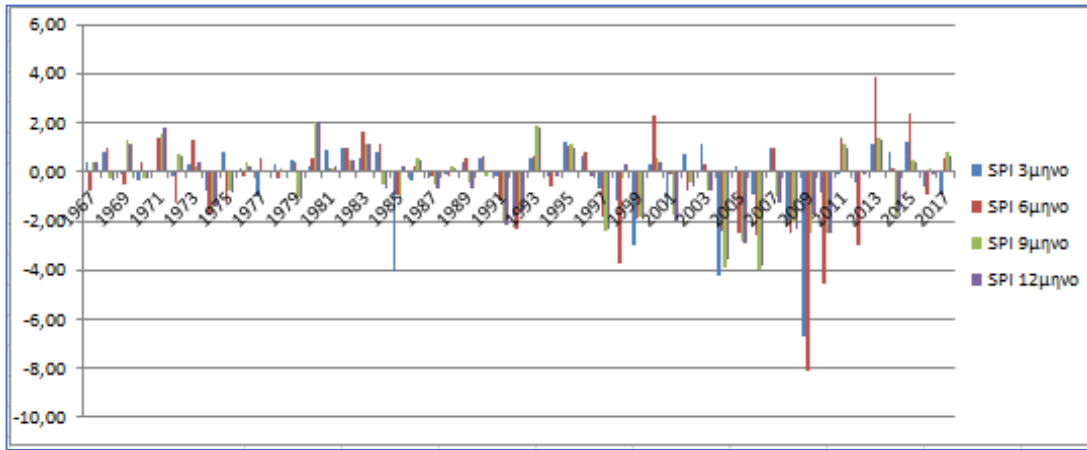
της Ινδίας και το 2009 μόνο τον σταθμό Kuenming της Κίνας. Για το έτος 2010, στους σταθμούς Addis Ababa και Jimma της Αιθιοπίας και τον σταθμό Mukteshwar της Ινδίας, ενώ το 2011 έχουμε ακραία ξηρασία στους σταθμούς Xichang της Κίνας, τους σταθμούς Jimma και Addis Ababa της Αιθιοπίας και τον σταθμό Albuquerque των ΗΠΑ, για το έτος 2012 στους σταθμούς Addis Ababa και Jimma της Αιθιοπίας και τους σταθμούς Casper και Lander των ΗΠΑ και τέλος για τα έτη 2013 και 2014 έχουμε ακραία ξηρασία μόνο στον σταθμό Addis Ababa της Αιθιοπίας.

Βλέπουμε λοιπόν ότι 10 από τους 11 σταθμούς που μελετήθηκαν στον κλιματικό τύπο Η, έχουν εμφανίσει τουλάχιστον ένα φαινόμενο ακραίας ξηρασίας, κάποια στιγμή κατά το μήκος της χρονοσειράς των 50 ετών που μελετήθηκαν, για τα έτη 1967-2017. Στα 50 έτη διάρκειας χρονοσειράς, 26 έτη είναι εκείνα που εμφανίζεται τουλάχιστον ένα φαινόμενο ξηρασίας με τα περισσότερα να συγκεντρώνονται στα έτη 2001 μέχρι 2014. Τα έτη με τα περισσότερα φαινόμενα ακραίας ξηρασίας είναι το 2002, το 2011 και το 2012 με τέσσερις σταθμούς να σημειώνουν ακραίο περιστατικό ξηρασίας σε κάθε έτος. Συγκεντρωτικά, ο σταθμός Addis Ababa της Αιθιοπίας, συγκεντρώνει 9 περιστατικά ακραίας ξηρασίας, ο σταθμός Mukteshwar της Ινδίας με 8 περιστατικά, οι σταθμοί Jimma της Αιθιοπίας και Lander των ΗΠΑ με 6 περιστατικά ο καθένας, ο σταθμός Casper των ΗΠΑ συγκεντρώνει 4 περιστατικά ακραίας ξηρασίας, ο σταθμός Albuquerque με 3 περιστατικά, οι σταθμοί Shrinagar της Ινδίας και Kuenming Της Κίνας με 2 περιστατικά ο καθένας και οι σταθμοί Dulan και Xichang της Κίνας εμφανίζουν από ένα περιστατικό ακραίας ξηρασίας.

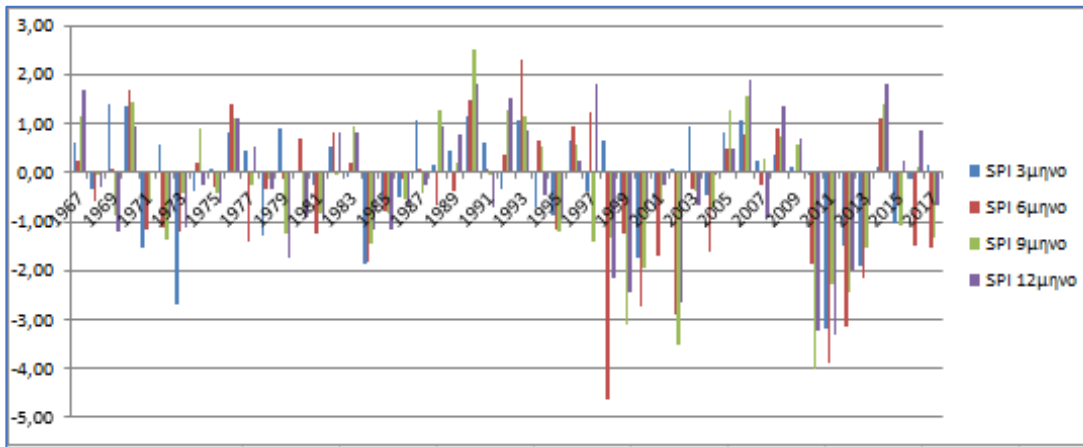
Ακολουθούν οι πίνακες χρονικής εξέλιξης SPI για τους σταθμούς Addis Ababa, Mukteshwar, Jimma, και Lander οι οποίοι εμφανίζουν αρκετά μεγάλη συχνότητα ακραίων ξηρασιών., εικόνες 32, 33, 34 και 35.



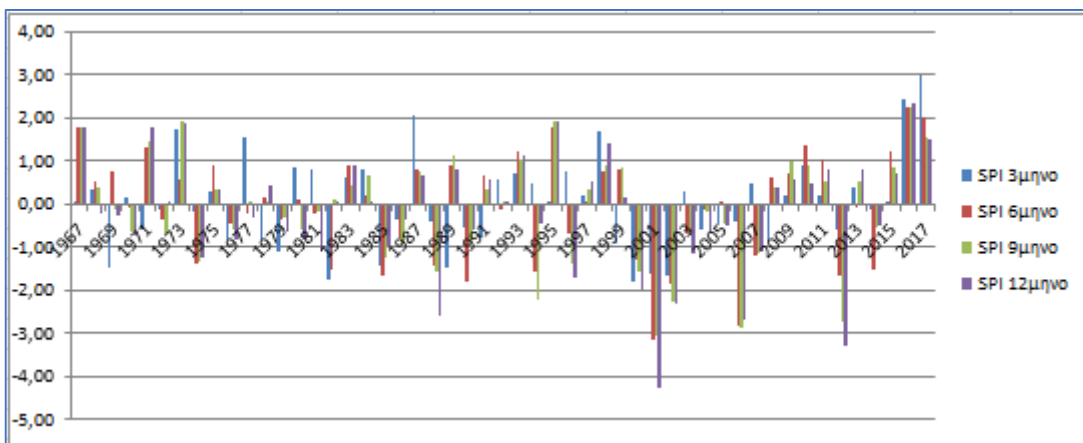
Εικόνα 32: Διάγραμμα SPI σταθμού Addis Ababa Αιθιοπία



Εικόνα 33: Διάγραμμα SPI σταθμού Mukteshwar, Ινδία



Εικόνα 34: Διάγραμμα SPI σταθμού Jimta, Αιθιοπία



Εικόνα 35: Διάγραμμα SPI σταθμού Lander, ΗΠΑ

Σύγκριση Κοντινών Σταθμών

Εφόσον έγινε η ανάλυση ξηρασιών μέσω του δείκτη SPI για την κλιματική κατάταξη κατά Kőrper, και οι 83 σταθμοί που έχουν επιλεγεί καλύπτουν ένα μεγάλο μέρος του παγκόσμιου χάρτη, εάν αφήσουμε στην άκρη την κλιματική κατάταξη μπορούμε να βγάλουμε και κάποια συμπεράσματα για την επιρροή μιας ξηρασίας από τον ένα σταθμό σε έναν άλλον. Κατά πόσο δηλαδή μια ξηρασία σε έναν σταθμό A συνεπάγεται ξηρασία και σε έναν κοντινό σταθμό B. Στους πίνακες που ακολουθούν ισχύει η χρωματική κλίμακα που αναφέρθηκε στην αρχή αυτού του κεφαλαίου. Επίσης, κάθε σταθμός έχει τέσσερις στήλες αποτελεσμάτων SPI, μια για το τρίμηνο, μια για το εξάμηνο, μια για το ενιάμηνο και μια για το υδρολογικό έτος. Στην συνέχεια τα αποτελέσματα κάθε σταθμού έχουν ομαδοποιηθεί σύμφωνα με τις παρακάτω κατηγορίες βάσει απόστασης. Τέλος, να σημειωθεί ότι δεν έχουν ληφθεί υπόψιν οι σταθμοί από τον τύπο H, λόγω μεγάλης υψομετρικής διαφοράς

Αρχικά για τους κοντινούς σταθμούς της Αφρικής, οι πίνακες SPI παρατίθενται παρακάτω. Εξετάζουμε λοιπόν τους σταθμούς Agalega, Brazzaville, Cotonou, Save, Boromo, Matam, Ouagadugu, Ouahigouya, Tambacounda, Alger Dar El Beiga, Annaba και Es senia, εικόνα 36.

Εικόνα 36: Συγκεντρωτικός Πίνακας SPI για την Αφρική

Παρατηρούμε πως κατά το υδρολογικό έτος 1990, αρκετοί σταθμοί της Αφρικής εμφανίζουν κάποιο φαινόμενο ακραίας ξηρασίας κάποια στιγμή εντός του έτους ή και για όλο το έτος. Το ίδιο μπορούμε να πούμε και για το έτος 2001 όπου εμφανίζονται ακόμα περισσότερα φαινόμενα ακραίας ξηρασίας στην Αφρική.

Για την Νότιο Αμερική οι κοντινοί σταθμοί που εμφανίζονται στους παρακάτω πίνακες SPI είναι οι Iripales,Manaus, Εθνικό Παρατηρητήριο Κολομβίας, Rio Branco, Villavicencio, Comodoro,Esquel Aero, Pehuajo, Puerto Deseado, Santa Rosa και Trelew, εικόνα 37.

Εικόνα 37: Συγκεντρωτικός Πίνακας SPI για την Λατινική Αμερική

Από την παραπάνω εικόνα (37) παρατηρούμε πως τα υδρολογικά έτη 1992 και 1993 επηρέασαν από τρεις σταθμούς της Λατινικής Αμερικής, προκαλώντας επεισόδια ακραίας ξηρασίας καθώς και το έτος 2009 έχει επιφέρει ακραία ξηρασία σε δυο από τους σταθμούς που συγκρίνονται παραπάνω. Παρόλταυτα, παρατηρούμε πως δεν μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσμα για κάποια περιοχή ακόμα και αν γνωρίζουμε τι επικρατεί στον γενικότατο της περιοχή.

Για την Αυστραλία έχουμε μόνο τρεις σταθμούς των οποίων οι πίνακες SPI παρατίθενται παρακάτω, τους Alice Springs, District 13 και Halls Creek, εικόνα 38.

1967	1,11	1,30	1,08	0,75	1967	0,70	0,57	0,52	0,23	1967	0,77	0,63	0,30	-0,24
1968	0,17	0,23	0,34	-0,09	1968	0,37	0,62	0,65	0,19	1968	0,41	0,73	0,96	0,99
1969	1,00	1,03	0,76	0,76	1969	1,04	0,95	0,90	0,87	1969	0,22	-0,47	-0,27	-0,69
1970	-0,05	-1,63	-1,33	-1,25	1970	-0,08	-1,81	-1,87	-1,63	1970	-1,16	-0,85	-0,98	-0,78
1971	-0,46	-0,65	-1,02	0,10	1971	-0,30	-0,47	-0,53	0,14	1971	-1,58	-1,97	-1,60	-1,40
1972	0,07	-0,76	-0,84	-1,77	1972	-1,29	-1,59	-1,63	-1,76	1972	0,98	0,66	0,44	0,01
1973	0,70	0,83	1,24	1,17	1973	-0,41	-0,38	-0,36	0,27	1973	-0,21	0,36	0,66	0,94
1974	0,80	1,23	1,37	1,71	1974	0,02	0,61	0,86	0,71	1974	1,60	2,03	1,93	1,95
1975	-0,02	-1,03	-0,56	-0,35	1975	0,49	0,36	0,37	0,57	1975	0,65	0,16	0,66	1,47
1976	-0,23	-1,37	-1,05	-1,00	1976	0,17	0,00	-0,03	-0,20	1976	1,63	1,74	1,43	1,31
1977	0,18	-0,61	-0,57	-0,56	1977	0,52	0,42	0,36	0,36	1977	0,82	0,49	0,31	0,59
1978	-0,33	0,36	0,66	0,36	1978	-0,64	-0,24	0,15	-0,24	1978	0,57	0,74	1,00	0,85
1979	-0,02	0,04	0,10	0,08	1979	-1,29	-0,62	-0,68	-0,94	1979	0,52	0,73	0,57	0,25
1980	-0,23	0,72	0,56	0,39	1980	1,02	0,93	0,88	0,81	1980	-1,50	-0,82	-0,90	-0,85
1981	0,37	-0,12	-0,55	0,13	1981	-0,03	-0,21	-0,23	0,31	1981	0,32	-0,25	-0,37	0,26
1982	1,26	1,41	1,39	1,31	1982	1,59	1,54	1,49	1,39	1982	1,01	0,75	0,54	0,16
1983	1,18	1,42	1,23	1,46	1983	0,44	0,85	0,80	0,69	1983	1,45	1,68	1,40	1,30
1984	0,35	-0,28	-0,20	-0,22	1984	0,81	0,69	0,80	0,50	1984	0,27	-0,14	0,08	0,13
1985	-0,40	-1,70	-0,28	-0,29	1985	-1,23	-1,46	-1,52	-1,47	1985	-0,58	-1,35	-1,59	-1,47
1986	-0,04	-0,45	-0,05	-0,41	1986	-0,09	-0,18	-0,06	-0,61	1986	-1,62	-0,56	0,53	0,70
1987	0,47	0,17	-0,22	0,24	1987	0,11	-0,04	-0,10	0,23	1987	-0,82	-0,97	-1,17	-0,70
1988	0,40	0,75	0,42	-0,03	1988	-0,83	-1,10	-1,16	-0,15	1988	0,96	0,93	0,73	0,61
1989	1,39	1,66	1,52	1,45	1989	-1,81	-1,97	-1,87	-0,08	1989	0,32	-0,17	-0,42	-0,23
1990	-0,57	-0,11	-0,31	-1,02	1990	-0,12	-0,28	-0,34	-0,19	1990	-1,19	-0,11	-0,27	-0,65
1991	-0,66	-1,65	-1,37	0,01	1991	1,32	1,26	1,22	0,93	1991	0,15	-0,43	-0,63	-1,10
1992	-0,19	0,74	0,92	0,57	1992	-1,59	-1,42	-1,36	-0,23	1992	-1,33	-0,73	-0,85	-0,60
1993	0,29	0,63	0,68	0,56	1993	1,47	1,62	1,57	1,49	1993	-0,88	0,11	0,24	0,43
1994	0,23	-0,49	-1,06	-0,67	1994	0,45	0,30	0,24	0,20	1994	-0,57	-1,85	-0,19	-0,22
1995	0,08	-0,49	-0,38	-0,46	1995	0,50	0,37	0,36	0,54	1995	0,73	0,64	0,36	0,29
1996	-0,71	-1,52	-0,94	-1,00	1996	0,23	0,24	0,19	0,42	1996	-0,94	-0,82	-1,80	-0,18
1997	-0,08	0,35	0,40	0,37	1997	0,43	0,44	0,38	0,62	1997	1,12	1,12	0,90	0,87
1998	0,18	0,46	0,61	1,04	1998	-0,71	-0,74	-0,56	0,26	1998	-0,06	0,33	0,37	0,47
1999	1,01	1,11	1,01	1,62	1999	0,13	0,10	0,05	0,68	1999	-1,04	-1,40	-1,67	-0,83
2000	1,49	2,24	2,23	2,37	2000	1,40	1,78	1,73	1,80	2000	1,18	1,17	0,85	0,86
2001	1,20	1,82	1,99	3,31	2001	1,54	1,48	1,51	1,36	2001	1,46	1,56	1,36	1,87
2002	0,50	0,05	-0,41	-1,01	2002	-0,16	-0,36	-0,42	0,11	2002	-0,26	-1,28	-1,62	-0,60
2003	-0,19	-0,61	0,01	1,70	2003	-0,09	-0,20	-0,26	-0,02	2003	-0,14	-0,71	-0,94	-0,99
2004	-0,08	0,54	0,27	-0,13	2004	0,47	0,55	0,49	0,08	2004	0,32	0,48	0,21	-0,35
2005	-1,58	-0,44	-0,23	0,69	2005	-1,10	-1,33	-1,10	-0,31	2005	-1,61	-1,78	-0,82	-0,17
2006	0,58	0,31	0,47	0,19	2006	0,94	0,87	0,82	0,75	2006	-0,76	-1,51	-1,13	-1,25
2007	0,47	0,23	-0,20	0,73	2007	0,49	0,44	0,39	0,52	2007	0,58	0,23	-0,07	-0,27
2008	-0,26	-1,46	-1,65	0,10	2008	0,19	0,02	-0,01	-0,15	2008	-1,68	-0,48	-0,98	-0,13
2009	-0,75	-0,31	-0,51	-0,79	2009	-1,22	-1,52	-1,59	-1,82	2009	-1,11	-1,78	-1,60	-0,57
2010	0,37	-0,06	0,65	0,87	2010	0,02	0,19	0,56	0,59	2010	0,72	0,64	1,15	1,44
2011	1,08	1,17	1,07	1,97	2011	1,18	1,27	1,22	1,38	2011	1,20	1,09	0,80	0,57
2012	-0,11	-1,01	-1,67	-1,72	2012	0,00	0,10	0,05	0,13	2012	0,30	-0,13	-0,42	-0,48
2013	0,24	0,63	0,32	0,49	2013	0,02	-0,06	-0,11	0,27	2013	-0,25	-0,50	-0,35	-0,77
2014	-0,88	-0,94	-1,57	-0,74	2014	0,90	0,93	0,99	0,91	2014	0,00	0,24	0,14	-0,53
2015	-1,11	-0,60	-1,00	0,09	2015	0,48	0,41	0,36	0,15	2015	0,80	0,44	0,12	0,34
2016	0,84	1,59	1,57	1,31	2016	0,09	0,13	0,19	0,54	2016	-0,06	-0,57	-0,12	0,25
2017	0,62	0,25	-0,11	-0,22	2017	0,12	-0,05	-0,11	-0,57	2017	-0,05	-1,02	-1,36	-0,53

Εικόνα 38: Συγκεντρωτικός Πίνακας SPI για την Αυστραλία

Βάσει της παραπάνω σύγκρισης δεν θα μπορούσαμε να πούμε πως στην Αυστραλία υπήρχε «μοτίβο» στην εμφάνιση ξηρασιών. Τα υδρολογικά έτη που εμφανίζουν επεισόδια ακραίας ξηρασίας δεν είναι κοινά για τους σταθμούς που συγκρίνονται.

Για την Μεσόγειο έχουμε τους σταθμούς Marseille, Perpignan, Καλαμάτα, Ηράκλειο, Messina, Τραπανι, Αθήνα και Alicante των οποίων οι πίνακες SPI είναι, εικόνα 39:

The image displays a grid of SPI values for ten Mediterranean stations (Marseille, Perpignan, Καλαμάτα, Ηράκλειο, Messina, Τραπανι, Αθήνα, and Alicante) from 1967 to 2017. Each row represents a station, and each column represents a year. The values are numerical, and the cells are color-coded: dark red for very low SPI values (below -2.5), red for low values (-2.5 to -1.5), yellow for moderate values (-1.5 to -0.5), white for near-normal values (-0.5 to 0.5), and green for high values (above 0.5). The grid shows significant variability in SPI values over the 50-year period, with notable clusters of low values in the late 1980s and early 1990s, and high values in the early 2000s.

Εικόνα 39: Συγκεντρωτικός Πίνακας SPI για την Μεσόγειο

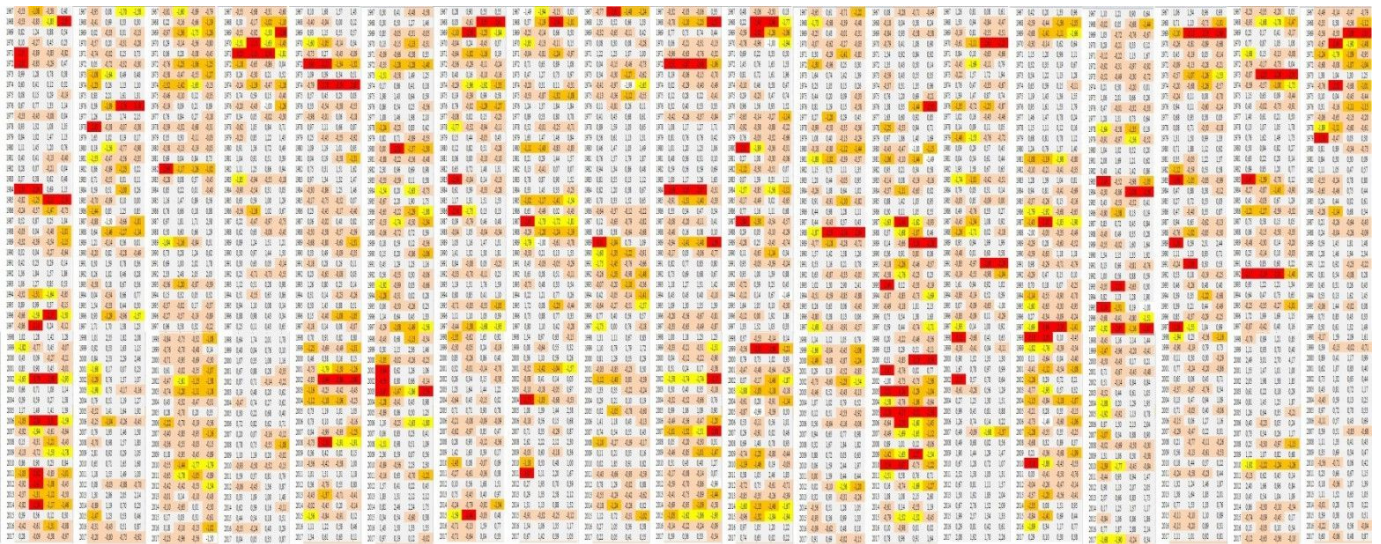
Για τα έτη 1989-1990 παρατηρούμε ότι στη Μεσόγειο εμφανίστηκαν επεισόδια ξηρασίας κάποια στιγμή εντός των υδρολογικών αυτών ετών σε έξι από τους 8 κοντινούς χωρικά σταθμούς που συγκρίνουμε στον παραπάνω πίνακα (εικόνα 39).

Για τους κοντινούς σταθμούς Ρωσίας-Κίνας έχουμε τους σταθμούς Irkutsk, Mogocho, Hailaer και Qi qihaer στους παρακάτω πίνακες, εικόνα 40, όπου και πάλι είναι δύσκολο να βρεθεί κάποια συσχέτιση μεταξύ σταθμών όσον αφορά την κοινή εμφάνιση επεισοδίου ξηρασίας.

1967	0,38	0,36	-0,33	-0,45	1967	-0,54	-1,20	0,39	0,11	1967	0,26	0,28	-0,35	-0,09	1967	0,88	1,15	0,81	2,37
1968	0,42	0,52	-0,26	-0,44	1968	0,41	-1,71	2,85	2,72	1968	0,87	0,70	-0,81	-1,15	1968	0,75	0,85	0,21	0,31
1969	-1,18	-1,49	-0,68	-0,43	1969	-0,18	1,22	0,81	0,92	1969	-0,54	-1,34	-1,00	-0,67	1969	0,69	0,36	0,38	-0,15
1970	-1,25	-1,29	-0,74	-0,76	1970	0,81	-0,38	-0,05	-0,60	1970	-0,99	-1,31	-0,65	-0,68	1970	-0,71	-0,74	0,06	0,75
1971	0,09	0,34	1,35	1,48	1971	0,83	0,96	0,14	-0,08	1971	0,40	0,85	0,95	1,68	1971	1,10	0,81	0,44	-1,00
1972	-1,19	-1,92	0,20	0,49	1972	0,05	1,91	1,45	1,67	1972	0,81	1,34	1,68	1,79	1972	-0,05	1,04	0,73	-0,15
1973	1,54	1,18	1,11	1,44	1973	-0,62	-0,63	-0,50	-0,50	1973	-0,72	-0,86	-0,93	-1,27	1973	-1,04	-0,65	-0,10	-1,24
1974	0,20	0,26	0,06	-1,00	1974	-0,38	0,36	0,34	0,53	1974	-0,72	-0,86	-0,93	-1,27	1974	0,37	-0,83	0,67	0,99
1975	0,97	1,18	1,53	2,13	1975	1,19	-0,15	0,64	0,26	1975	0,39	0,57	1,52	2,01	1975	0,45	-0,90	-0,52	-0,85
1976	0,71	0,37	0,02	-0,76	1976	0,49	1,27	-0,38	-0,30	1976	1,08	1,29	1,43	0,39	1976	-1,99	-0,98	-0,74	-1,66
1977	0,45	0,15	-0,01	0,17	1977	1,08	-0,34	0,99	0,74	1977	-0,78	-0,64	-1,02	-0,78	1977	0,27	0,81	0,11	0,12
1978	-0,02	-0,31	-1,29	-0,57	1978	0,47	-0,74	-0,05	-0,24	1978	0,14	-0,33	-0,08	0,63	1978	1,25	-0,19	0,21	-1,03
1979	-0,15	0,46	0,08	-0,57	1979	-0,05	-1,00	-0,34	-0,42	1979	0,21	0,22	1,10	0,63	1979	-0,66	0,20	0,28	0,40
1980	-0,61	-0,85	-0,98	-1,85	1980	-0,45	0,07	-0,71	-0,64	1980	-0,44	-0,26	-1,13	-0,50	1980	-1,20	-0,33	-0,50	-0,50
1981	0,74	0,24	-0,20	-0,52	1981	-1,62	-0,31	1,02	1,36	1981	0,61	0,81	0,22	-0,43	1981	-0,59	-0,58	-1,31	-1,10
1982	0,47	0,71	1,33	0,87	1982	1,53	0,96	0,96	1,24	1982	-0,67	-0,48	0,67	-0,35	1982	0,20	-0,27	-0,28	0,54
1983	0,56	0,40	1,15	1,30	1983	-0,67	0,34	0,27	0,17	1983	1,06	1,02	1,28	1,96	1983	-1,47	-0,19	0,19	-0,34
1984	0,04	-0,10	0,25	-0,71	1984	0,44	-1,44	0,17	0,35	1984	0,34	0,41	0,20	-0,15	1984	-0,39	-0,35	-0,59	0,11
1985	-0,40	-0,84	-0,29	0,36	1985	-0,57	-0,03	0,22	-0,02	1985	0,52	-0,27	0,61	1,07	1985	0,50	0,90	1,71	1,46
1986	-1,48	-1,19	-1,84	-1,62	1986	0,57	-0,20	-0,81	-0,99	1986	-1,82	-1,68	-1,77	-1,35	1986	-0,13	0,94	0,17	0,52
1987	-1,64	-0,77	-1,76	-1,37	1987	-0,48	-0,23	1,19	1,05	1987	-0,33	-0,05	-0,43	-0,84	1987	0,06	0,89	0,78	1,70
1988	-0,48	-0,48	-1,49	-0,97	1988	0,89	-1,39	-1,36	-0,92	1988	-0,59	-1,48	-0,50	-0,36	1988	2,54	1,86	2,34	2,14
1989	1,29	1,44	1,44	1,33	1989	-0,33	-0,51	-0,96	-1,37	1989	0,80	0,61	0,96	0,85	1989	0,43	0,35	0,01	-0,59
1990	0,08	-0,25	-0,26	-0,42	1990	-0,74	0,92	1,14	1,38	1990	1,03	0,95	0,88	0,41	1990	1,28	0,92	0,17	-0,22
1991	-0,39	-0,52	-0,21	0,00	1991	0,29	1,49	-0,35	-0,29	1991	-0,85	-0,43	-0,23	-0,17	1991	0,22	0,07	-0,44	-0,42
1992	1,06	1,01	0,43	0,06	1992	-0,74	0,17	1,13	0,72	1992	1,30	1,38	1,14	0,45	1992	-1,35	-1,50	-0,48	-0,04
1993	1,17	0,73	-0,15	-0,94	1993	-0,62	-1,15	-1,58	-1,82	1993	0,68	0,39	0,20	-0,96	1993	-0,93	-1,11	-0,39	0,62
1994	-0,88	-0,33	-0,62	-0,35	1994	0,79	1,65	0,88	0,79	1994	0,03	0,11	-0,38	0,22	1994	0,81	0,19	0,27	0,05
1995	0,64	1,19	1,53	2,17	1995	0,66	0,83	-1,18	-1,28	1995	0,54	0,89	0,43	0,19	1995	1,46	1,33	0,40	-1,00
1996	-0,78	0,52	0,70	1,08	1996	0,69	-0,23	-0,34	-0,13	1996	-1,00	-1,63	-0,78	-1,83	1996	-1,81	-1,49	-1,05	-0,76
1997	1,77	1,63	1,03	0,85	1997	0,62	-0,51	-0,07	0,81	1997	0,95	1,43	1,00	0,43	1997	-0,93	-0,60	-0,76	-1,01
1998	1,41	0,69	0,05	0,27	1998	1,43	0,97	-1,63	-0,82	1998	1,23	1,16	0,99	0,37	1998	-0,33	2,05	1,72	1,46
1999	-0,59	0,10	-0,03	0,70	1999	0,69	1,49	-0,27	0,03	1999	0,64	0,88	0,65	0,61	1999	1,56	2,00	1,52	1,61
2000	1,47	1,79	1,15	-0,39	2000	-0,01	-0,06	-0,68	-0,63	2000	1,06	1,24	0,49	-1,25	2000	-0,96	0,57	0,59	2,53
2001	-0,55	-0,07	-0,35	-0,34	2001	1,35	1,53	0,34	0,16	2001	-0,53	0,23	-0,92	-0,69	2001	0,78	0,82	-0,13	-0,43
2002	1,82	1,61	1,12	-0,04	2002	0,58	-1,12	-0,24	-0,56	2002	0,73	0,33	-0,55	-1,30	2002	0,54	0,98	-0,41	-0,72
2003	0,96	0,86	1,04	1,00	2003	-0,40	-0,46	-0,41	-0,45	2003	0,19	-0,13	-0,38	-0,07	2003	-0,78	0,18	-0,04	-0,23
2004	0,34	0,60	0,06	0,18	2004	0,20	0,32	-0,24	0,08	2004	-0,36	-0,75	-0,27	0,37	2004	-0,98	-0,90	-0,44	-0,81
2005	0,81	1,44	1,70	1,88	2005	0,82	1,52	0,05	0,55	2005	0,59	0,58	0,33	0,37	2005	-1,18	-1,21	-0,88	-0,55
2006	-0,05	-0,51	-0,80	0,43	2006	0,25	0,06	0,60	0,57	2006	0,81	0,73	-0,03	-0,07	2006	-0,03	0,28	0,61	1,66
2007	0,24	0,97	1,16	1,78	2007	0,34	1,35	1,41	1,13	2007	0,55	0,47	0,53	0,51	2007	0,35	0,58	0,56	0,14
2008	0,29	-0,03	-0,60	-0,23	2008	0,10	0,42	-0,21	0,17	2008	0,41	0,02	-1,15	-0,86	2008	2,18	1,56	1,45	1,77
2009	0,02	0,55	1,00	0,20	2009	1,08	0,75	0,95	0,78	2009	0,43	-0,13	0,37	-0,40	2009	0,48	0,02	0,84	1,12
2010	-0,24	0,27	-0,55	-0,35	2010	0,42	0,23	1,12	1,20	2010	-0,20	0,16	-0,08	-0,34	2010	-1,44	-1,03	-0,24	-1,28
2011	1,20	1,49	0,81	1,19	2011	-0,94	-0,54	1,03	1,01	2011	0,45	0,69	0,79	0,30	2011	-0,76	0,11	1,76	1,69
2012	0,34	0,27	0,01	-0,81	2012	0,10	-0,28	0,21	0,84	2012	1,22	1,13	0,90	-0,03	2012	-1,99	0,14	1,13	1,70
2013	0,25	0,59	0,69	1,23	2013	0,15	1,58	0,50	1,10	2013	-0,23	-0,23	-0,14	0,04	2013	-0,88	0,31	-0,36	-0,40
2014	-0,88	-0,79	-0,91	-0,53	2014	0,20	0,73	-0,35	-0,05	2014	-1,77	-1,56	-1,98	-0,89	2014	1,83	1,51	0,82	1,69
2015	0,76	1,01	0,59	1,40	2015	1,45	1,95	1,32	1,58	2015	0,07	0,36	0,08	0,19	2015	1,01	1,27	2,04	1,83
2016	0,13	-0,05	-0,17	0,36	2016	0,04	0,56	1,52	1,03	2016	-0,05	-0,30	-0,25	0,12	2016	0,29	0,67	0,43	-0,50
2017	1,40	1,39	0,93	0,96	2017	0,58	0,70	1,03	0,75	2017	0,50	0,74	0,11	0,52	2017	-0,78	-0,45	0,78	1,06

Εικόνα 40: Συγκεντρωτικός Πίνακας SPI για Ρωσία-Κίνα

Για τις ΗΠΑ και τον Καναδά τους σταθμούς Ely, Las Vegas, San Diego, Bagotville, Goose Bay, Caribou, Des Moines, Fargo, International Falls, Sault Ste Marie, Anchorage, Barrow, Cold Bay, Fairbanks, King Salmon, Kotzebue, Mcgrath, Nome και Yakutatτων οποίων οι πίνακες SPI είναι, εικόνα 40.



Εικόνα 41: Συγκεντρωτικός Πίνακας SPI για ΗΠΑ, Καναδά

Παρόλο που στην συγκεκριμένη περίπτωση, έχουμε μεγάλο πλήθος σταθμών να συγκρίνουμε, δύσκολα θα παρατηρηθεί συσχέτιση μεταξύ των σταθμών. Υπάρχουν βέβαια κάποιες κοινές εμφανίσεις κατηγοριών ξηρασίας σε κάθε υδρολογικό έτος ανά σταθμό, παρόλαυτα δεν αποτελούν σε καμία περίπτωση κανόνα. Πιο πολύ «μεμονωμένα» θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν τα επεισόδια ακραίας ξηρασίας.

Τέλος, για τις βόρειες χώρες έχουμε κοντινούς σταθμούς τους Im paliny, Bodo, Orland και Oslo και τους πίνακες του SPI αυτών, εικόνα 42:

1967	-0,20	-0,53	-0,23	-0,24	1967	0,48	0,94	0,36	0,25	1967	-0,64	0,64	0,64	0,41	1967	-0,36	-0,25	0,86	1,05
1968	0,35	0,89	0,57	0,57	1968	-0,66	0,43	-1,03	-0,93	1968	1,13	-1,07	-1,32	-1,43	1968	1,73	0,61	0,09	0,02
1969	-0,36	-0,73	0,89	0,81	1969	-0,12	-0,12	0,07	0,11	1969	-1,57	-1,07	-0,07	0,47	1969	-1,33	-1,91	-0,15	0,57
1970	0,18	-0,02	0,00	0,02	1970	-1,00	-0,85	0,14	0,03	1970	-1,03	-0,50	0,63	0,54	1970	-0,95	-0,04	-0,45	-0,59
1971	1,05	-0,55	0,01	-0,08	1971	1,18	-0,24	-0,61	-0,62	1971	-0,10	-0,38	-0,63	-0,60	1971	-1,34	0,56	1,80	1,53
1972	0,26	-0,86	-0,41	-0,34	1972	-0,12	-1,16	-0,35	-0,22	1972	0,83	0,31	-1,33	-1,11	1972	0,00	-0,98	-1,24	-1,00
1973	-0,12	-0,87	0,06	0,01	1973	1,18	0,25	0,31	0,25	1973	-1,03	-0,56	-1,14	-1,11	1973	1,66	1,15	1,54	1,57
1974	0,19	0,83	-0,24	-0,22	1974	-0,37	0,36	-0,14	-0,14	1974	-0,34	-0,41	0,77	0,55	1974	0,44	0,32	0,23	1,12
1975	-0,20	0,15	-0,03	-0,01	1975	-0,66	-0,04	-0,30	-0,20	1975	0,44	-0,23	-1,59	-1,64	1975	0,23	0,01	0,41	0,36
1976	1,48	1,23	0,68	0,59	1976	0,10	0,86	0,66	0,57	1976	0,44	0,68	-0,75	-0,91	1976	0,60	-0,74	-0,45	-0,64
1977	-0,92	1,46	0,54	0,52	1977	0,30	1,40	1,14	1,13	1977	0,58	0,79	-0,52	-0,30	1977	-0,24	-0,46	-1,60	-1,81
1978	0,55	0,99	0,51	0,47	1978	0,93	1,06	0,44	0,43	1978	-0,64	-0,07	-0,80	-0,91	1978	1,00	1,19	-0,11	-0,17
1979	1,23	-1,38	-0,14	-0,17	1979	0,93	-0,78	0,16	0,24	1979	-0,10	0,42	-1,37	-1,40	1979	-0,08	-1,26	-1,90	-1,75
1980	-1,07	-0,61	-0,41	-0,29	1980	-1,00	0,15	0,10	0,06	1980	-1,49	-1,38	0,50	0,29	1980	-0,95	0,69	0,02	0,13
1981	0,23	0,45	0,98	0,86	1981	0,79	0,76	-0,44	-0,45	1981	0,44	1,73	1,63	1,68	1981	1,35	-0,10	-1,18	-1,25
1982	-0,44	1,15	1,03	0,95	1982	0,79	0,17	0,90	0,84	1982	0,83	-0,53	-0,66	-0,60	1982	-0,99	0,69	0,77	0,45
1983	-0,66	1,27	0,24	0,24	1983	-0,37	-1,02	-0,12	-0,04	1983	-1,57	1,88	1,33	1,18	1983	-0,26	0,15	0,66	0,50
1984	-0,13	1,23	1,21	1,20	1984	0,79	0,99	1,52	1,46	1984	1,58	0,01	0,81	0,62	1984	1,21	0,42	0,16	0,02
1985	0,88	0,08	0,48	0,50	1985	1,05	-0,01	0,34	0,26	1985	0,11	0,06	0,59	0,48	1985	0,06	1,35	-0,02	0,36
1986	-0,17	-0,53	-0,60	-0,49	1986	-0,12	-0,69	-0,91	-0,79	1986	0,94	1,04	1,23	0,95	1986	-0,18	0,01	-0,97	-1,00
1987	0,76	-0,68	-0,22	0,02	1987	0,10	-0,82	-1,01	-0,76	1987	0,94	-1,07	0,60	0,92	1987	0,83	-0,01	-1,13	-0,66
1988	-0,58	0,33	0,34	0,34	1988	-0,12	0,52	0,77	0,79	1988	-0,54	1,18	1,92	2,22	1988	-0,15	0,78	0,77	0,58
1989	1,06	0,70	0,81	0,81	1989	0,10	0,70	1,02	1,01	1989	1,76	0,14	-0,32	-0,11	1989	0,81	-0,50	-0,53	-0,62
1990	1,06	1,15	0,80	0,78	1990	0,30	1,23	1,47	1,45	1990	0,58	0,75	0,73	0,43	1990	-1,30	-0,24	0,03	-0,24
1991	0,40	-1,59	-0,89	-0,78	1991	-0,12	-0,69	0,12	0,09	1991	-1,03	0,72	1,14	1,25	1991	-1,21	-0,29	1,12	1,05
1992	0,26	0,00	-1,87	-1,77	1992	-0,12	-0,72	-0,20	0,07	1992	0,11	-0,15	-0,73	-0,62	1992	-0,44	0,33	0,29	0,17
1993	-0,27	0,57	0,91	0,80	1993	0,64	-0,11	-0,45	-0,44	1993	0,44	0,35	0,66	0,70	1993	0,23	-1,54	-0,22	-0,17
1994	0,26	-1,11	-0,71	-0,93	1994	0,93	0,15	-0,32	-0,51	1994	0,44	-0,20	0,46	0,61	1994	-0,57	2,35	2,37	2,42
1995	-0,03	-0,44	-1,27	-1,29	1995	-1,00	-0,17	-0,69	-0,72	1995	0,94	0,90	-1,27	-1,08	1995	-0,34	1,17	0,25	-0,09
1996	-0,38	1,40	0,16	0,29	1996	1,80	1,12	1,05	1,08	1996	-1,57	-0,77	-0,26	-0,45	1996	1,31	0,61	-0,43	-0,22
1997	0,52	0,56	-0,20	-0,16	1997	-1,41	-0,04	0,05	0,06	1997	-0,10	-0,53	-0,88	-1,03	1997	1,00	-0,13	-1,18	-1,68
1998	-0,58	1,53	1,02	1,00	1998	-1,95	-0,31	0,69	0,52	1998	0,44	0,94	1,57	1,25	1998	0,05	0,84	-1,56	-1,38
1999	-0,20	-1,01	-0,88	-0,65	1999	-0,37	-0,57	-1,26	-1,04	1999	0,94	-0,46	-0,10	-0,19	1999	0,64	-0,32	-1,14	-1,20
2000	0,49	-0,03	0,08	0,16	2000	2,29	1,73	0,63	0,71	2000	1,03	-0,75	-0,67	-0,71	2000	0,04	-1,20	0,63	0,57
2001	0,76	-0,16	0,49	0,45	2001	1,05	-0,98	-0,95	-1,03	2001	0,83	-1,34	-0,78	-0,79	2001	1,31	0,35	1,27	1,20
2002	1,56	-0,46	-0,17	-0,01	2002	1,59	1,08	0,00	0,10	2002	-0,34	1,86	-0,40	-0,35	2002	0,23	-0,67	-0,19	-0,11
2003	-0,20	-0,95	-0,66	-0,49	2003	0,64	-1,58	-0,40	-0,18	2003	-0,88	-0,90	2,09	1,83	2003	-0,45	-1,65	-1,53	-1,67
2004	0,64	-0,36	-1,11	-1,05	2004	1,77	0,25	-0,60	-0,51	2004	-0,10	0,45	-1,62	-1,44	2004	2,05	1,91	1,40	1,34
2005	-0,26	-1,36	-0,73	-0,68	2005	0,48	0,30	-0,24	-0,24	2005	0,44	2,26	1,15	0,92	2005	-1,07	1,46	0,44	0,73
2006	0,96	0,81	0,19	0,20	2006	1,93	0,37	-1,18	-1,07	2006	1,29	0,19	0,97	0,68	2006	-0,34	-0,49	-0,79	-1,33
2007	-0,03	0,06	0,26	0,16	2007	2,58	0,01	-1,18	-1,15	2007	1,96	1,28	-0,06	-0,04	2007	0,93	1,57	0,04	0,81
2008	-1,49	0,27	0,57	0,79	2008	1,29	0,09	-0,20	0,12	2008	1,58	1,51	-0,66	-0,34	2008	-1,21	1,26	0,88	0,88
2009	0,12	-0,86	0,99	0,97	2009	2,15	0,90	0,23	0,34	2009	1,51	2,45	1,16	1,04	2009	-0,81	0,71	0,32	0,31
2010	1,15	0,48	0,35	0,43	2010	1,29	0,01	-0,66	-0,46	2010	0,94	1,21	1,18	1,12	2010	0,56	-0,07	-0,82	-1,08
2011	-1,32	1,51	0,91	0,84	2011	-0,12	-0,61	-0,14	-0,22	2011	0,29	0,70	0,59	0,31	2011	0,49	-1,20	-1,42	-1,31
2012	-0,90	1,78	1,38	1,32	2012	-0,37	0,53	-0,30	-0,19	2012	0,71	0,01	1,21	1,54	2012	1,43	-0,44	-0,64	-0,54
2013	0,40	0,21	0,64	0,59	2013	0,93	1,24	1,84	1,85	2013	1,86	1,09	1,81	1,88	2013	-0,93	-0,07	-1,78	-1,78
2014	0,08	-0,13	-1,17	-1,05	2014	0,93	0,86	0,12	0,18	2014	0,58	-0,20	-1,20	-1,08	2014	1,25	-1,84	-0,60	-0,44
2015	1,06	0,64	-0,31	-0,23	2015	-0,66	-0,22	-0,44	-0,45	2015	1,29	2,73	1,09	1,06	2015	0,40	-0,18	-1,14	-1,02
2016	1,33	1,97	1,04	0,94	2016	0,30	0,68	0,11	0,10	2016	0,71	0,88	-1,48	-1,44	2016	1,19	-0,22	1,47	1,31
2017	0,49	0,54	0,20	0,11	2017	-1,41	-0,99	-1,38	-1,36	2017	-0,64	-0,95	-0,23	-0,10	2017	-0,93	-0,13	-0,47	-0,19

Εικόνα 42: Συγκεντρωτικός Πίνακας SPI για βόρειες χώρες

Στην περίπτωση των βόρειων χωρών όπου έχουν συγκριθεί μόνο τέσσερις κοντινοί σταθμοί, δεν υπάρχει κάποιο στοιχείο που να αλλάζει τα μέχρι τώρα συμπεράσματα.

Βλέπουμε λοιπόν, πως το να εμφανίσει κάποιος σταθμός ένα είδος ξηρασίας, δεν συνεπάγεται σε καμία περίπτωση πως κατά το ίδιο χρονικό διάστημα οι κοντινοί του χιλιομετρικά σταθμοί θα εμφανίσουν το ίδιο είδος ξηρασίας, και πολύ πιθανό να μην εμφανίζουν καν φαινόμενο ξηρασίας.

Πιθανότητες Μετάβασης

Για κάθε κλιματικό τύπο, υπολογίστηκαν για δυο σταθμούς οι πιθανότητες μετάβασης για τις πέντε πιθανές καταστάσεις (όχι ξηρασία, ήπια ξηρασία, μέτρια ξηρασία, σοβαρή ξηρασία και ακραία ξηρασία) σε τρίμηνη εξάμηνη και εννιάμηνη κλίμακα. Δηλαδή, υπολογίζεται κατά πόσο είναι πιθανό εάν στο τρίμηνο το εξάμηνο ή το εννιάμηνο εμφανίζεται μια κατάσταση, να εμφανιστεί και στο υδρολογικό έτος, ή να εμφανιστεί κάποια από τις άλλες καταστάσεις. Στους πίνακες που θα παρουσιαστούν στην συνέχεια, η κατάσταση Α είναι όχι ξηρασία, η Β ήπια ξηρασία, η Γ μέτρια ξηρασία, η Δ σοβαρή ξηρασία και η Ε ακραία ξηρασία

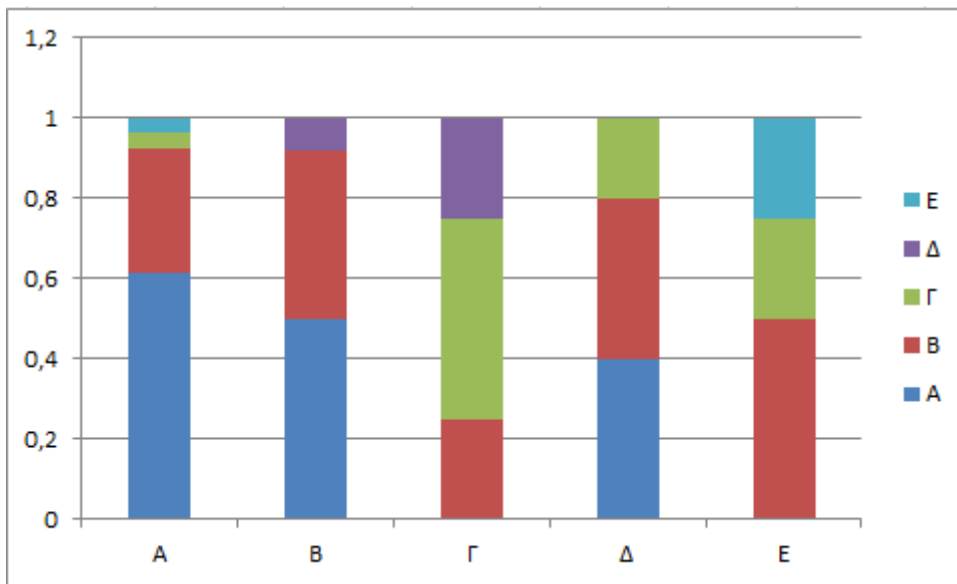
Πίνακες Πιθανοτήτων Μετάβασης από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος

Στον πίνακα 1 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Cotonou στο Μπενίν στην Αφρική από το τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,615	0,308	0,039	0	0,038
B	0,5	0,417	0	0,083	0
Γ	0	0,25	0,5	0,25	0
Δ	0,4	0,4	0,2	0	0
E	0	0,5	0,25	0	0,25

Πίνακας 1: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Cotonou Benin κλιματικού τύπου A από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.

Στο διάγραμμα 1 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Cotonou Benin κλιματικού τύπου A από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος



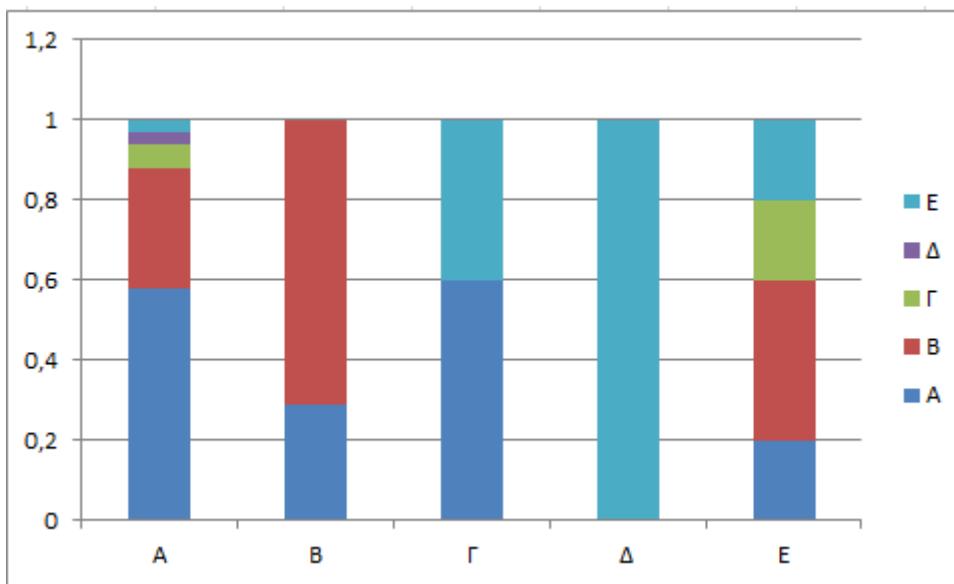
Διάγραμμα 1: Πιθανότητες Μετάβασης Cotonou

Στον πίνακα 2 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Villavicencio από το τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,576	0,303	0,061	0,03	0,03
B	0,286	0,714	0	0	0
Γ	0,6	0	0	0	0,4
Δ	0	0	0	0	1
E	0,2	0,4	0,2	0	0,2

Πίνακας 2: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Villavicencio της Κολομβίας κλιματικού τύπου A από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.

Στο διάγραμμα 2 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Villavicencio κλιματικού τύπου A από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.



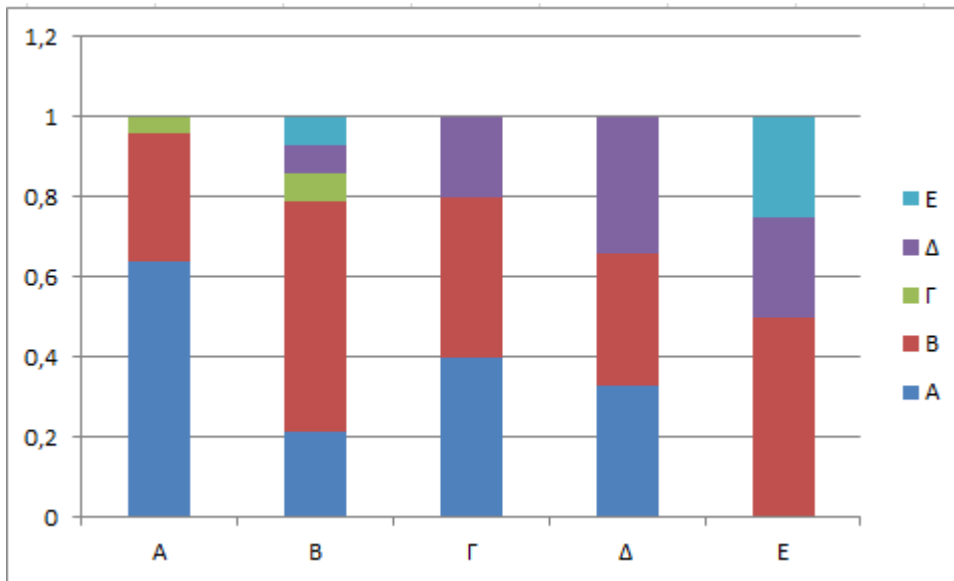
Διάγραμμα 2: Πιθανότητες Μετάβασης Villavicencio

Στον πίνακα 3 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Pehuajo Aero της Αργεντινής από το τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,64	0,32	0,04	0	0
B	0,214	0,573	0,071	0,071	0,071
Γ	0,4	0,4	0	0,2	0
Δ	0,33	0,33	0	0,34	0
E	0	0,5	0	0,25	0,25

Πίνακας 3: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Pehuajo Aero της Αργεντινής κλιματικού τύπου B από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.

Στο διάγραμμα 3 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Pehuajo Aereo της Αργεντινής κλιματικού τύπου Β από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.



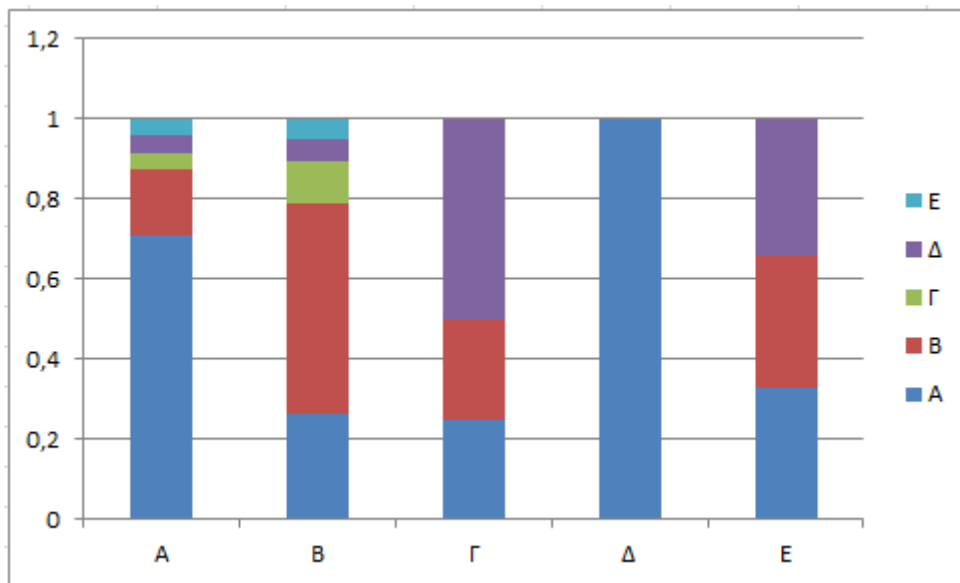
Διάγραμμα 3: Πιθανότητες Μετάβασης Pehuajo

Στον πίνακα 4 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Puerto Deseado της Αργεντινής από το τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	Ε
A	0,708	0,166	0,042	0,042	0,042
B	0,263	0,528	0,105	0,052	0,052
Γ	0,25	0,25	0	0,5	0
Δ	1	0	0	0	0
Ε	0,33	0,33	0	0,34	0

Πίνακας 4: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Puerto Deseado της Αργεντινής κλιματικού τύπου Β από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.

Στο διάγραμμα 4 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Puerto Deseado της Αργεντινής κλιματικού τύπου Β από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.



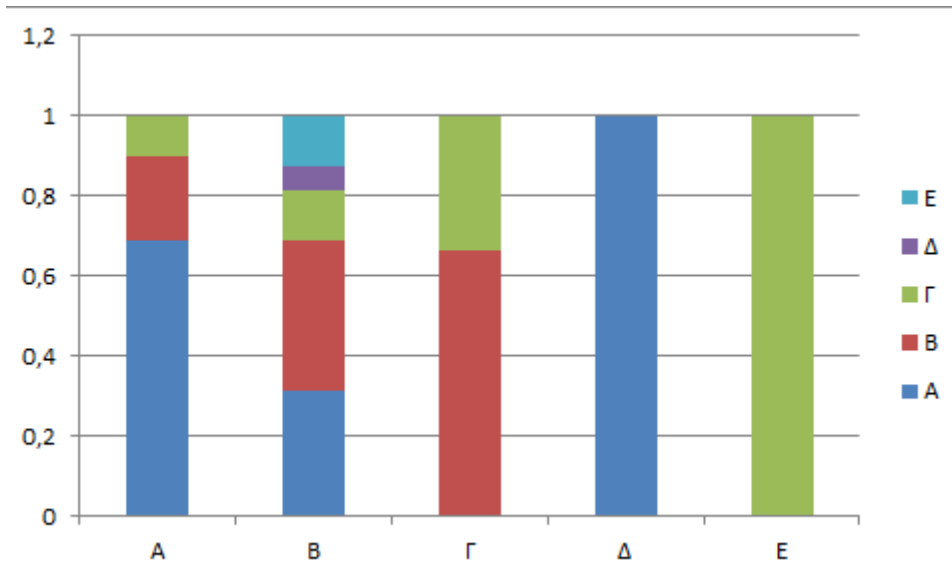
Διάγραμμα 4: Πιθανότητες Μετάβασης Puerto Deseado

Στον πίνακα 5 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Ely των ΗΠΑ από το τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,69	0,207	0,103	0	0
B	0,313	0,375	0,125	0,062	0,125
Γ	0	0,666	0,334	0	0
Δ	1	0	0	0	0
E	0	0	1	0	0

Πίνακας 5: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Ely των ΗΠΑ κλιματικού τύπου C από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.

Στο διάγραμμα 5 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Ely των ΗΠΑ κλιματικού τύπου C από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.



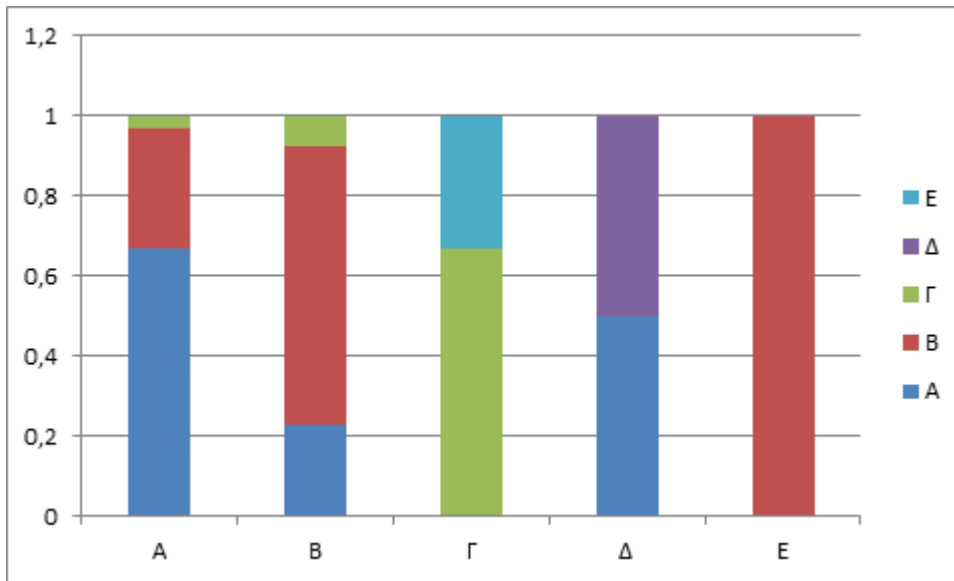
Διάγραμμα 5: Πιθανότητες Μετάβασης Ely

Στον πίνακα 6 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Trapani της Ιταλίας από το τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,667	0,3	0,033	0	0
B	0,230	0,694	0,076	0	0
Γ	0	0	0,667	0	0,333
Δ	0,5	0	0	0,5	0
E	0	1	0	0	0

Πίνακας 6: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Trapani της Ιταλίας από το τρίμηνο σε υδρολογικό έτος κλιματικού τύπου C

Στο διάγραμμα 6 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Trapani της Ιταλίας κλιματικού τύπου C από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.



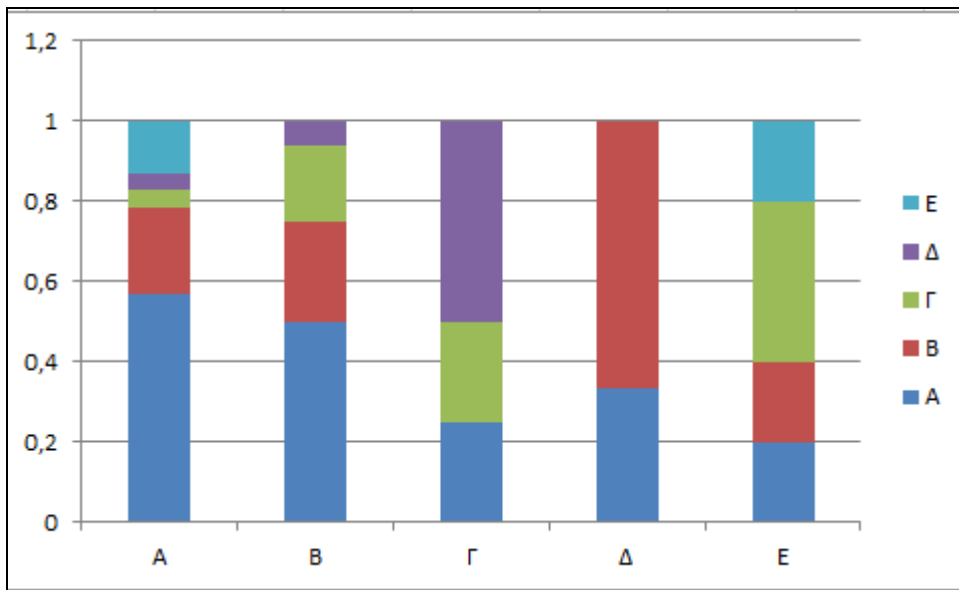
Διάγραμμα 6: Πιθανότητες Μετάβασης Trapani

Στον πίνακα 7 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Sault Ste Marie των ΗΠΑ από το τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,567	0,217	0,043	0,043	0,13
B	0,5	0,251	0,187	0,062	0
Γ	0,25	0	0,25	0,5	0
Δ	0,333	0,667	0	0	0
E	0,2	0,2	0,4	0	0,2

Πίνακας 7: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Sault Ste Marie των ΗΠΑ κλιματικού τύπου D από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος .

Στο διάγραμμα 7 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Sault Ste Marie των ΗΠΑ κλιματικού τύπου D από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.



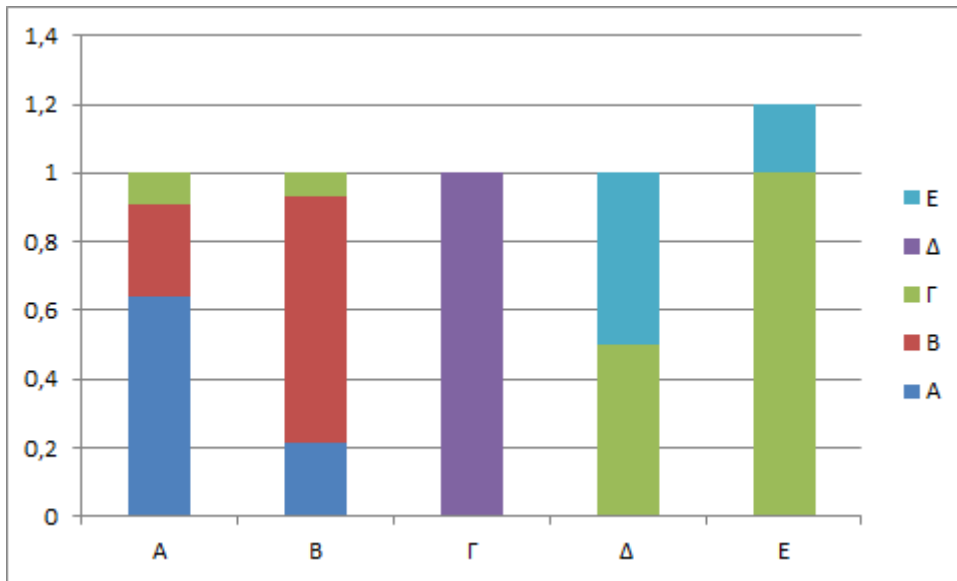
Διάγραμμα 7: Πιθανότητες Μετάβασης Sault Ste Marie

Στον πίνακα 8 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Orland της Νορβηγίας από το τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,638	0,272	0,09	0	0
B	0,214	0,715	0,071	0	0
Γ	0	0	0	1	0
Δ	0	0	0,5	0	0,5
E	0	0	1	0	0

Πίνακας 8: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Orland της Νορβηγίας κλιματικού τύπου D από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος .

Στο διάγραμμα 8 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Orland της Νορβηγίας κλιματικού τύπου D από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.



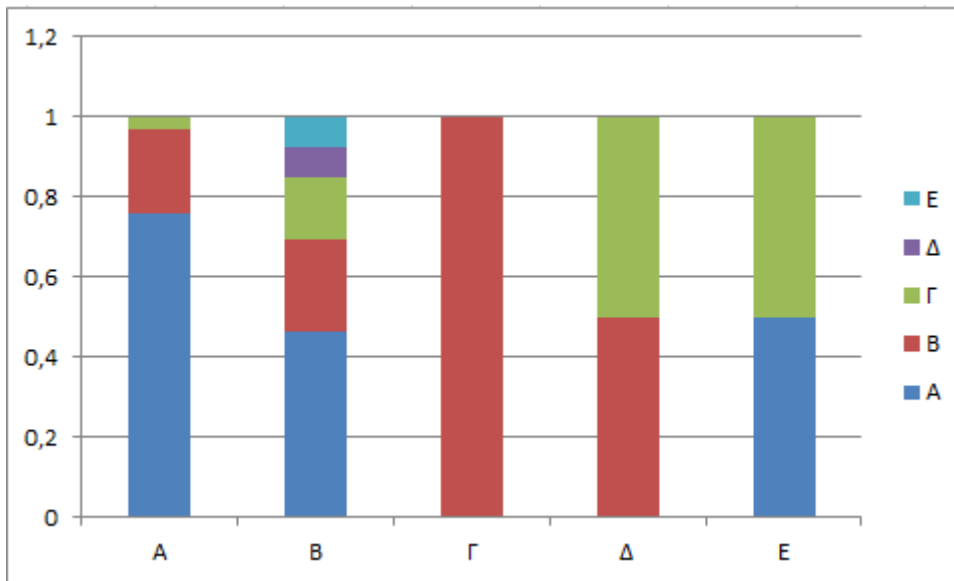
Διάγραμμα 8: Πιθανότητες Μετάβασης Orland

Στον πίνακα 9 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Cold Bay των ΗΠΑ από το τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	Ε
A	0,758	0,212	0,003	0	0
B	0,461	0,234	0,153	0,076	0,076
Γ	0	1	0	0	0
Δ	0	0,5	0,5	0	0
Ε	0,5	0	0,5	0	0

Πίνακας 9: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Cold Bay των ΗΠΑ κλιματικού τύπου E από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος .

Στο διάγραμμα 9 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Cold Bay των ΗΠΑ κλιματικού τύπου E από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.



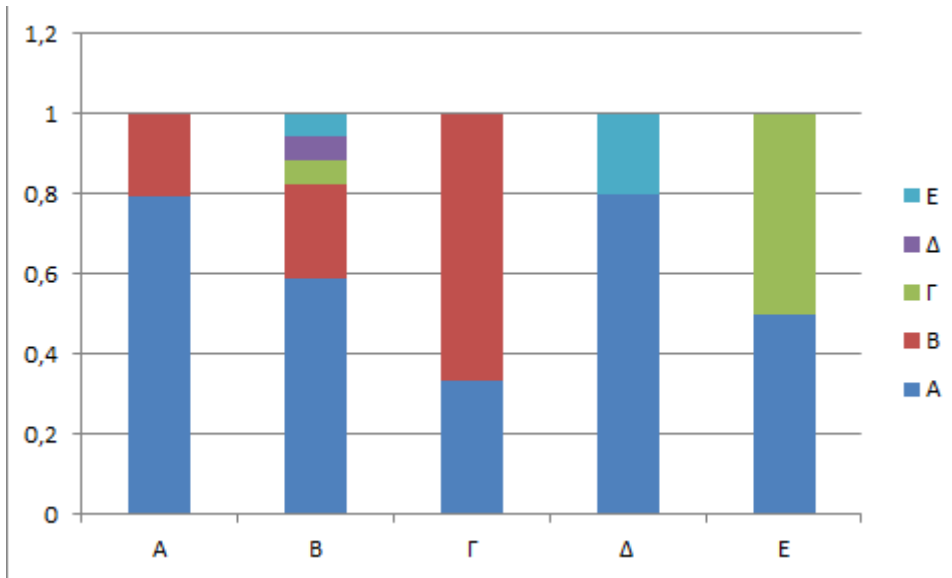
Διάγραμμα 9: Πιθανότητες Μετάβασης Cold Bay

Στον πίνακα 10 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό King Salmon των ΗΠΑ από το τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,792	0,208	0	0	0
B	0,588	0,238	0,058	0,058	0,058
Γ	0,333	0,667	0	0	0
Δ	0,8	0	0	0	0,2
E	0,5	0	0,5	0	0

Πίνακας 10: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό King Salmon των ΗΠΑ κλιματικού τύπου E από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος .

Στο διάγραμμα 10 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό King Salmon των ΗΠΑ κλιματικού τύπου Ε από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.



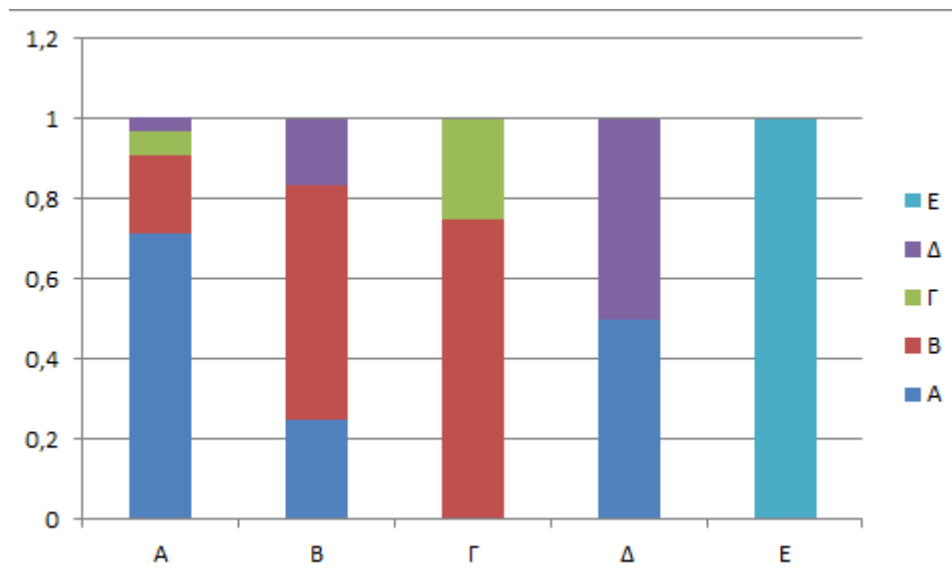
Διάγραμμα 10: Πιθανότητες Μετάβασης King Salmon

Στον πίνακα 11 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Shrinagar της Ινδίας από το τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,714	0,193	0,064	0,032	0
B	0,25	0,584	0	0,166	0
Γ	0	0,75	0,25	0	0
Δ	0,5	0	0	0,5	0
E	0	0	0	0	1

Πίνακας 11: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Shrinagar της Ινδίας κλιματικού τύπου Η από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.

Στο διάγραμμα 11 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Shrinagar της Ινδίας κλιματικού τύπου Η από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος .



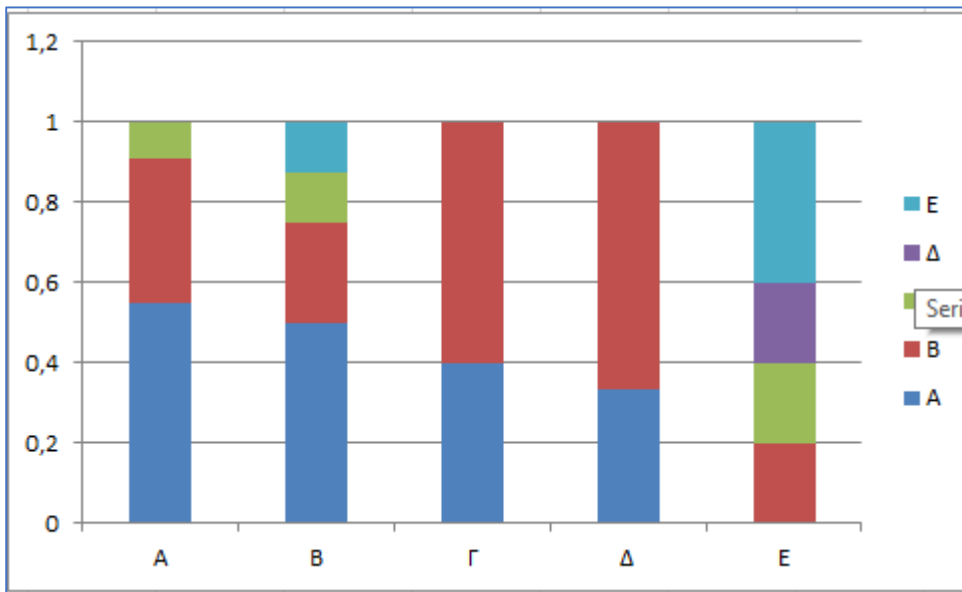
Διάγραμμα 11: Πιθανότητες Μετάβασης Shrinagar

Στον πίνακα 12 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Casper των ΗΠΑ από το τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	Ε
A	0,547	0,363	0,090	0	0
B	0,5	0,25	0,125	0	0,125
Γ	0,4	0,6	0	0	0
Δ	0,333	0,667	0	0	0
Ε	0	0,2	0,2	0,2	0,4

Πίνακας 12: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Casper των ΗΠΑ κλιματικού τύπου Η από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος .

Στο διάγραμμα 12 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων για τον σταθμό Casper των ΗΠΑ κλιματικού τύπου Η από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος .



Διάγραμμα 12: Πιθανότητες Μετάβασης Casper

Συγκεντρωτικός Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος

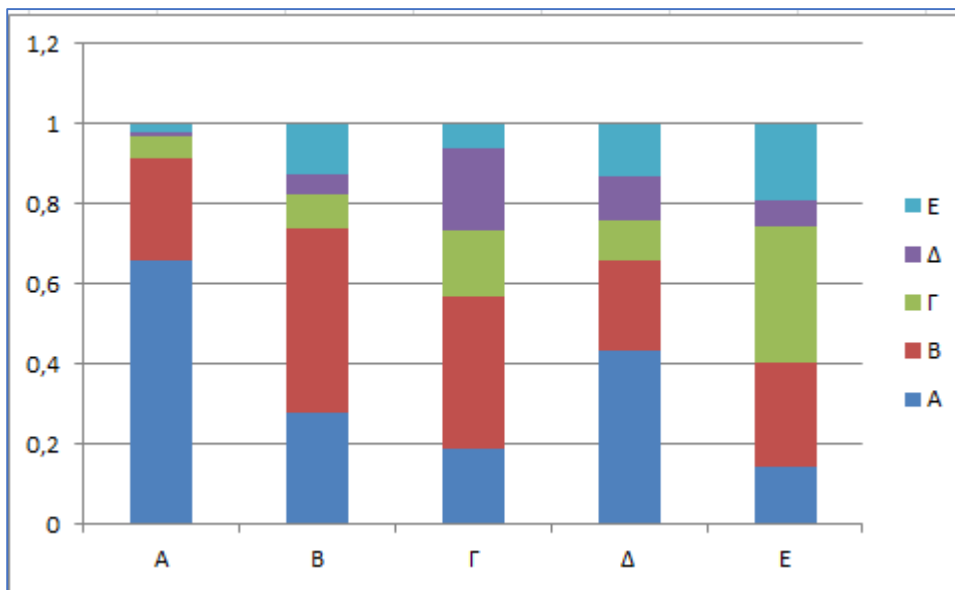
Στον συγκεντρωτικό πίνακα 1 βλέπουμε τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα πιθανοτήτων μετάβασης από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος όπως προέκυψαν από τους παραπάνω πίνακες 12 σταθμών.

	A	B	Γ	Δ	Ε
A	0,6593	0,25575	0,05291	0,0122	0,01984
B	0,2765	0,4644	0,0809	0,0525	0,1257
Γ	0,186	0,3819	0,1667	0,2041	0,0613
Δ	0,433	0,22366	0,1	0,1116	0,13174
Ε	0,14416	0,26083	0,3375	0,06583	0,19168

Συγκεντρωτικός Πίνακας 1: Αποτελέσματα πιθανοτήτων μετάβασης τριμήνου

Βάσει του συγκεντρωτικού πίνακα 1, συμπεραίνουμε πως είναι δύσκολο γνωρίζοντας την κατάσταση ξηρασίας στην οποία βρίσκεται ο σταθμός κατά το τρίμηνο να προβλέψουμε την κατάσταση ξηρασίας που θα βρίσκεται ο σταθμός στο πέρας του υδρολογικού έτους. Μπορούμε μόνο να έχουμε μια ένδειξη για το εάν θα βρεθεί σε κατάσταση ξηρασίας ή μη. Φυσικά αυτή η ένδειξη δεν είναι καθολική και βεβαίως σε κάθε περίπτωση δεν μπορούμε να ξέρουμε σε τι κατάσταση ξηρασίας θα βρεθεί. Μεγαλύτερη συσχέτιση πάντως, βλέπουμε στις καταστάσεις Α και Β, δηλαδή στις καταστάσεις όπου το πρώτο τρίμηνο είτε δεν έχουμε εμφάνιση ξηρασίας είτε έχουμε εμφάνιση ήπιας ξηρασίας. Στις περιπτώσεις αυτές βλέπουμε πως είναι πιθανότερο εάν βρισκόμαστε σε οποιαδήποτε από τις δυο να έρθει η ίδια ή η άλλη και όχι κάποια μορφή πιο έντονης ξηρασίας. Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε πως εάν ένας σταθμός για τους πρώτους μήνες δεν «πάσχει» από μέτρια, σοβαρή η ακραία ξηρασία τότε το πιθανότερο είναι πως δεν θα «πάσχει» ούτε στο τέλος του υδρολογικού έτους .

Το συγκεντρωτικό διάγραμμα 1 αντιστοιχεί στις τιμές του συγκεντρωτικού πίνακα 1.



Συγκεντρωτικό Διάγραμμα 1: Πιθανότητες Μετάβασης(Συγκεντρωτικά τρίμηνα)

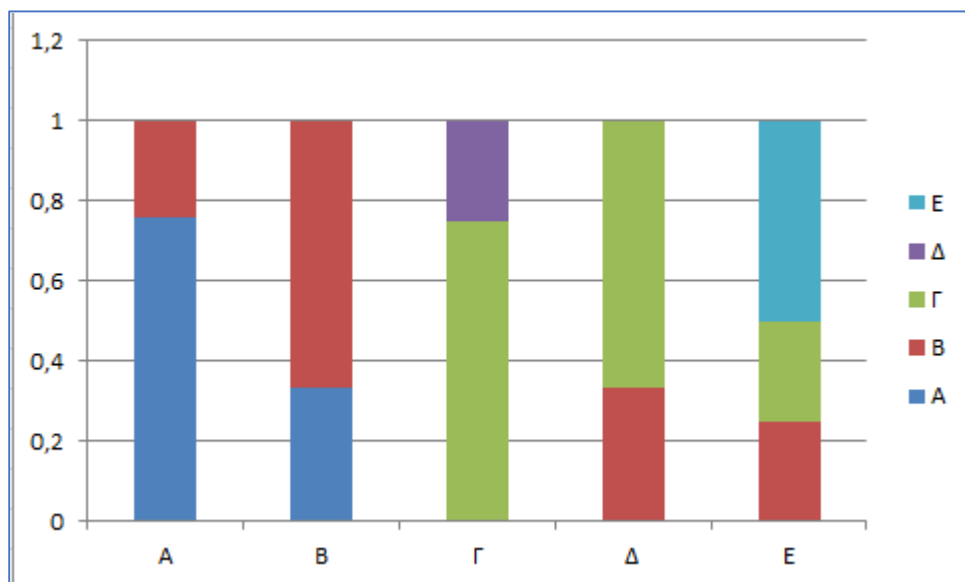
Πίνακες Πιθανοτήτων Μετάβασης από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος

Στον πίνακα 13 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Cotonou στο Μπενίν στην Αφρική από το εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,76	0,24	0	0	0
B	0,333	0,667	0	0	0
Γ	0	0	0,75	0,25	0
Δ	0	0,333	0,667	0	0
E	0	0,25	0,25	0	0,5

Πίνακας 13: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Cotonou Benin κλιματικού τύπου A από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.

Στο διάγραμμα 13 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Cotonou Benin κλιματικού τύπου A από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.



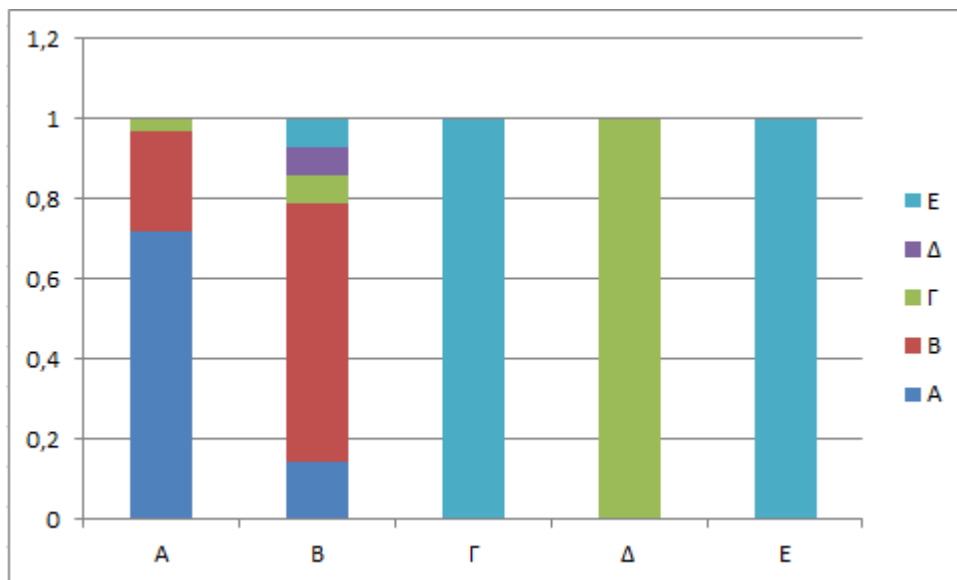
Διάγραμμα 13: Πιθανότητες Μετάβασης Cotonou εξάμηνο

Στον πίνακα 14 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Villavicencio από το εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	Ε
A	0,719	0,25	0,031	0	0
B	0,142	0,645	0,071	0,071	0,071
Γ	0	0	0	0	1
Δ	0	0	1	0	0
Ε	0	0	0	0	1

Πίνακας 14: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Villavicencio της Κολομβίας κλιματικού τύπου Α από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.

Στο διάγραμμα 14 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Villavicencio κλιματικού τύπου Α από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.



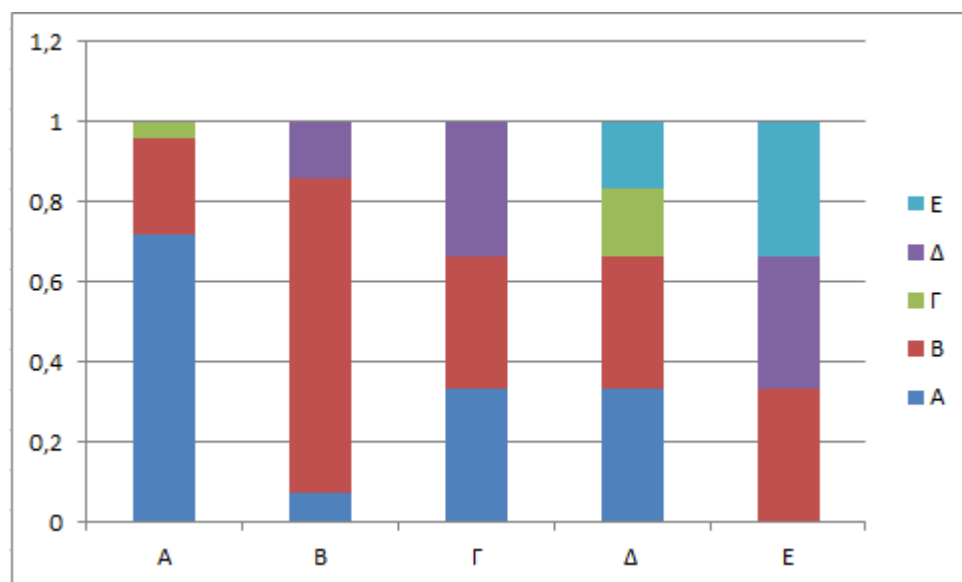
Διάγραμμα 14: Πιθανότητες Μετάβασης Villavicencio εξάμηνο

Στον πίνακα 15 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό *Rehujajo Aero* της Αργεντινής από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,72	0,24	0,04	0	0
B	0,071	0,787	0	0,142	0
Γ	0,333	0,333	0	0,334	0
Δ	0,333	0,333	0,167	0	0,167
E	0	0,333	0	0,333	0,334

*Πίνακας 15: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό *Rehujajo Aero* της Αργεντινής κλιματικού τύπου B από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.*

Στο διάγραμμα 15 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό *Rehujajo Aero* της Αργεντινής κλιματικού τύπου B από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.



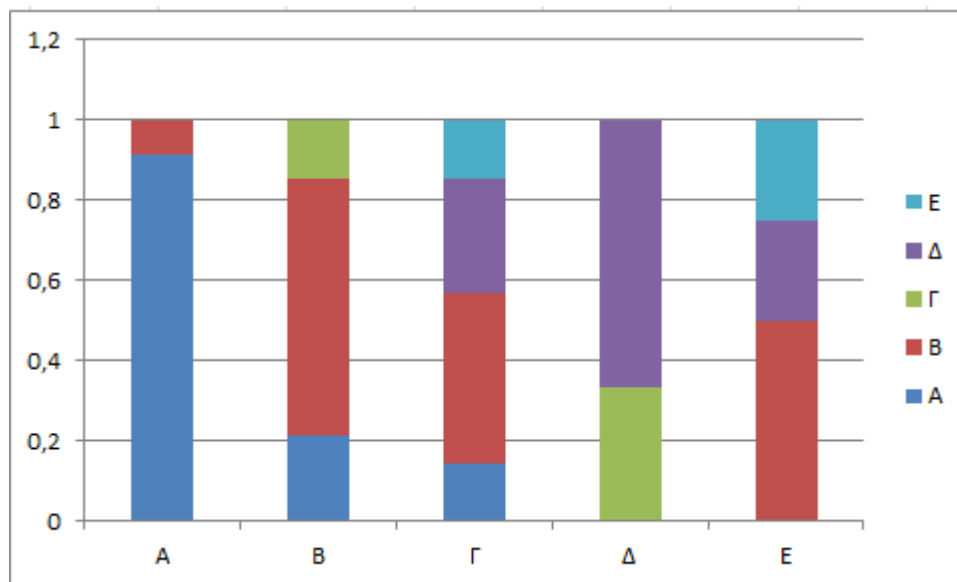
*Διάγραμμα 15: Πιθανότητες Μετάβασης *Rehujajo* εξάμηνο*

Στον πίνακα 16 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Puerto Deseado της Αργεντινής από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,914	0,086	0	0	0
B	0,214	0,642	0,142	0	0
Γ	0,142	0,428	0	0,285	0,145
Δ	0	0	0,333	0,667	0
E	0	0,5	0	0,25	0,25

Πίνακας 16: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Puerto Deseado της Αργεντινής κλιματικού τύπου B από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.

Στο διάγραμμα 16 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Puerto Deseado της Αργεντινής κλιματικού τύπου B από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.



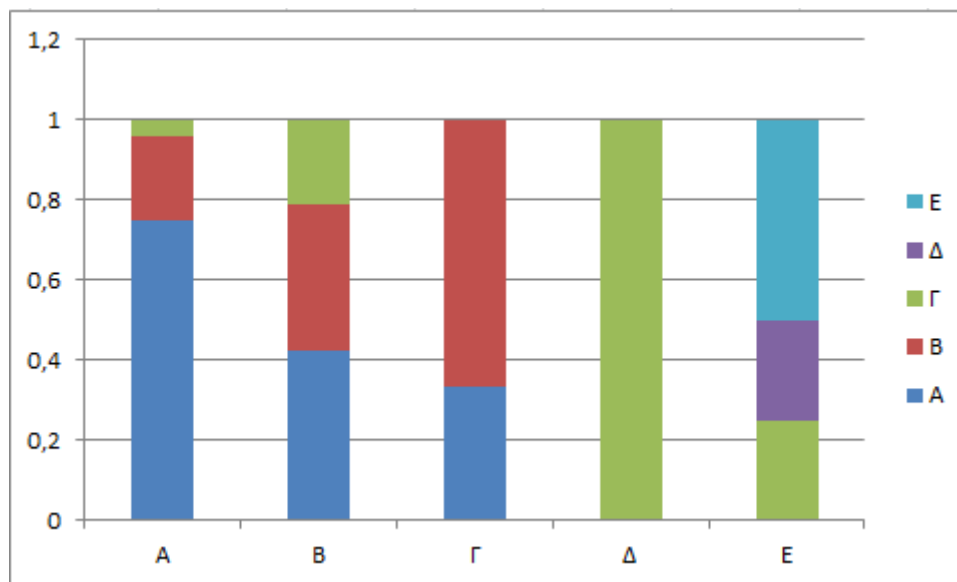
Διάγραμμα 16: Πιθανότητες Μετάβασης Puerto Deseado εξάμηνο

Στον πίνακα 17 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Ely των ΗΠΑ από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,751	0,208	0,041	0	0
B	0,421	0,369	0,210	0	0
Γ	0,333	0,667	0	0	0
Δ	0	0	1	0	0
E	0	0	0,25	0,25	0,5

Πίνακας 17: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Ely των ΗΠΑ κλιματικού τύπου C από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος .

Στο διάγραμμα 17 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Ely των ΗΠΑ κλιματικού τύπου C από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.



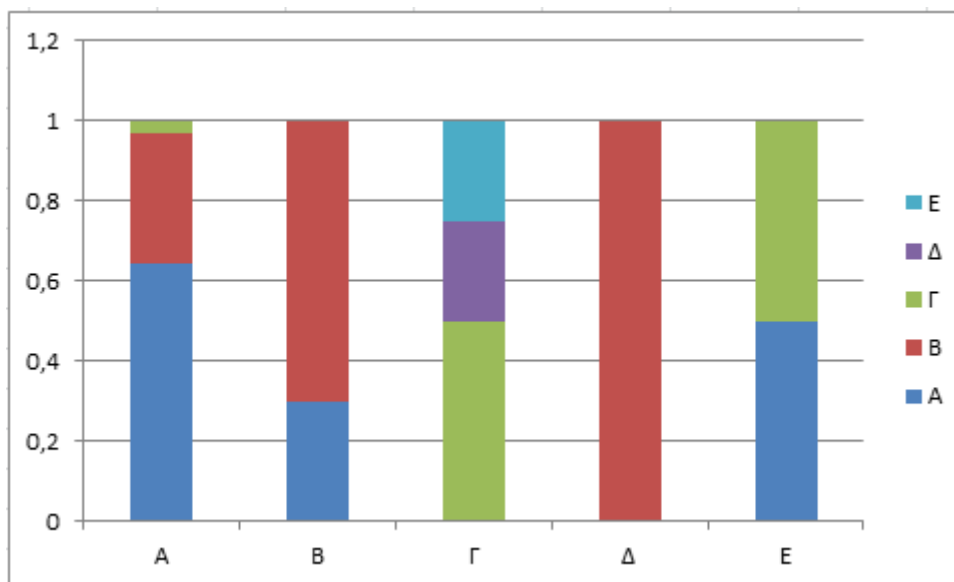
Διάγραμμα 17: Πιθανότητες Μετάβασης Ely

Στον πίνακα 18 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Τραπανί της Ιταλίας από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,646	0,322	0,032	0	0
B	0,3	0,7	0	0	0
Γ	0	0	0,5	0,25	0,25
Δ	0	1	0	0	0
E	0,5	0	0,5	0	0

Πίνακας 18: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Τραπανί της Ιταλίας από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος κλιματικού τύπου C

Στο διάγραμμα 18 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Τραπανί της Ιταλίας κλιματικού τύπου C από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.



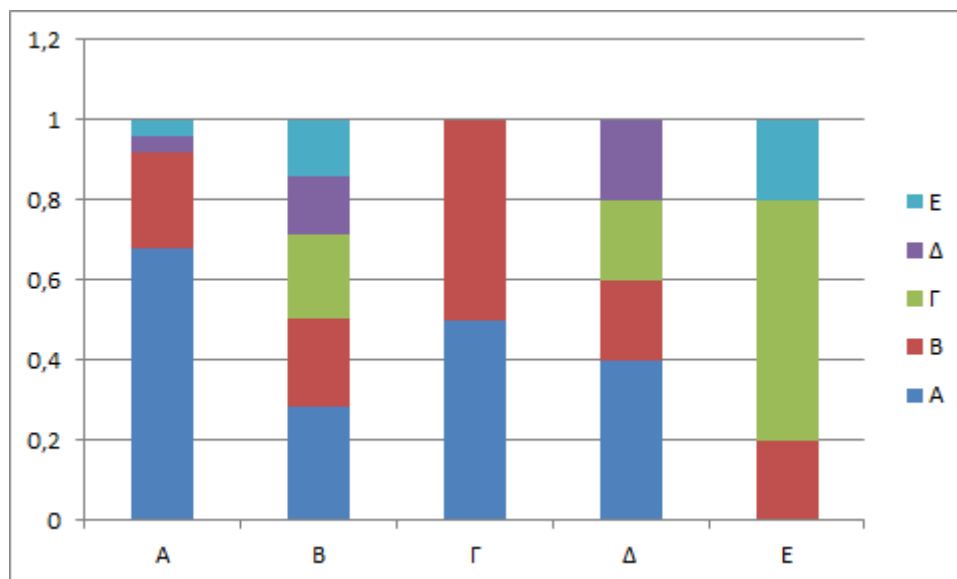
Διάγραμμα 18: Πιθανότητες Μετάβασης Τραπανί εξάμηνο

Στον πίνακα 19 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Sault Ste Marie των ΗΠΑ από το εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,68	0,24	0	0,04	0,04
B	0,285	0,217	0,214	0,142	0,142
Γ	0,5	0,5	0	0	0
Δ	0,4	0,2	0,2	0,2	0
E	0	0,2	0,6	0	0,2

Πίνακας 19: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Sault Ste Marie των ΗΠΑ κλιματικού τύπου D από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος .

Στο διάγραμμα 19 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Sault Ste Marie των ΗΠΑ κλιματικού τύπου D από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.



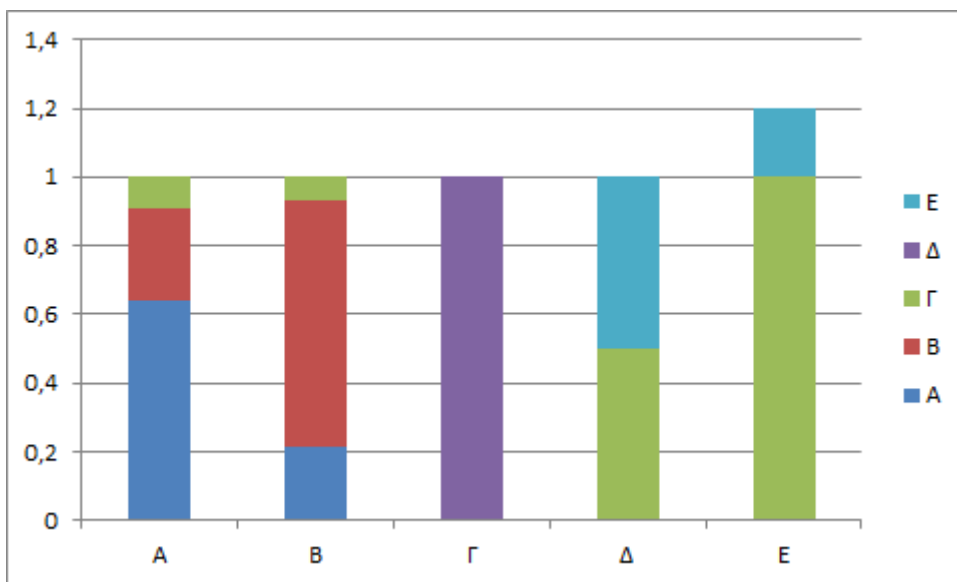
Διάγραμμα 19: Πιθανότητες Μετάβασης Sault Ste Marie εξάμηνο

Στον πίνακα 20 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Orland της Νορβηγίας από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,614	0,290	0,096	0	0
B	0,384	0,540	0,076	0	0
Γ	0	1	0	0	0
Δ	0	0	0,333	0,334	0,333
E	0	0	1	0	0

Πίνακας 20: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Orland της Νορβηγίας κλιματικού τύπου D από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος .

Στο διάγραμμα 20 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Orland της Νορβηγίας κλιματικού τύπου D από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.



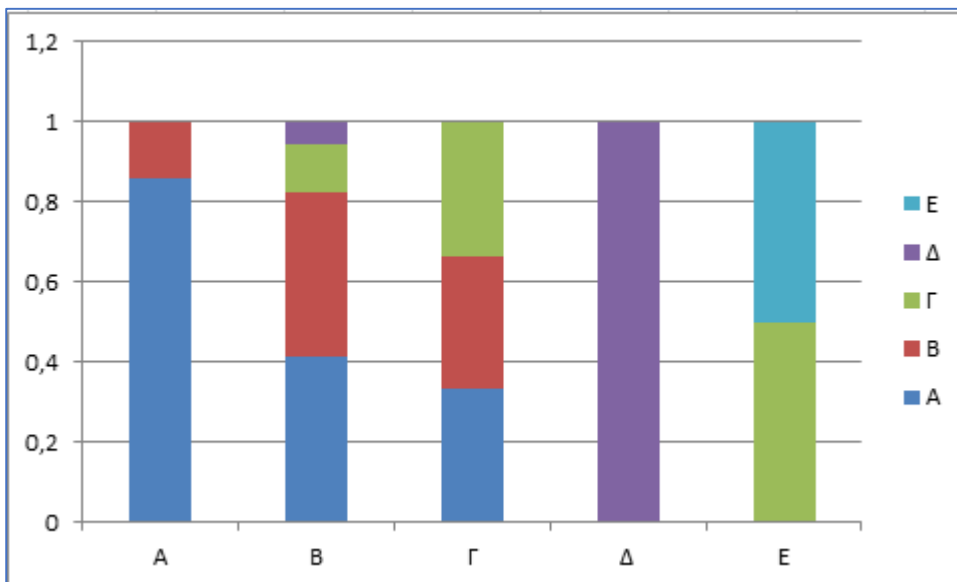
Διάγραμμα 20: Πιθανότητες Μετάβασης Orland εξάμηνο

Στον πίνακα 21 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Cold Bay των ΗΠΑ από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,858	0,142	0	0	0
B	0,411	0,414	0,117	0,058	0
Γ	0,333	0,333	0,334	0,333	0
Δ	0	0	0	1	0
E	0	0	0,5	0	0,5

Πίνακας 21: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Cold Bay των ΗΠΑ κλιματικού τύπου E από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος .

Στο διάγραμμα 21 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Cold Bay των ΗΠΑ κλιματικού τύπου E από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.



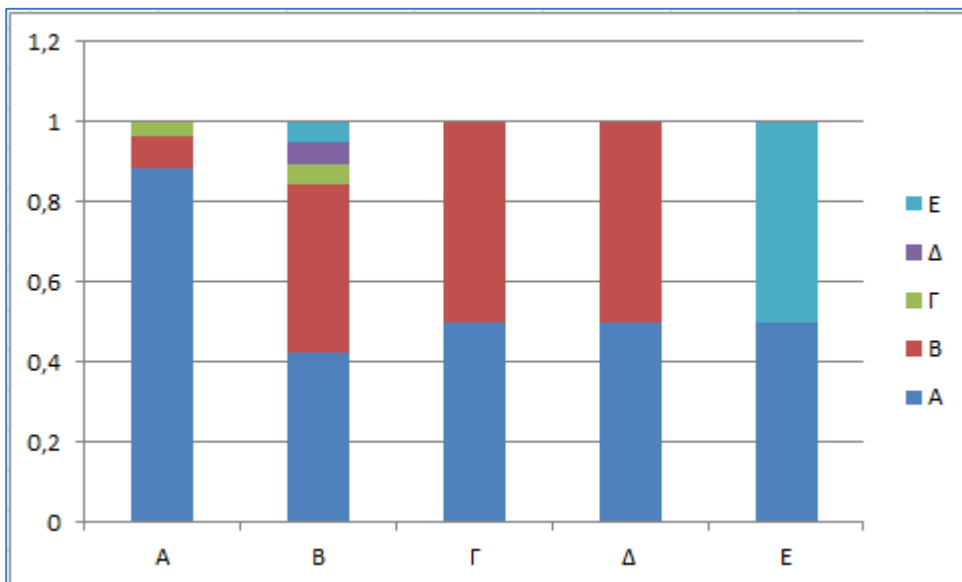
Διάγραμμα 21: Πιθανότητες Μετάβασης Cold Bay εξάμηνο

Στον πίνακα 22 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό King Salmon των ΗΠΑ από το εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	Ε
A	0,886	0,076	0,038	0	0
B	0,421	0,423	0,052	0,052	0,052
Γ	0,5	0	0,5	0	0
Δ	0,5	0,5	0	0	0
Ε	0,5	0	0	0	0,5

Πίνακας 22: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό King Salmon των ΗΠΑ κλιματικού τύπου Ε από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος .

Στο διάγραμμα 22 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό King Salmon των ΗΠΑ κλιματικού τύπου Ε από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.



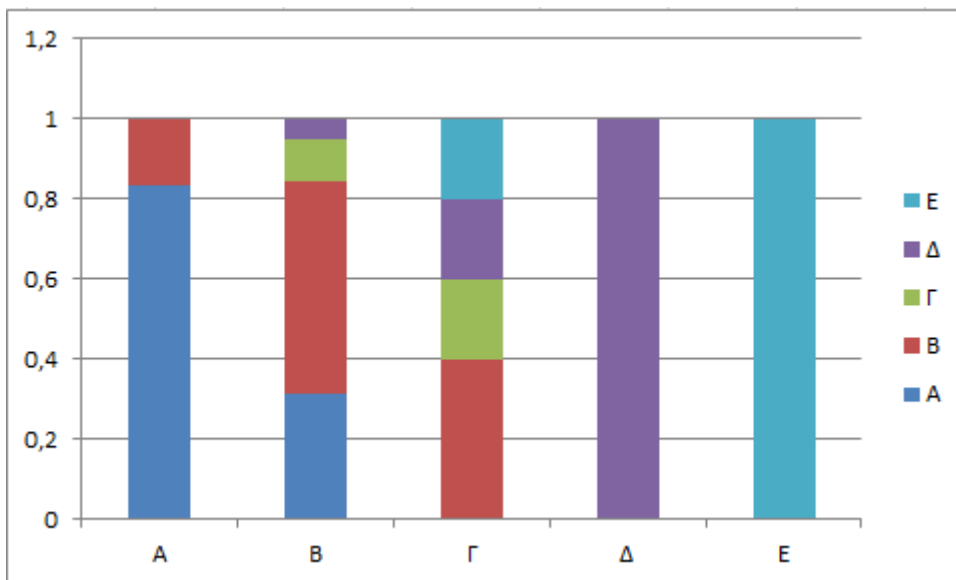
Διάγραμμα 22: Πιθανότητες Μετάβασης King Salmon εξάμηνο

Στον πίνακα 23 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Shrinagar της Ινδίας από το τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,834	0,166	0	0	0
B	0,315	0,528	0,105	0,052	0
Γ	0	0,4	0,2	0,2	0,2
Δ	0	0	0	1	0
E	0	0	0	0	1

Πίνακας 23: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Shrinagar της Ινδίας κλιματικού τύπου Η από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.

Στο διάγραμμα 23 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Shrinagar της Ινδίας κλιματικού τύπου Η από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος .



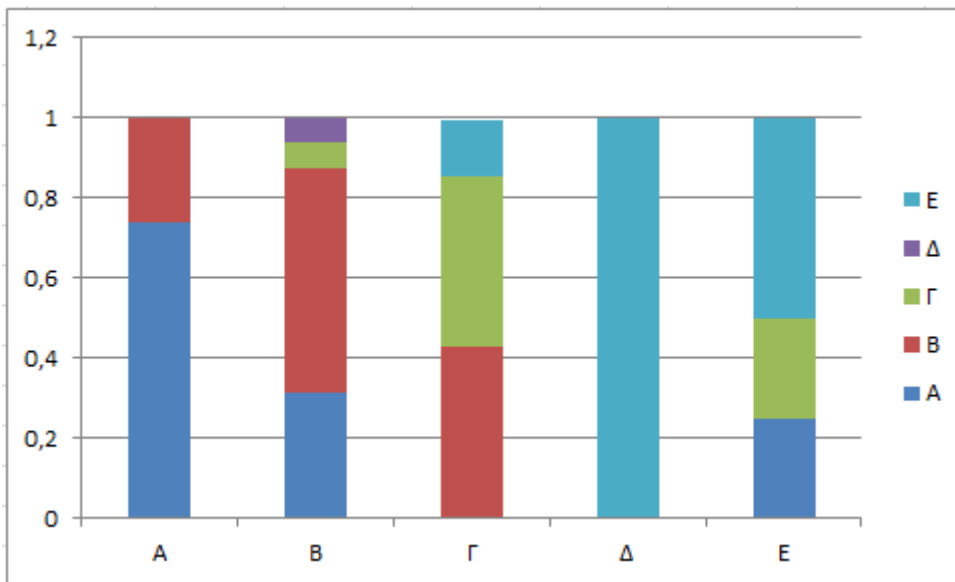
Διάγραμμα 23: Πιθανότητες Μετάβασης Shrinagar εξάμηνο

Στον πίνακα 24 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Casper των ΗΠΑ από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,740	0,260	0	0	0
B	0,312	0,564	0,062	0,062	0
Γ	0	0,428	0,428	0	0,14
Δ	0	0	0	0	1
E	0,25	0	0,25	0	0,5

Πίνακας 24: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Casper των ΗΠΑ κλιματικού τύπου Η από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος .

Στο διάγραμμα 24 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων για τον σταθμό Casper των ΗΠΑ κλιματικού τύπου Η από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος .



Διάγραμμα 24: Πιθανότητες Μετάβασης Casper εξάμηνο

Συγκεντρωτικός Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης από εξάμηνο σε υδρολογικό έτος

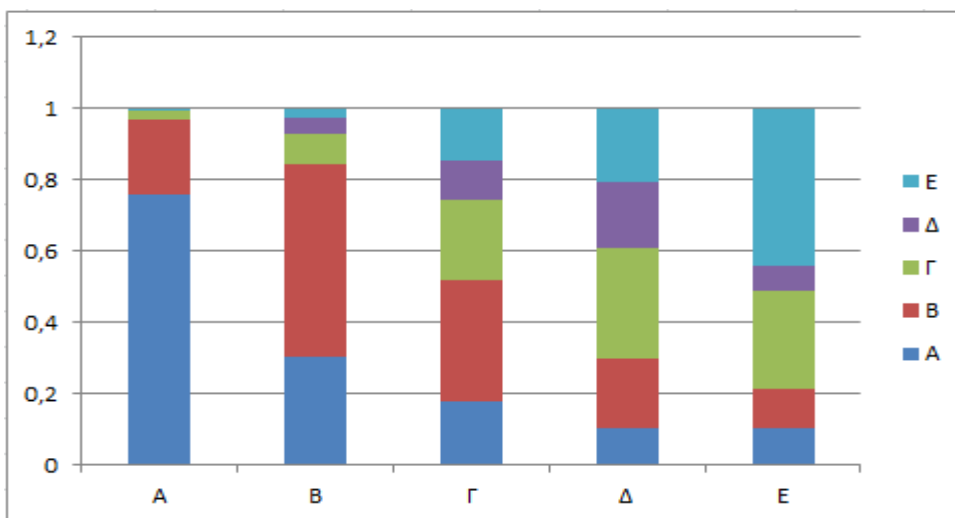
Στον συγκεντρωτικό πίνακα 2 βλέπουμε τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα πιθανοτήτων μετάβασης από τρίμηνο σε υδρολογικό έτος όπως προέκυψαν από τους παραπάνω πίνακες 12 σταθμών.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,7595	0,21	0,023	0,0033	0,0042
B	0,30081	0,54133	0,08741	0,04308	0,02737
Γ	0,17841	0,34075	0,226	0,10991	0,14493
Δ	0,10275	0,197166	0,30833	0,183416	0,208338
E	0,104166	0,106916	0,279166	0,069416	0,440336

Συγκεντρωτικός Πίνακας 2: Αποτελέσματα πιθανοτήτων μετάβασης εξαμήνου

Βάσει του συγκεντρωτικού πίνακα 2, συμπεραίνουμε γνωρίζοντας την κατάσταση ξηρασίας στην οποία βρίσκεται ο σταθμός κατά το εξάμηνο μπορούμε ευκολότερα να προβλέψουμε την κατάσταση ξηρασίας που θα βρίσκεται ο σταθμός στο πέρας του υδρολογικού έτους, από ότι στο τρίμηνο. Βλέπουμε παρόλानτα πως και πάλι εάν βρισκόμαστε στις καταστάσεις A, B ή και E τότε οι αντίστοιχες ίδιες καταστάσεις για το τέλος του έτους είναι οι πιο πιθανές. Αντίθετα, εάν βρισκόμαστε σε μια από τις καταστάσεις Γ ή Δ, δηλαδή μέτρια ή σοβαρή ξηρασία, η πιθανότητα μοιράζεται σε όλες τις καταστάσεις. Από την κατάσταση ακραίας ξηρασίας είναι σχετικά απίθανο να βρεθούμε σε κατάσταση μη ξηρασίας και σαφώς ισχύει και το αντίστροφο.

Το συγκεντρωτικό διάγραμμα 2 αντιστοιχεί στις τιμές του συγκεντρωτικού πίνακα 2.



Συγκεντρωτικό Διάγραμμα 2: Πιθανότητες Μετάβασης (Συγκεντρωτικά εξαμήνου)

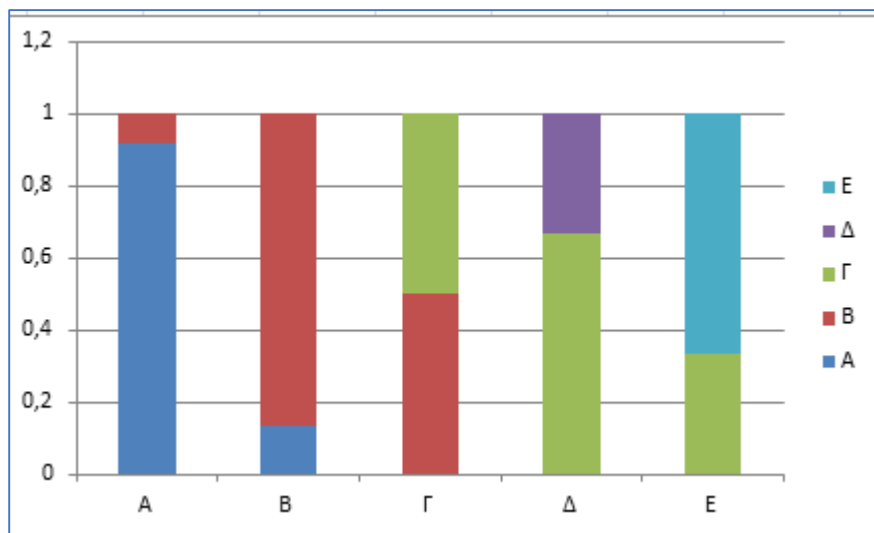
Πίνακες Πιθανοτήτων Μετάβασης από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος

Στον πίνακα 25 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Cotonou στο Μπενίν στην Αφρική από το τρίμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,917	0,083	0	0	0
B	0,133	0,867	0	0	0
Γ	0	0,5	0,5	0	0
Δ	0	0	0,666	0,334	0
E	0	0	0,333	0	0,667

Πίνακας 25: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Cotonou Benin κλιματικού τύπου A από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.

Στο διάγραμμα 25 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Cotonou Benin κλιματικού τύπου A από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.



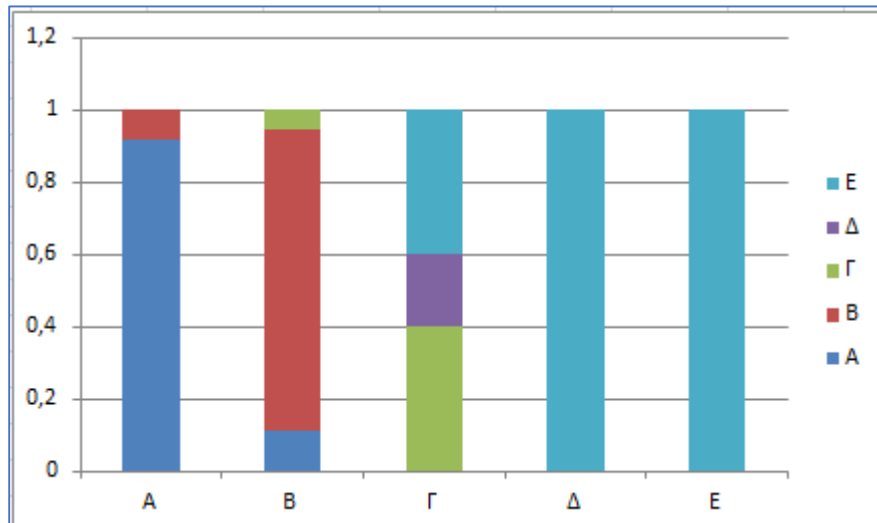
Διάγραμμα 25: Πιθανότητες Μετάβασης Cotonou, εννιάμηνο

Στον πίνακα 26 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Villavicencio από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,92	0,08	0	0	0
B	0,111	0,834	0,055	0	0
Γ	0	0	0,4	0,2	0,4
Δ	0	0	0	0	1
E	0	0	0	0	1

Πίνακας 26: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Villavicencio της Κολομβίας κλιματικού τύπου A από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.

Στο διάγραμμα 26 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Villavicencio κλιματικού τύπου A από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.



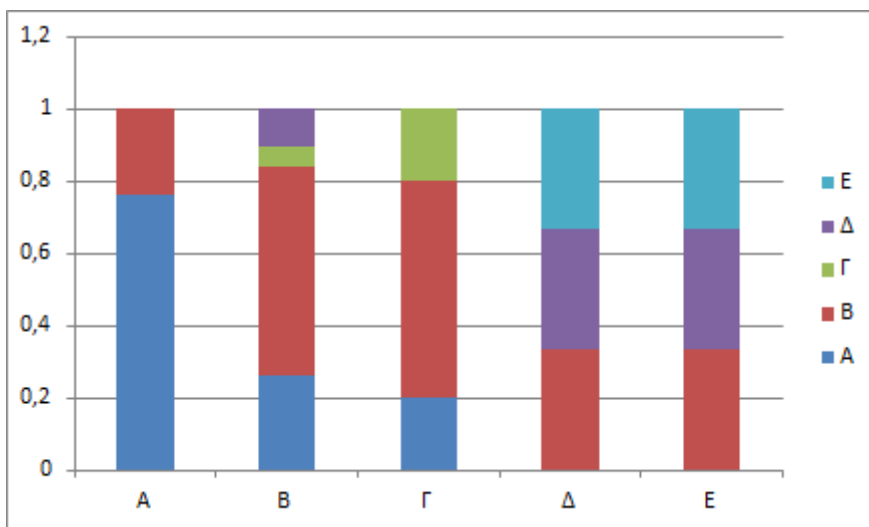
Διάγραμμα 26: Πιθανότητες Μετάβασης Villavicencio, εννιάμηνο

Στον πίνακα 27 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό *Rehuajo Aero* της Αργεντινής από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,762	0,238	0	0	0
B	0,263	0,580	0,052	0,105	0
Γ	0,2	0,6	0,2	0	0
Δ	0	0,333	0	0,334	0,333
E	0	0,333	0	0,333	0,334

*Πίνακας 27: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό *Rehuajo Aero* της Αργεντινής κλιματικού τύπου B από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.*

Στο διάγραμμα 27 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό *Rehuajo Aero* της Αργεντινής κλιματικού τύπου B από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.



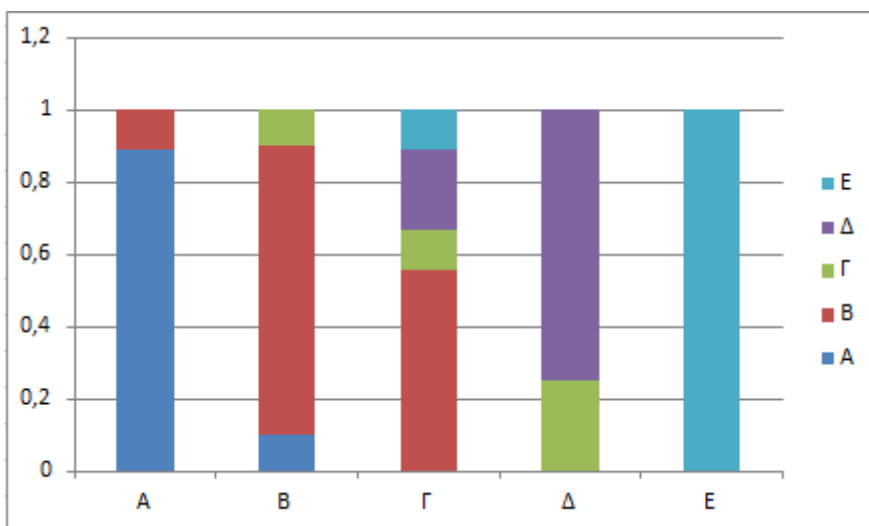
*Διάγραμμα 27: Πιθανότητες Μετάβασης *Rehuajo Aero*, εννιάμηνο*

Στον πίνακα 28 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Puerto Deseado της Αργεντινής από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,889	0,111	0	0	0
B	0,1	0,8	0,1	0	0
Γ	0	0,556	0,111	0,222	0,111
Δ	0	0	0,25	0,75	0
E	0	0	0	0	1

Πίνακας 28: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Puerto Deseado της Αργεντινής κλιματικού τύπου B από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.

Στο διάγραμμα 28 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Puerto Deseado της Αργεντινής κλιματικού τύπου B από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.



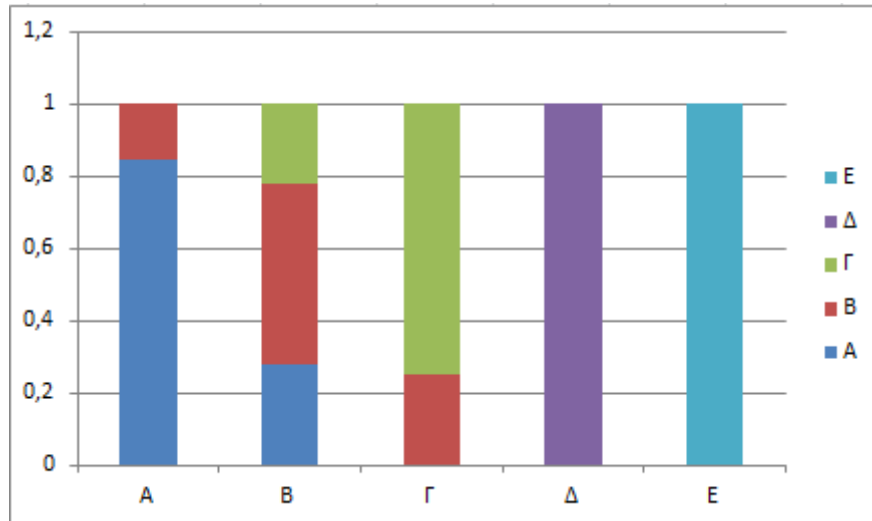
Διάγραμμα 28: Πιθανότητες Μετάβασης Puerto Deseado, εννιάμηνο

Στον πίνακα 29 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Ely των ΗΠΑ από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,847	0,153	0	0	0
B	0,277	0,501	0,222	0	0
Γ	0	0,25	0,75	0	0
Δ	0	0	0	1	0
E	0	0	0	0	1

Πίνακας 29: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Ely των ΗΠΑ κλιματικού τύπου C από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.

Στο διάγραμμα 29 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Ely των ΗΠΑ κλιματικού τύπου C από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.



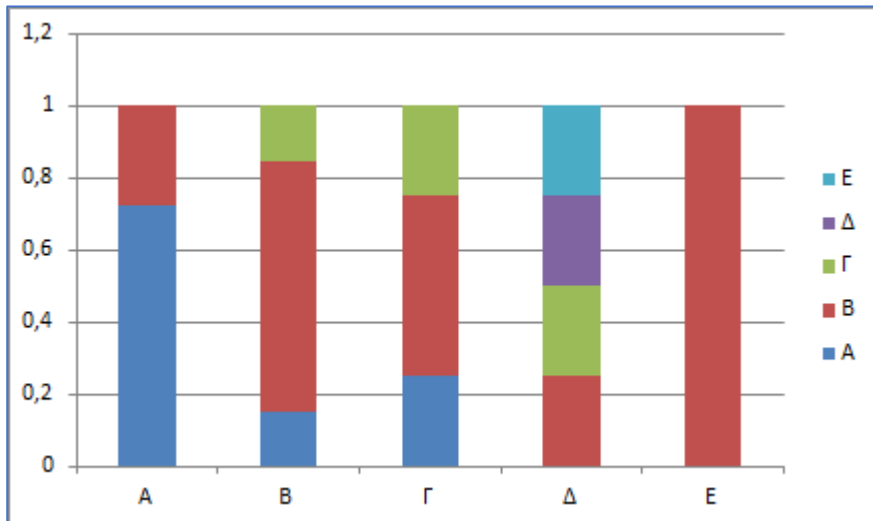
Διάγραμμα 29: Πιθανότητες Μετάβασης Ely εννιάμηνο

Στον πίνακα 30 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Trapani της Ιταλίας από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,725	0,275	0	0	0
B	0,153	0,694	0,153	0	0
Γ	0,25	0,5	0,25	0	0
Δ	0	0,25	0,25	0,25	0,25
E	0	1	0	0	0

Πίνακας 30: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Trapani της Ιταλίας από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος κλιματικού τύπου C

Στο διάγραμμα 30 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Trapani της Ιταλίας κλιματικού τύπου C από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.



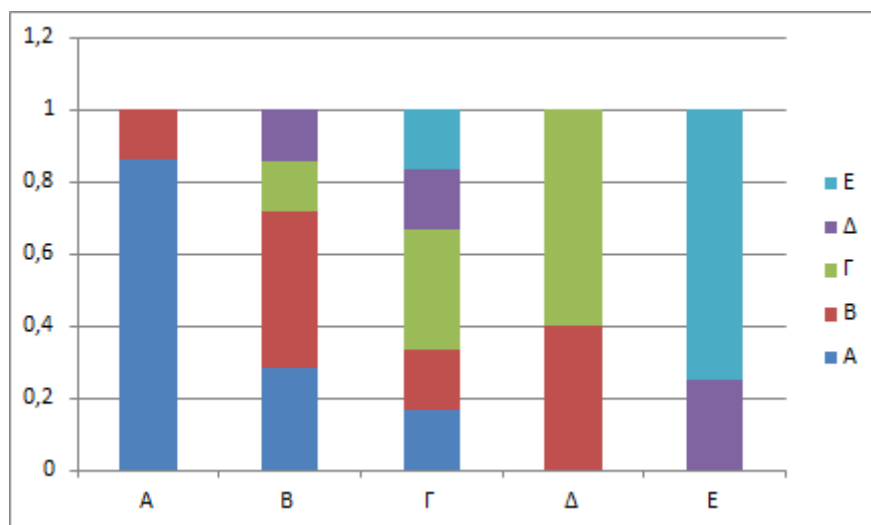
Διάγραμμα 30: Πιθανότητες Μετάβασης Trapani εννιάμηνο

Στον πίνακα 31 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Sault Ste Marie των ΗΠΑ από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,864	0,136	0	0	0
B	0,285	0,431	0,142	0,142	0
Γ	0,166	0,166	0,336	0,166	0,166
Δ	0	0,4	0,6	0	0
E	0	0	0	0,25	0,75

Πίνακας 31: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Sault Ste Marie των ΗΠΑ κλιματικού τύπου D από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος .

Στο διάγραμμα 31 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Sault Ste Marie των ΗΠΑ κλιματικού τύπου D από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.



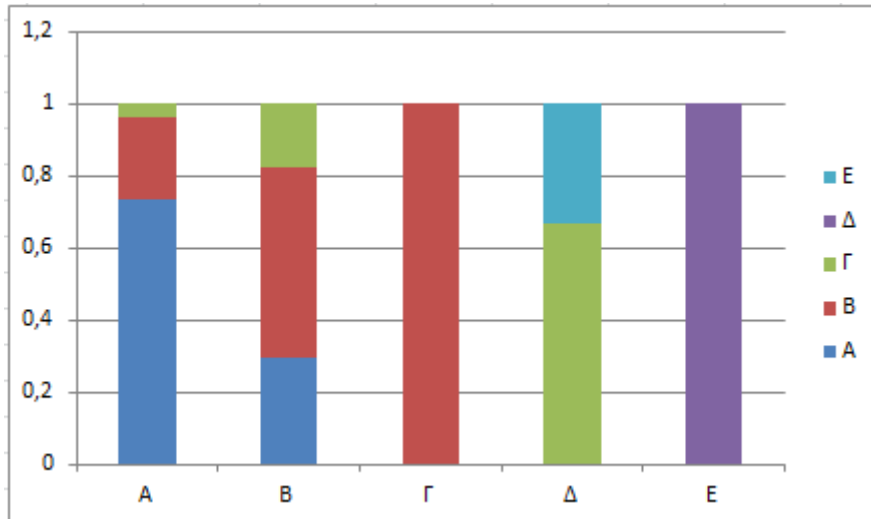
Διάγραμμα 31: Πιθανότητες Μετάβασης Sault Ste Marie, εννιάμηνο

Στον πίνακα 32 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Orland της Νορβηγίας από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,732	0,230	0,038	0	0
B	0,294	0,530	0,176	0	0
Γ	0	1	0	0	0
Δ	0	0	0,667	0	0,333
E	0	0	0	1	0

Πίνακας 32: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Orland της Νορβηγίας κλιματικού τύπου D από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος .

Στο διάγραμμα 32 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Orland της Νορβηγίας κλιματικού τύπου D από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.



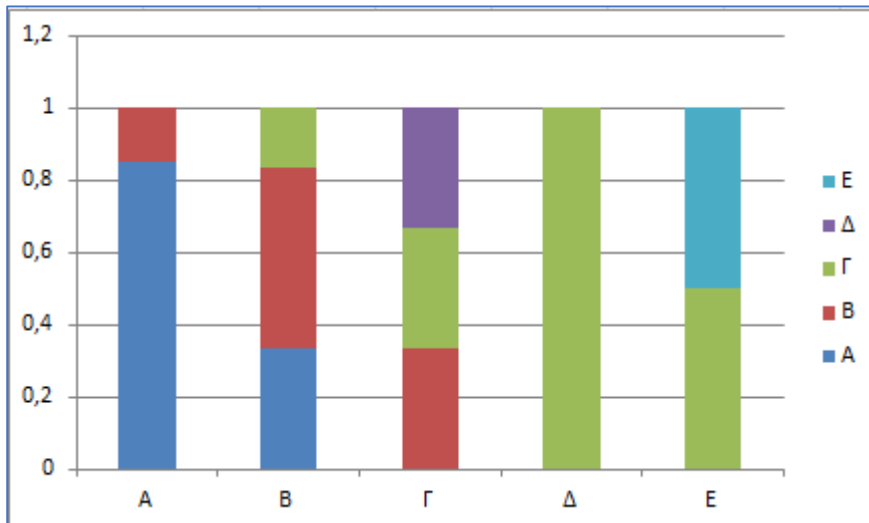
Διάγραμμα 32: Πιθανότητες Μετάβασης Orland, εννιάμηνο

Στον πίνακα 33 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Cold Bay των ΗΠΑ από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,849	0,151	0	0	0
B	0,333	0,501	0,166	0	0
Γ	0	0,333	0,334	0,333	0
Δ	0	0	1	0	0
E	0	0	0,5	0	0,5

Πίνακας 33: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Cold Bay των ΗΠΑ κλιματικού τύπου E από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος .

Στο διάγραμμα 33 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Cold Bay των ΗΠΑ κλιματικού τύπου E από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.



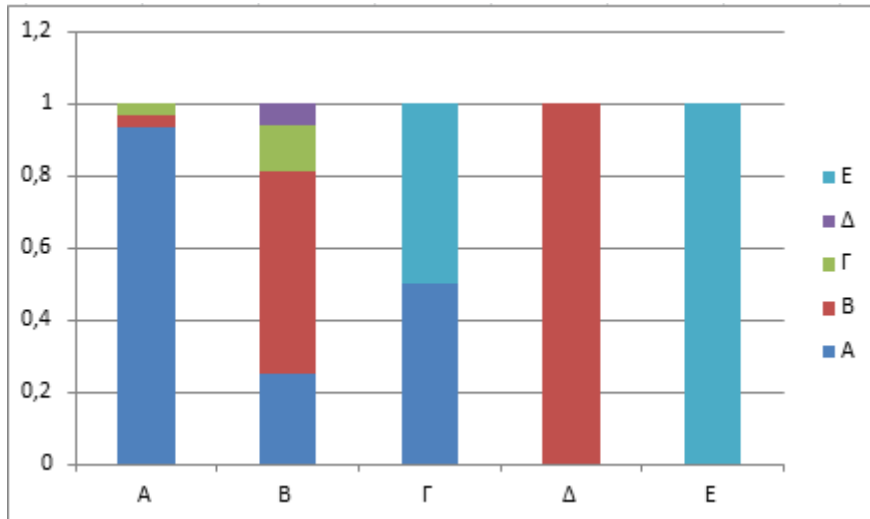
Διάγραμμα 33: Πιθανότητες Μετάβασης Cold Bay, εννιάμηνο

Στον πίνακα 34 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό King Salmon των ΗΠΑ από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,936	0,032	0,032	0	0
B	0,25	0,563	0,125	0,062	0
Γ	0,5	0	0	0	0,5
Δ	0	1	0	0	0
E	0	0	0	0	1

Πίνακας 34: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό King Salmon των ΗΠΑ κλιματικού τύπου E από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος .

Στο διάγραμμα 34 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό King Salmon των ΗΠΑ κλιματικού τύπου E από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.



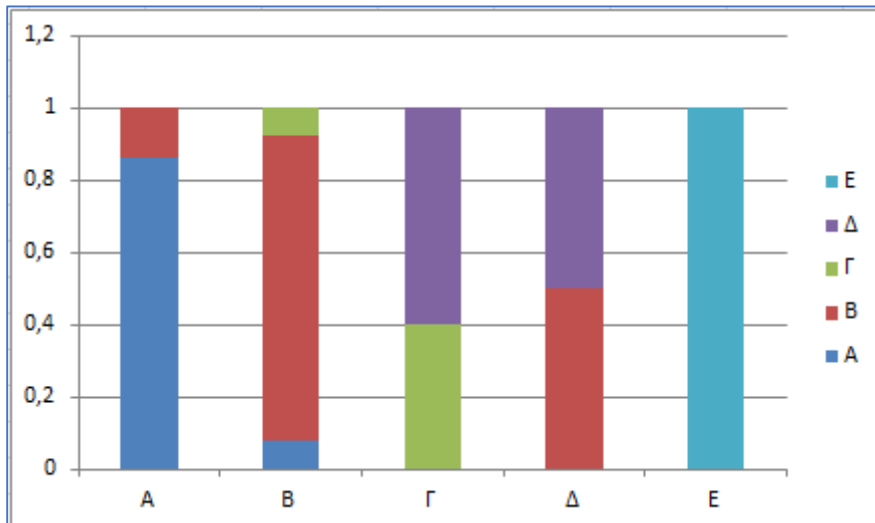
Διάγραμμα 34: Πιθανότητες Μετάβασης King Salmon, εννιάμηνο

Στον πίνακα 35 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Shrinagar της Ινδίας από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,863	0,137	0	0	0
B	0,076	0,848	0,076	0	0
Γ	0	0	0,4	0,6	0
Δ	0	0,5	0	0,5	0
E	0	0	0	0	1

Πίνακας 35: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Shrinagar της Ινδίας κλιματικού τύπου Η από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.

Στο διάγραμμα 35 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης για τον σταθμό Shrinagar της Ινδίας κλιματικού τύπου Η από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος .



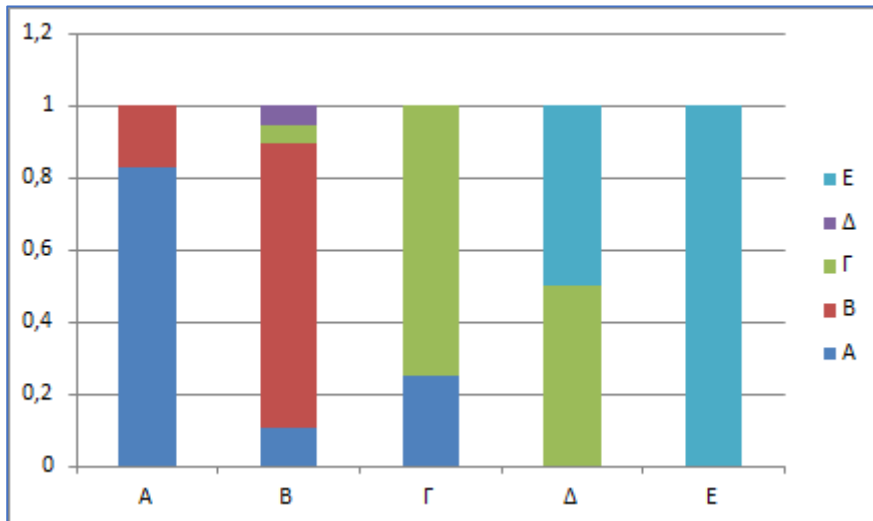
Διάγραμμα 35: Πιθανότητες Μετάβασης Shrinagar, εννιάμηνο

Στον πίνακα 36 παρατίθεται ο πίνακας με τις πιθανότητες μετάβασης για τον σταθμό Casper των ΗΠΑ από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος.

	A	B	Γ	Δ	Ε
A	0,827	0,173	0	0	0
B	0,105	0,791	0,052	0,052	0
Γ	0,25	0	0,75	0	0
Δ	0	0	0,5	0	0,5
Ε	0	0	0	0	1

Πίνακας 36: Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης για τον σταθμό Casper των ΗΠΑ κλιματικού τύπου Η από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος .

Στο διάγραμμα 36 παρουσιάζεται το διάγραμμα πιθανοτήτων για τον σταθμό Casper των ΗΠΑ κλιματικού τύπου Η από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος .



Διάγραμμα 36: Πιθανότητες Μετάβασης Casper, εννιάμηνο

Συγκεντρωτικός Πίνακας Πιθανοτήτων Μετάβασης από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος

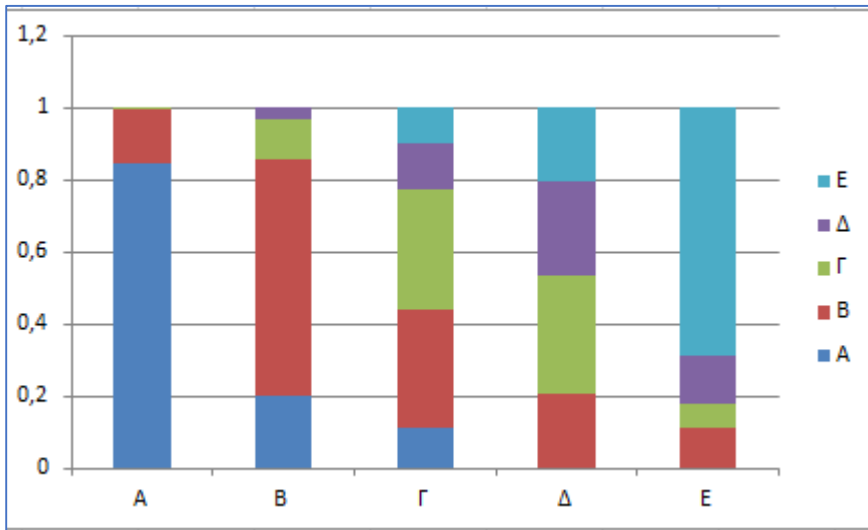
Στον συγκεντρωτικό πίνακα 3 βλέπουμε τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα πιθανοτήτων μετάβασης από εννιάμηνο σε υδρολογικό έτος όπως προέκυψαν από τους παραπάνω πίνακες 12 σταθμών.

	A	B	Γ	Δ	E
A	0,8442	0,14991	0,00583	0	0
B	0,1983	0,6613	0,10991	0,03008	0
Γ	0,1138	0,325430	0,3359	0,1267	0,098
Δ	0	0,2069	0,3277	0,264	0,2013
E	0	0,11116674	0,0694166	0,13191666	0,6875

Συγκεντρωτικός Πίνακας 3: Αποτελέσματα Πιθανοτήτων Μετάβασης

Βάσει του συγκεντρωτικού πίνακα 3, φυσικά έχουμε τις μεγαλύτερες πιθανότητες ότι παρατηρούμε στον σταθμό στο εννιάμηνο, να παρατηρούμε στο σταθμό και στο πέρας του υδρολογικού έτους. Έτσι για τις καταστάσεις A, B, E οι αντίστοιχες όμοιες καταστάσεις στο τέλος του έτους έχουν πιθανότητα μεγαλύτερη εύρους από 0,66 μέχρι και περίπου 0,85 να εμφανιστούν. Παρολάυτα, δεν ισχύει το ίδιο και για την κατάσταση Δ και για την κατάσταση Γ. Παρατηρούμε ότι παρόλο που η κατάσταση Γ εμφανίζει την μεγαλύτερη πιθανότητα να εμφανιστεί ξανά κατάσταση Γ στο τέλος του υδρολογικού έτους, έχει πολύ μικρή απόκλιση από το να εμφανιστεί κατάσταση B. Αντίστοιχα, για την κατάσταση Δ, ενώ η πιθανότητα εμφάνισης κατάστασης Δ ξανά στο πέρας του υδρολογικού έτους είναι η μεγαλύτερη, δεν απέχει πολύ από τις πιθανότητες εμφάνισης καταστάσεων B, Δ και E, οι οποίες μεταξύ τους είναι σχεδόν ισομοιρασμένες.

Στο συγκεντρωτικό διάγραμμα 3 αντιστοιχούν οι τιμές του συγκεντρωτικού πίνακα 3.



Συγκεντρωτικό Διάγραμμα 3: Πιθανότητες Μετάβασης(Συγκεντρωτικά εννιάμηνου)

Κεφάλαιο 5 - Συμπεράσματα

Από την παρούσα μελέτη διαπιστώθηκε καταρχάς πως η ξηρασία δύσκολα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί χωρικό φαινόμενο. Είδαμε πως ενώ σε μια περιοχή μπορεί να έχουμε έως και ακραία ξηρασία, σε μια γειτονική περιοχή, μπορεί να υπάρχει είτε η ίδια μορφή ξηρασίας, είτε κάποια άλλη είτε ακόμα και βροχόπτωση. Το συμπέρασμα αυτό φαίνεται λογικό βάσει του σκελετού αυτής της μελέτης, μιας και ακόμα και μια μικρή χώρα μπορεί να χωρίζεται σε πληθώρα κλιματικών τύπων.

Είδαμε όμως πως τα υδρολογικά έτη 1989 και 1990, και κυρίως το έτος 1990, πολλοί σταθμοί της Μεσογείου πλήχθηκαν από επεισόδια ξηρασίας καθιστώντας το έτσι το πιο ξηρό έτος για τις Μεσογειακές χώρες. Επίσης, στην Αφρική, πέραν των βόρειων σταθμών που κατατάσσονται στους Μεσογειακούς και έχουν πληχθεί από ξηρασία κατά το έτος 1990, επαναλαμβανόμενα φαινόμενα ακραίας ξηρασίας είχαμε και για τους πιο νότιους σταθμούς το υδρολογικό έτος 2001. Έτσι, το 2001 καθίσταται ως το πιο ξηρό έτος για την ήπειρο της Αφρικής. Στην Νότιο Αμερική τα έτη που εμφανίστηκε η μεγαλύτερη συσχέτιση μεταξύ των σταθμών όσον αφορά στις ακραίες ξηρασίες, ήταν τα 1992, 1993 και 2003. Στις υπόλοιπες συγκρίσεις που έγιναν μεταξύ κοντινών σταθμών δεν βρέθηκαν αξιοσημείωτα έτη, που να συγκεντρώνουν πληθώρα σταθμών με επεισόδια ακραίας ξηρασίας και λόγω αυτού καταλήξαμε στο συμπέρασμα της πρώτης παραγράφου. Άλλωστε, ακόμα και για την Αφρική, την Μεσόγειο και την Νότιο Αμερική, το πλήθος των ετών όπου υπάρχει συσχέτιση είναι πολύ μικρό συγκριτικά με τη χρονοσειρά που μελετήθηκε.

Σε ένα δεύτερο και πιο γενικό επίπεδο, διαπιστώθηκε πως είναι δύσκολο να προβλέψεις την χρονική διάρκεια ενός επεισοδίου ξηρασίας. Παρ' όλ' αυτά, βάσει των στατιστικών αποτελεσμάτων στον κάθε κλιματικό τύπο που μελετήθηκε θα μπορούσαμε να πούμε πως η διάρκεια της ξηρασίας και η ένταση αυτής είναι δυο αντιστρόφως ανάλογα μεγέθη, αφού οι ήπιες ξηρασίες έδιναν τα μεγαλύτερα ποσοστά επί των συνολικών ξηρασιών για όλους τους κλιματικούς τύπους που μελετήθηκαν.

Όσον αφορά στους πίνακες πιθανοτήτων μετάβασης από κάποια κατηγορία ξηρασίας σε κάποια άλλη, επιβεβαιώθηκε το αναμενόμενο. Όταν δηλαδή προσπαθούμε μέσω του τριμήνου να προβλέψουμε το αποτέλεσμα του υδρολογικού έτους τότε η πρόβλεψη είναι αβέβαιη. Φυσικά, η πιθανότητα να παραμείνουμε στην ίδια κατηγορία ξηρασίας, αυξάνεται καθώς αυξάνονται και οι μήνες οι οποίοι έχουν παρέλθει μέχρι την ολοκλήρωση του υδρολογικού έτους. Ειδικότερα βέβαια, θα μπορούσαμε να πούμε πως για τον κλιματικό τύπο A κατά Köppen η πρόβλεψη κατηγορίας ξηρασίας του υδρολογικού έτους ακόμα και από τον εννιάμηνο πίνακα, είναι δυσκολότερη από ότι στους υπόλοιπους κλιματικούς τύπους αφού ο τύπος A χαρακτηρίζεται από τροπικό κλίμα που δεν

ακολουθεί συγκεκριμένη «συμπεριφορά». Ειδικότερα, είδαμε πως ακόμα και από τον εννιάμηνο πίνακα μετάβασης, η πρόβλεψη για το υδρολογικό έτος είναι δύσκολη όταν αφορά στις καταστάσεις Γ και Δ, μιας και η πιθανότητα τους μοιράζεται σε τέσσερις από τις πέντε πιθανές καταστάσεις. Στις υπόλοιπες τρεις καταστάσεις μπορούμε να θεωρήσουμε με μεγαλύτερη ασφάλεια πως θα παραμείνουμε στην ίδια κατάσταση η θα βρεθούμε σε κάποια διαδοχική της κατάστασης που εμφανίζεται στο εννιάμηνο.

Τέλος, σε γενικές γραμμές, λάβαμε την συμπεριφορά που περιμέναμε για κάθε κλιματικό σταθμό με εξαίρεση τον σταθμό Alger Dar El Beiga της Αλγερίας που ενώ κατατάσσεται στον κλιματικό τύπο C, μεσογειακού γενικά κλίματος, εμφάνισε ρεκόρ φαινομένων ακραίων ξηρασιών στο χρονικό διάστημα που μελετήθηκε.

Βιβλιογραφία

1. Μαμάσης, Ν., 1997. Ανάλυση βροχοπτώσεων κατά τύπο καιρού. Διδακτορική διατριβή, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων - Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1997.
2. Μαμάσης Ν. και Κουτσογιάννης Δ., 2002. Υδρομετεωρολογία και Κατακρημνίσεις, Μαθήματα Υδρομετεωρολογίας, Τομέας Υδατικών Πόρων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2002. - 333 - 19. Μαμάσης Ν. και Κουτσογιάννης Δ., 2007. Ξηρασία: φυσικές, κοινωνικές και τεχνολογικές πτυχές – το παράδειγμα της Αθήνας. Εθνικό και Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
3. Μαμάσης Ν. και Κουτσογιάννης Δ. 2010. Υδρομετεωρολογία Κλιματολογία και κλιματική αλλαγή Τομέας Υδατικών Πόρων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Αθήνα. Μαμάσης Ν., 2011. Ξηρασία. Διαφάνειες του μαθήματος - Υδατικό περιβάλλον και ανάπτυξη. Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων - Αθήνα 2011.
4. Μαμάσης, Ν., και Α. Ευστρατιάδης, 2012. Μελέτη ξηρασίας και λειψυδρίας Πελοποννήσου, Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Πελοποννήσου, Βόρειας Πελοποννήσου & Ανατολικής Πελοποννήσου σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ κατ' εφαρμογή του Ν.3199/2003 και του ΠΔ 51/2007, Εργοδότης: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Ανάδοχος: Υδροεξυγιαντική, 145 σελίδες, Ιούνιος 2012.
5. Καραμπουρνιώτης Κ., Επισκόπηση Δεικτών Ξηρασίας: Εφαρμογή του Δείκτη Palmer στον Ελληνικό Χώρο, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο ΔΠΜΣ Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, Αθήνα, 2012.
6. Παπαλέξης Δ., Πρόγνωση και Αναγνώριση της Υδρολογικής Ξηρασίας και Λειψυδρίας με τη Χρήση Στατιστικών Δεικτών Η Περίπτωση του Ν. Λάρισας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο ΔΠΜΣ Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, Αθήνα, 2013.
7. ExcelFunctions.net, 2008, <http://www.excelfunctions.net/Excel-GammadistFunction.html>
8. McKee T.B., Doesken N. J., and Kliest J., The relationship of drought frequency and duration to time scales, Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, California, 1993.
9. Wikipedia, the free encyclopedia, 2014, <http://en.wikipedia.org/wiki/Teleconnection>
10. WMO – World Meteorological Organization, Standardized Precipitation Index User Guide, No. 1090, Geneva, 2012

11. Γκίκα, Σ., και Ρίζου, Χ., 1992. Μελέτη της ξηρασίας κατά την υγρή περίοδο στον Ελληνικό χώρο. Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου Μετεωρολογίας
12. Guttman B.N, 1998. Comparing the Palmer Drought Index and Standardized Precipitation Index. Journal of the American Water Resources Association
13. Guttman B.N, 1999. Accepting the Standardized Precipitation Index: A calculation Algorithm. Journal of the American Water Resources Association
14. Hayes M, 2000. Revising the SPI: clarifying the process. Drought Network News
15. Komuscu UA, 1999. Using the SPI to Analyze Spatial and Temporal Patterns of Drought in Turkey. Drought Network News
16. Palmer, W. C., 1965. Meteorological Drought. Research Paper
17. U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D.C.
18. Wilhite, D. A., 1995. Developing a precipitation-based index to assess climatic conditions across Nebraska. Final report submitted to the Natural Resources Commission, Lincoln, Nebraska.
19. Tsakiris G. and Pangalou D., 2009. Drought Characterisation in the Mediterranean. Springer Science and Business Media B.V.
20. Demessie, A., 1997. Some aspects of drought and desertification and early warning activities in Ethiopia. Preprints of the workshop on Drought and Desertification, 26-30 May 1997, Bet-Dagan, Israel.
21. Gibbs, W. J. and J. V. Maher, 1967. Rainfall deciles as drought indicators. Bureau of Meteorology Bulletin, No. 48, Commonwealth of Australia, Melbourne.

Παράρτημα

Διαγράμματα Χρονικής Εξέλιξης SPI

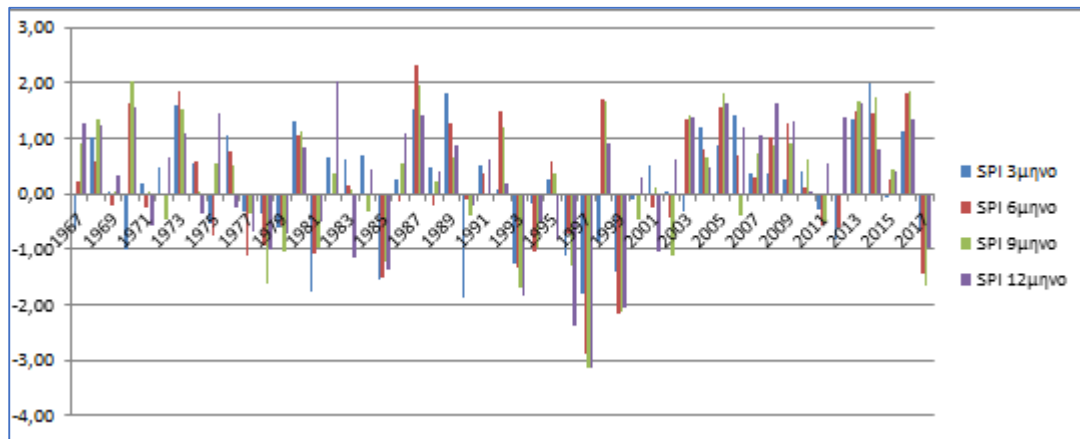


Figure 1: Agalega Seychelles

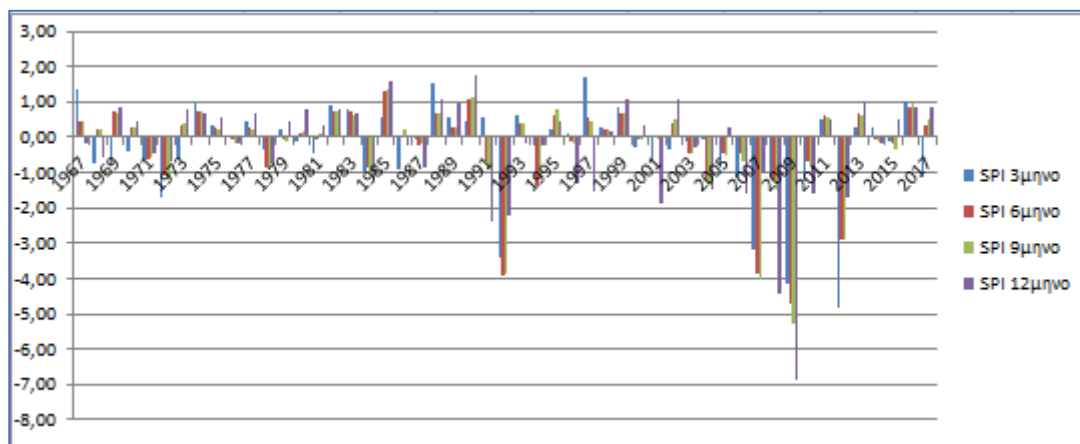


Figure 2: Brazzaville, Congo

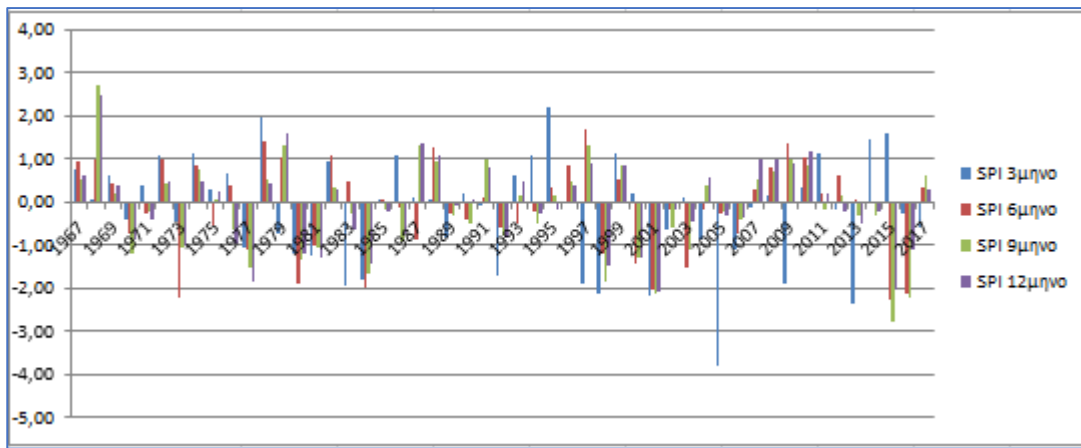


Figure 3: Cotonou, Benin

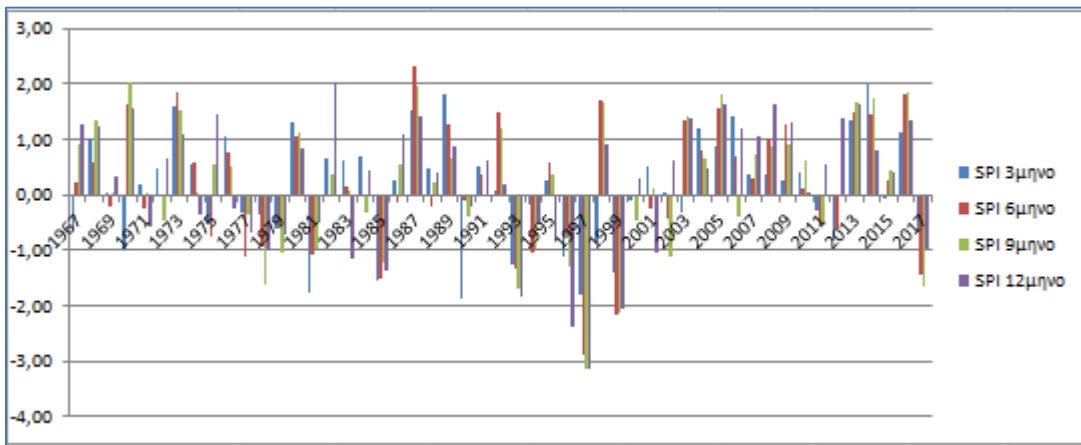


Figure 4: Save, Benin

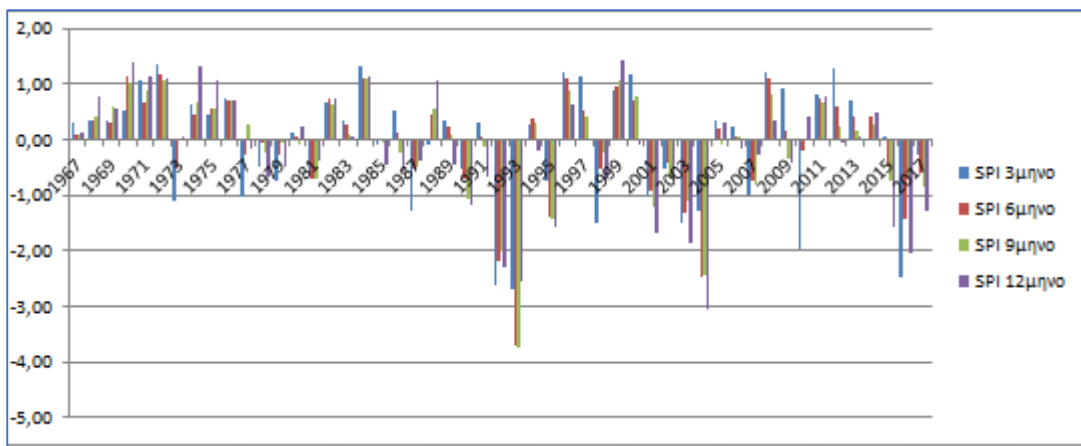


Figure 5: Ipiales, Colombia

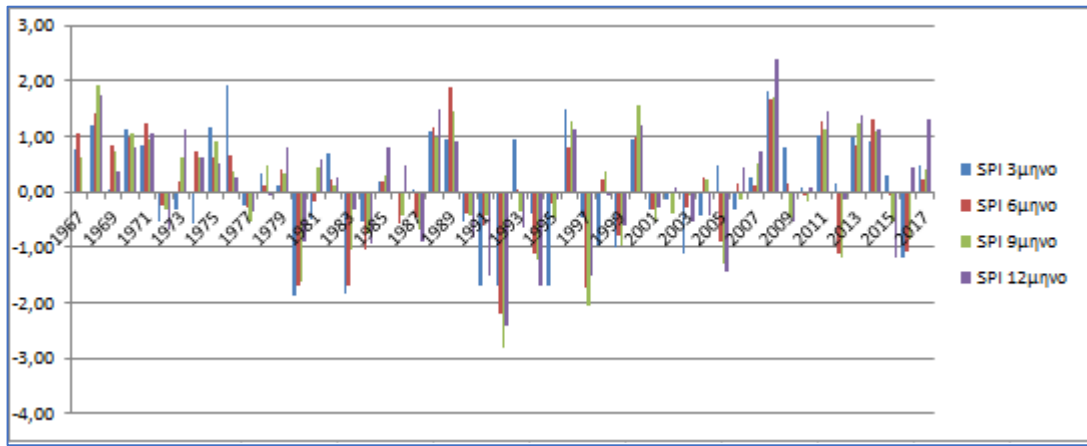


Figure 6: Manaus, Brazil

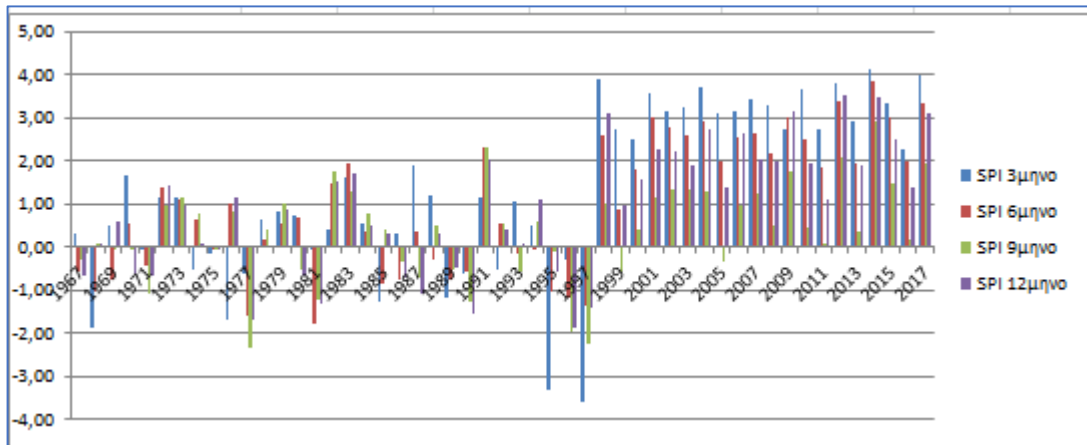


Figure 7: Rio Branco, Brazil

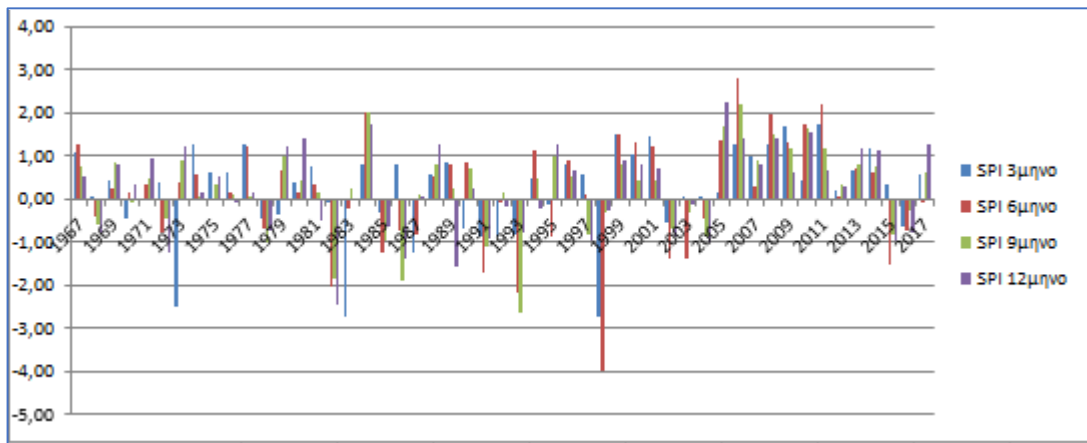


Figure 8: Kota Kinabalu, Malaysia

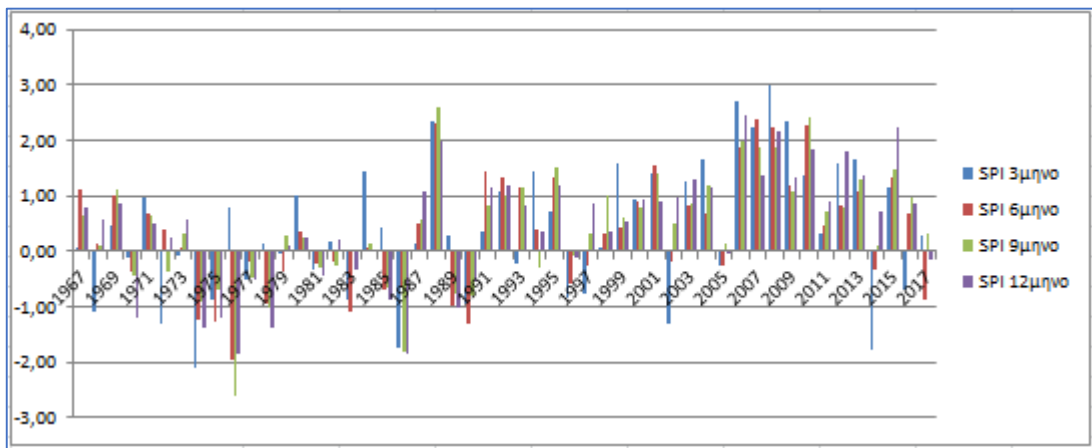


Figure 9: Kuala Lumpur, Malaysia

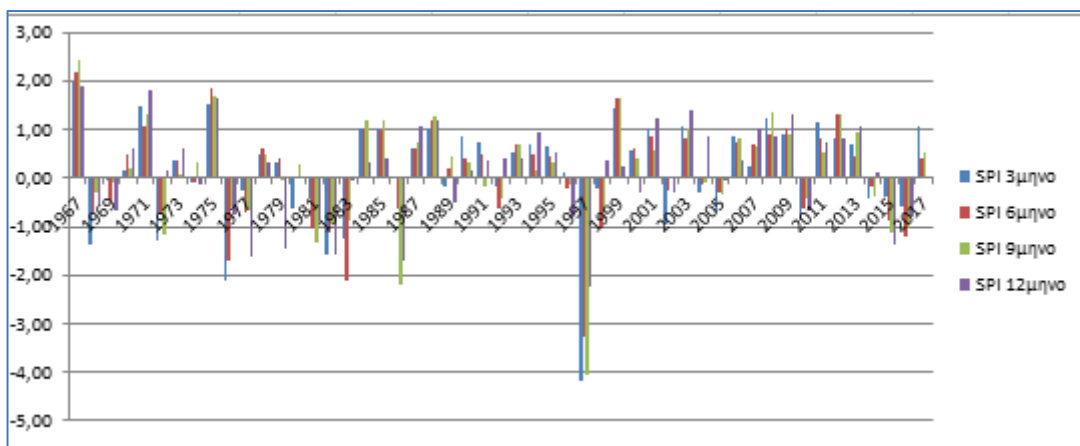


Figure 10: Kuantan, Malaysia

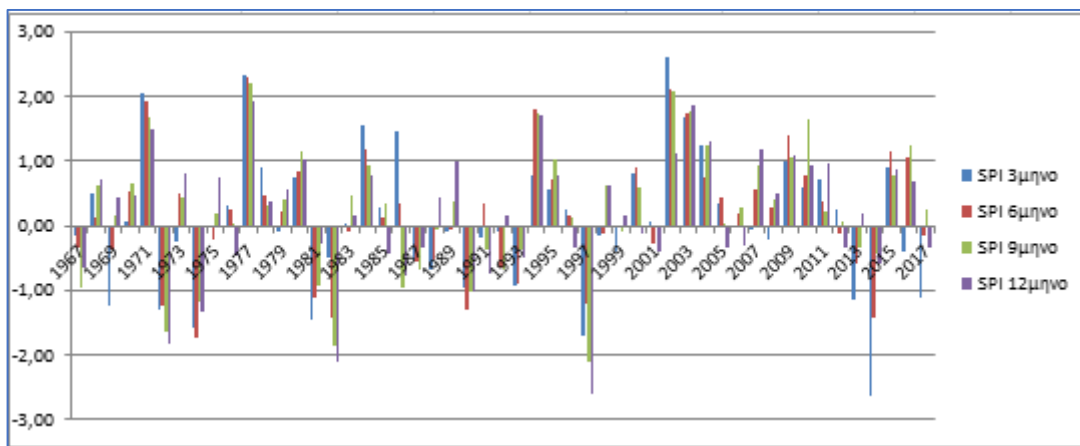


Figure 11: Kuching, Malaysia

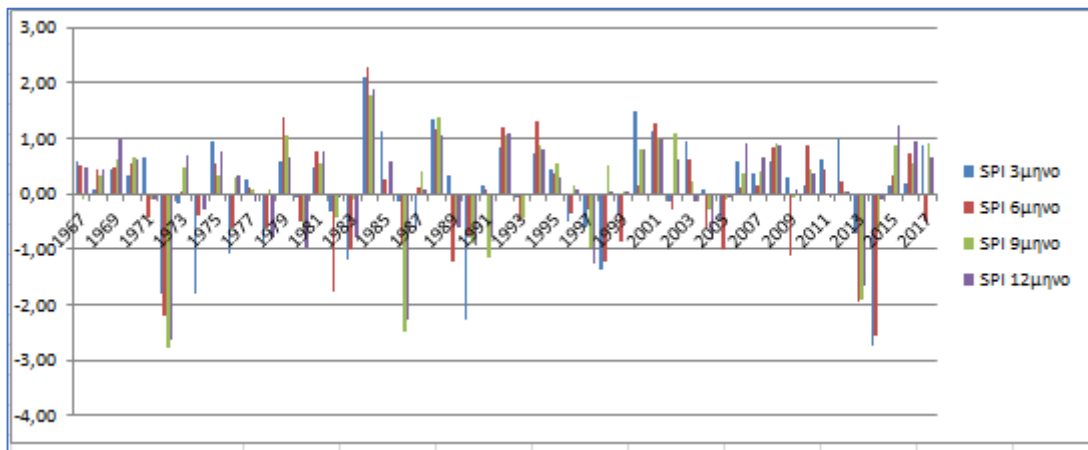


Figure 12: Melaca, Malaysia

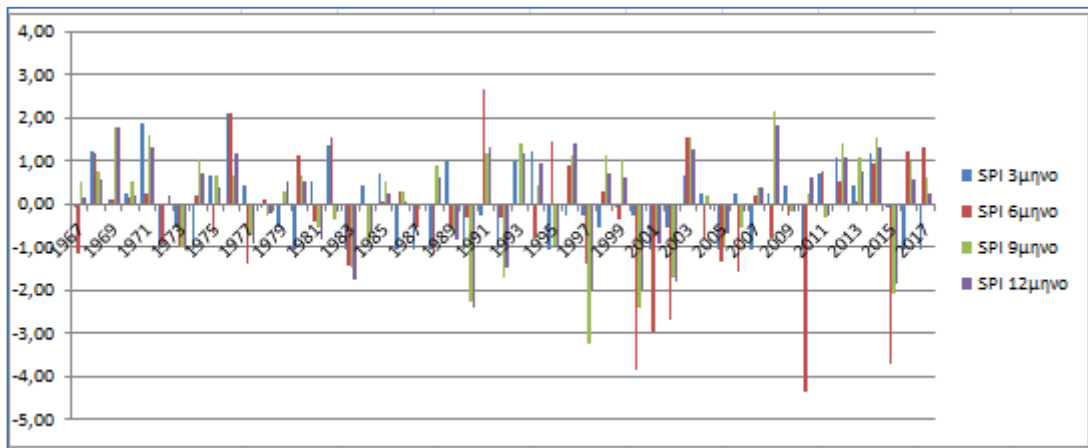


Figure 13: Boromo, Burkina Faso

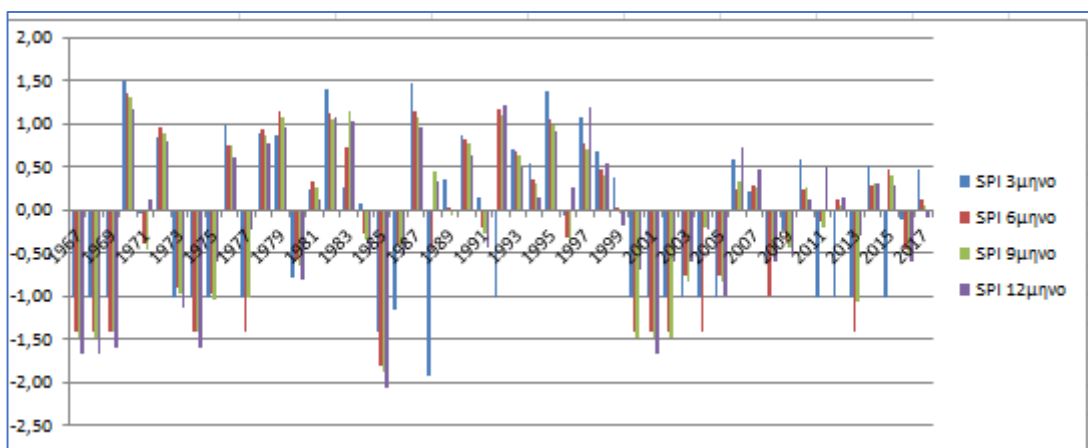


Figure 14: Masirah, Oman

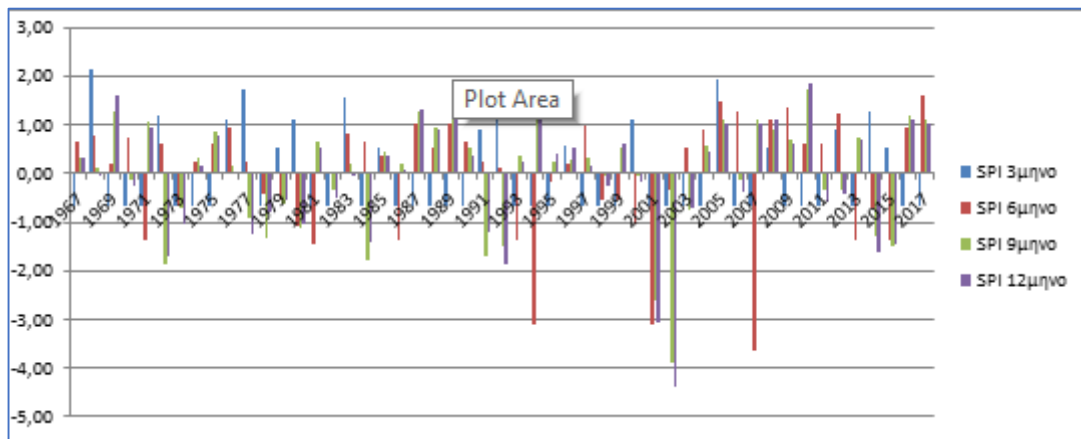


Figure 15: Matam, Senegal

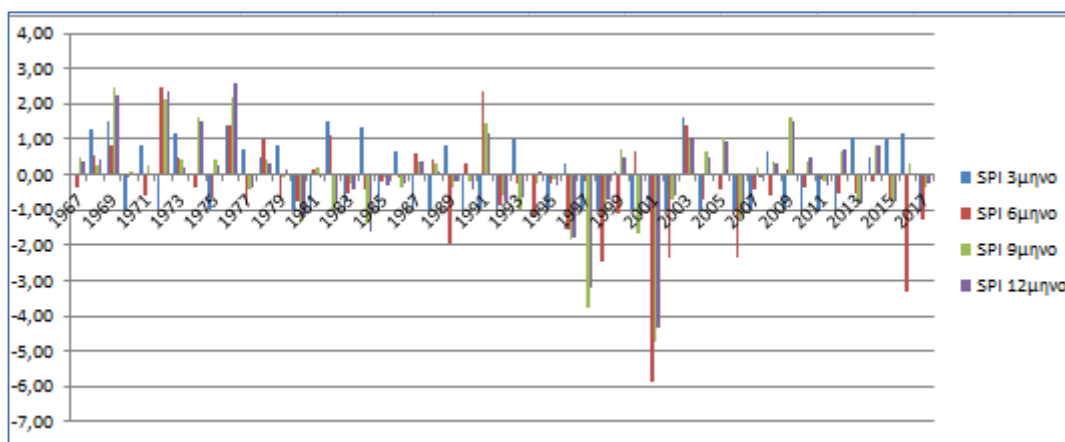


Figure 16: Ouagadugu, Burkina Faso

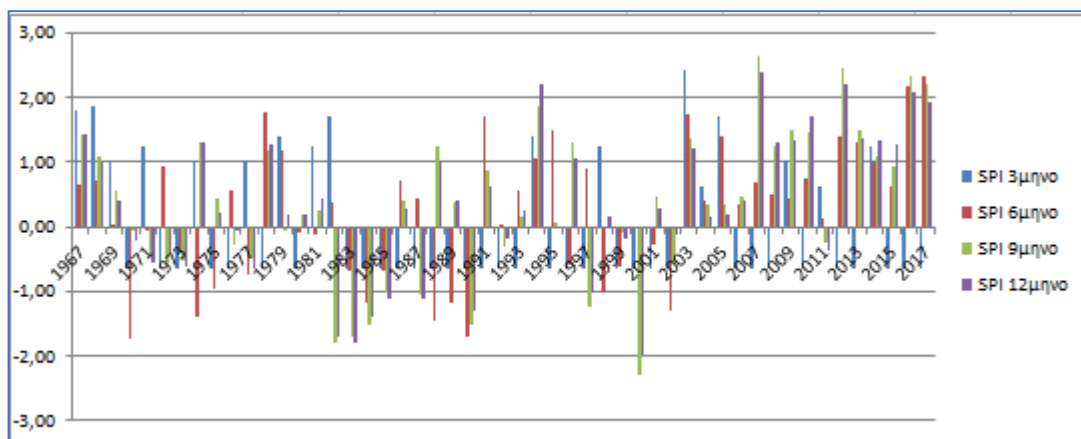


Figure 17: Ouahigouya, Burkina Faso

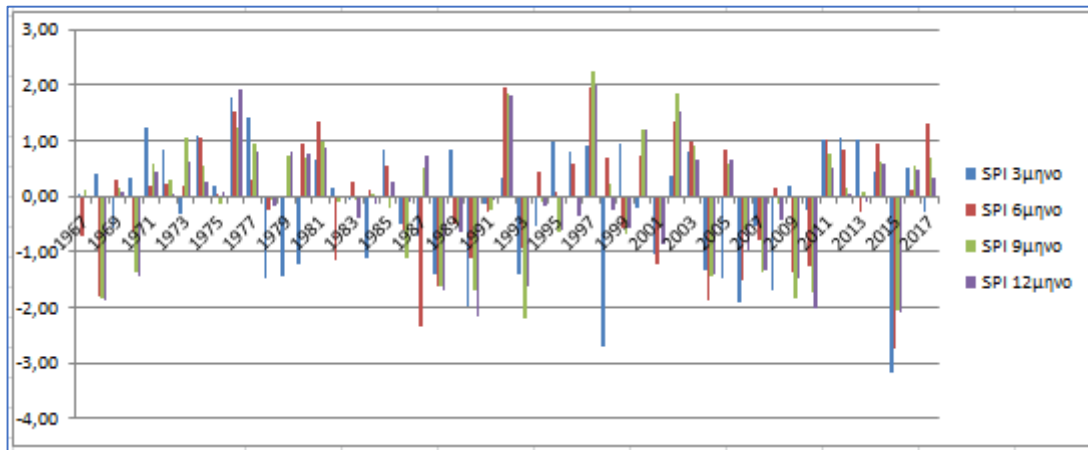


Figure 18: Comodoro Rivadaria, Argentina

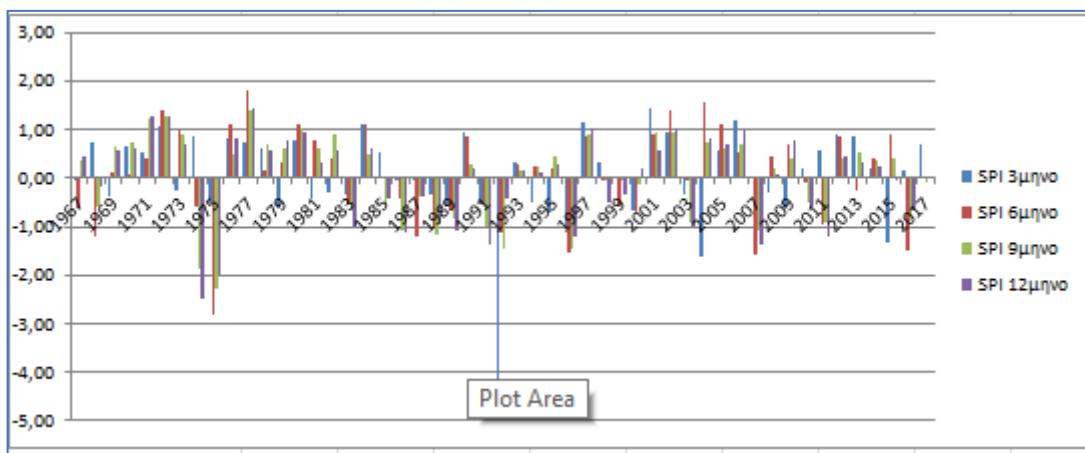


Figure 19: Esquel Aero, Argentina

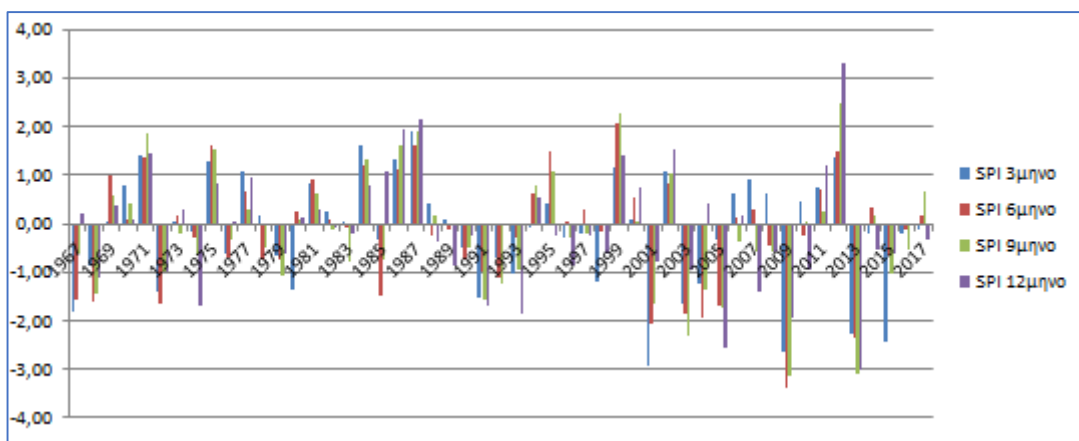


Figure 20: Pehuajo Aero, Argentina

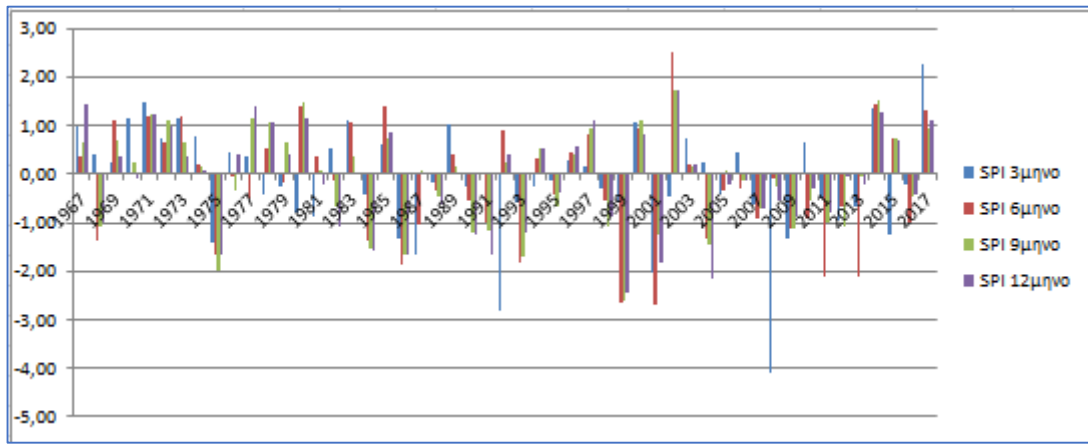


Figure 21: Puerto Deseado, Argentina

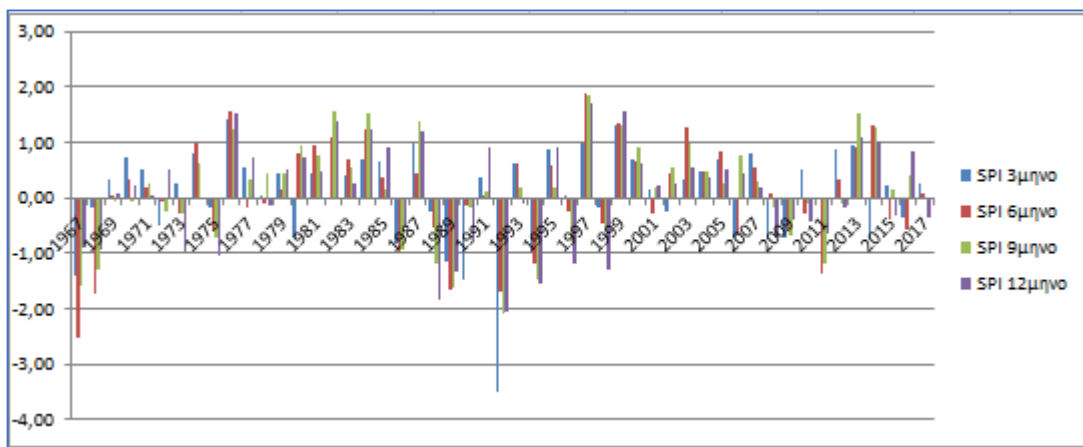


Figure 22: Trelew, Argentina

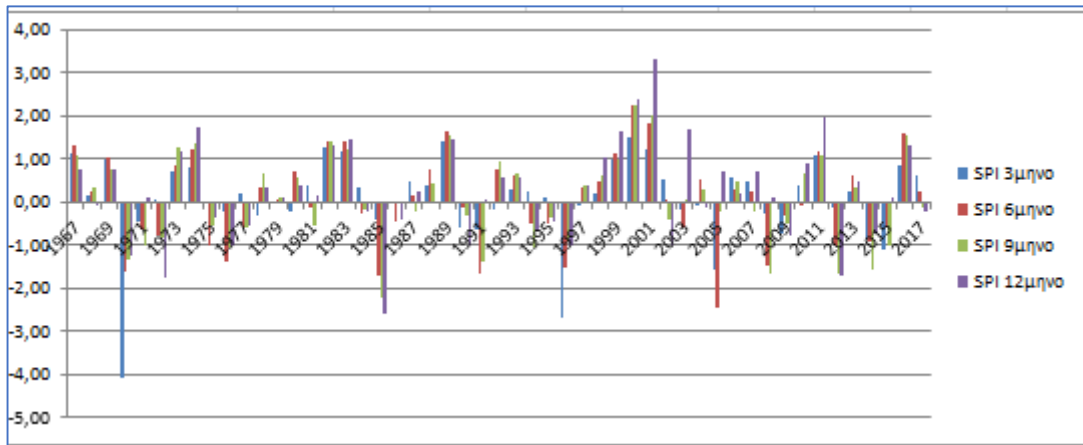


Figure 23: Alice Springs, Australia

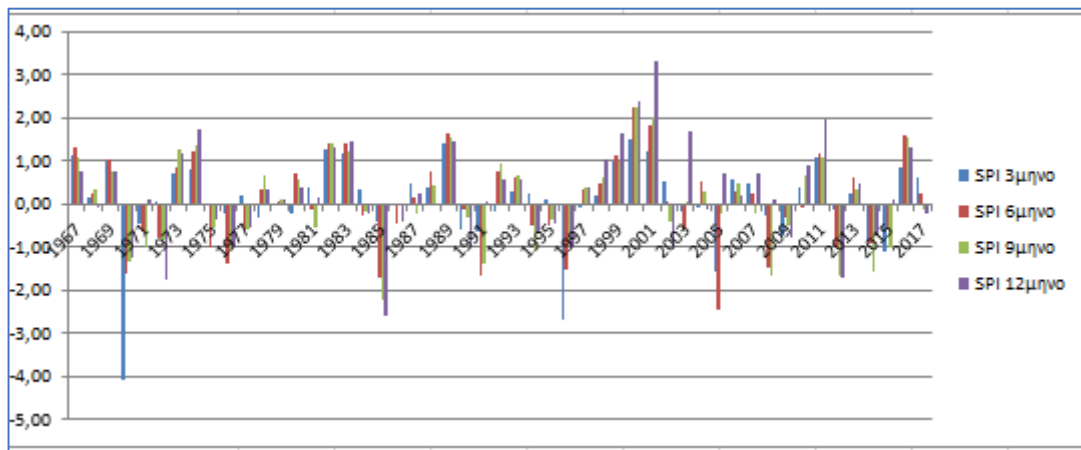


Figure 24: District 13, Australia

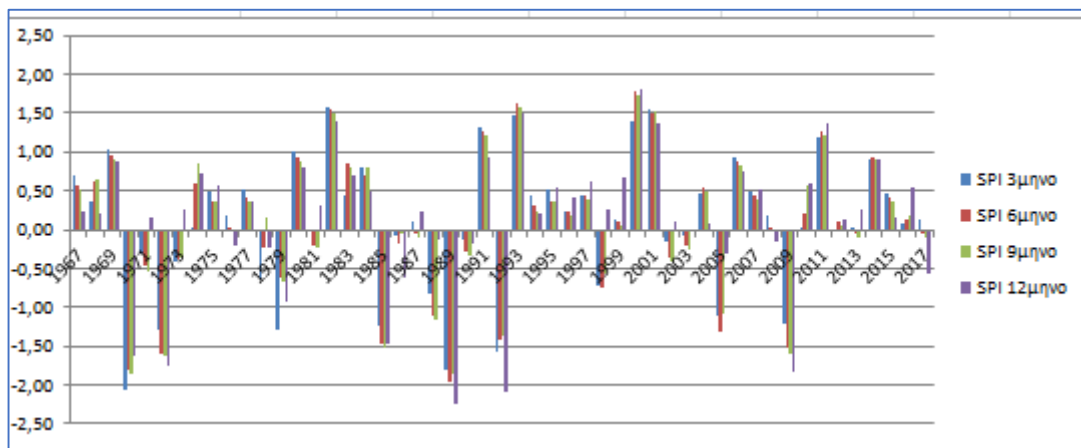


Figure 25: Halls Creek, Australia

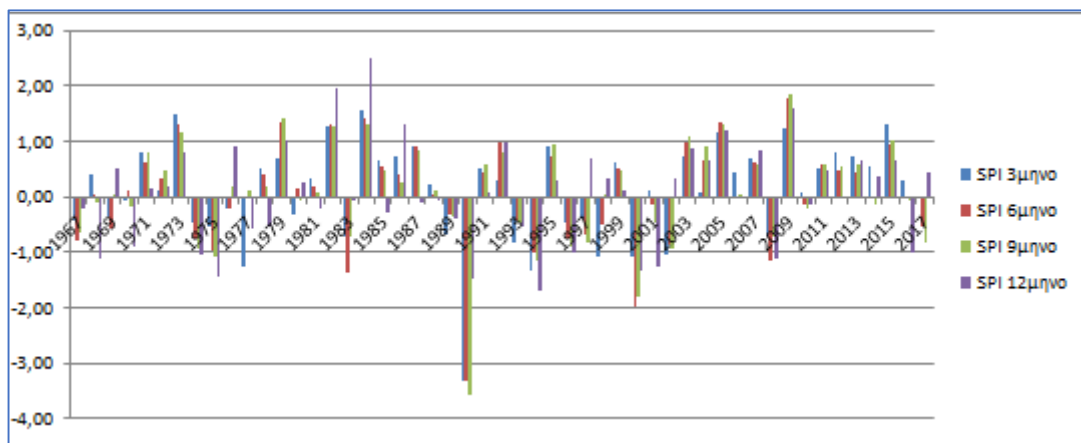


Figure 26: Annaba, Algeria

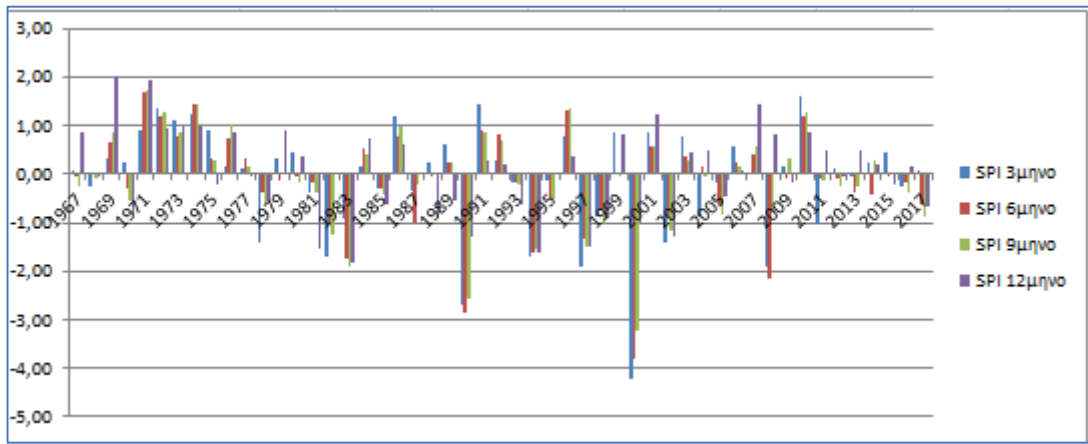


Figure 27: Es Senia, Algeria

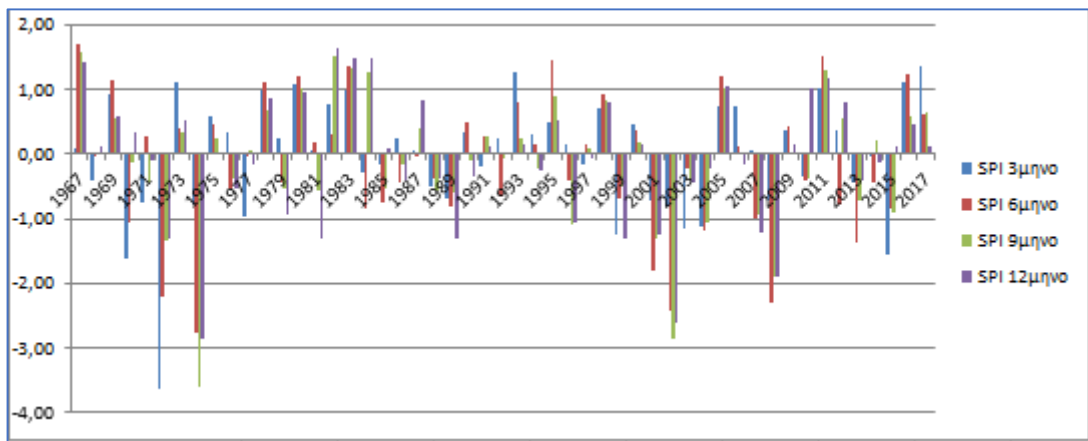


Figure 28: Ely, USA

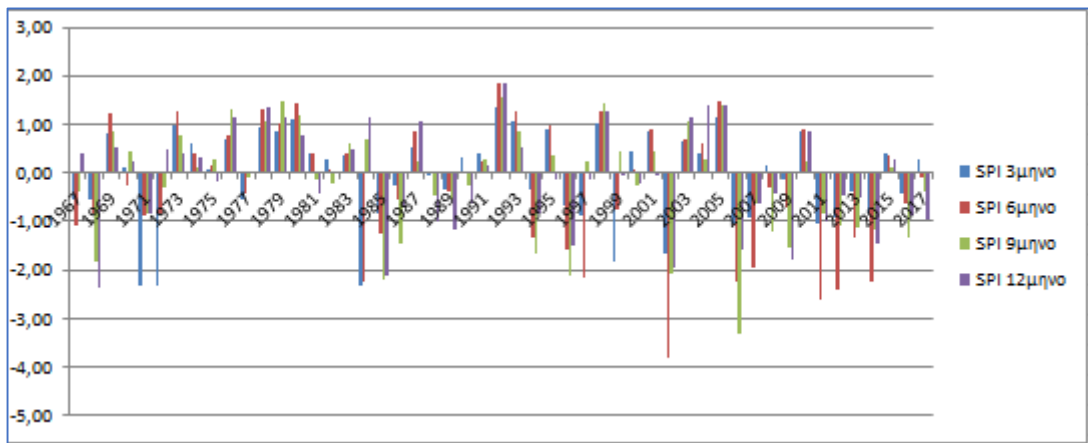


Figure 29: Las Vegas, USA

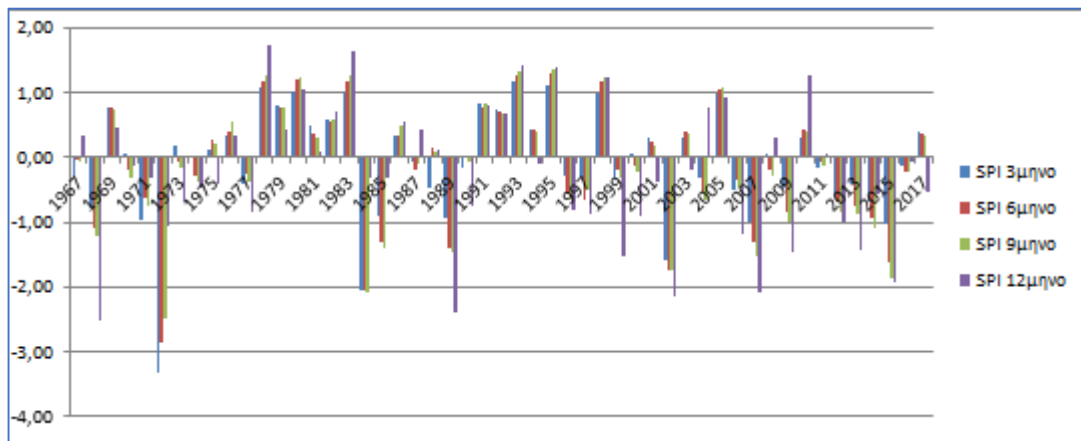


Figure 30: San Diego, USA

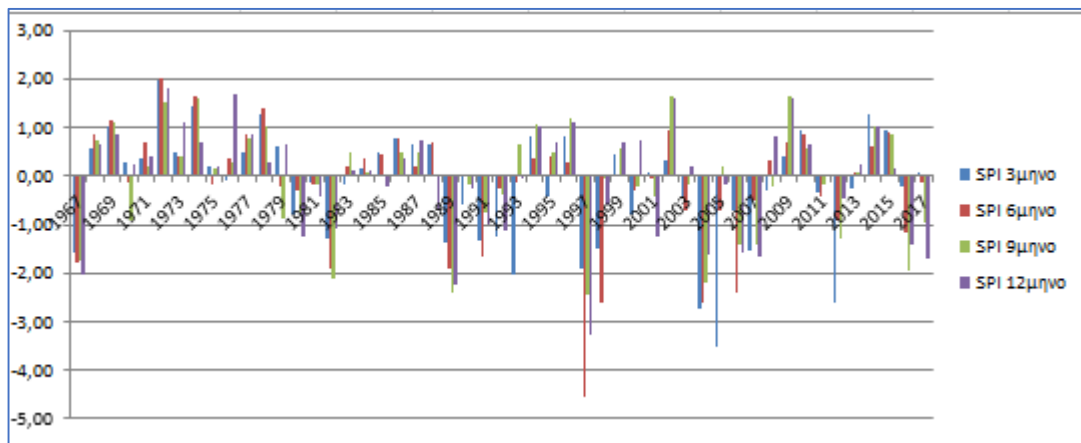


Figure 31: Marseille, France

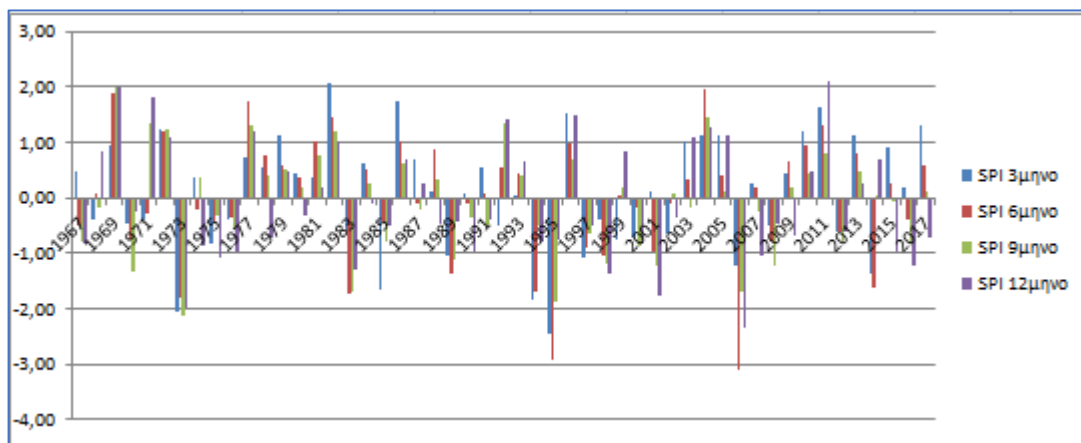


Figure 32: Perpignan, France



Figure 33: Athens, Greece

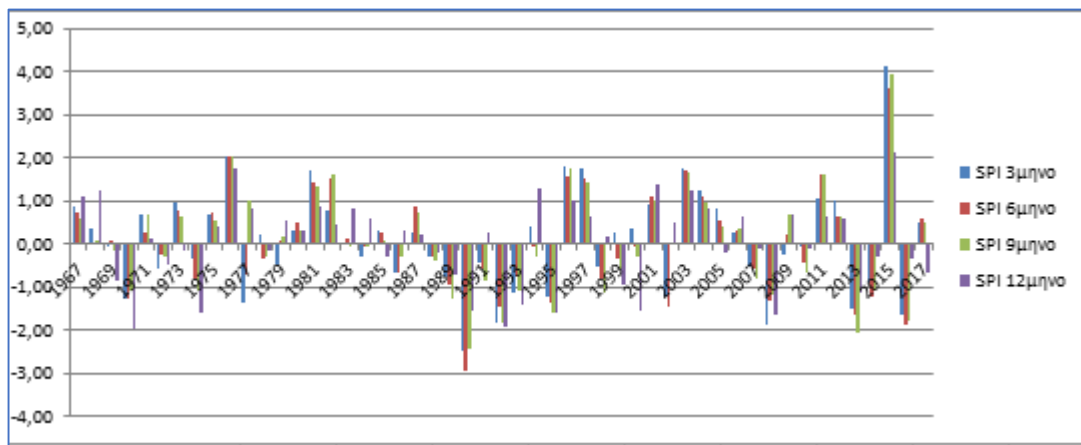


Figure 34: Heraklion, Greece

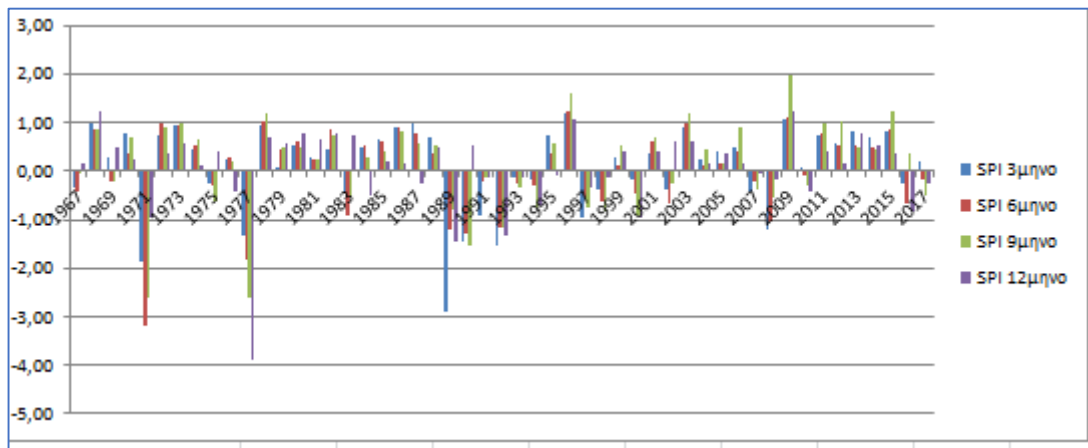


Figure 35: Kalamata, Greece

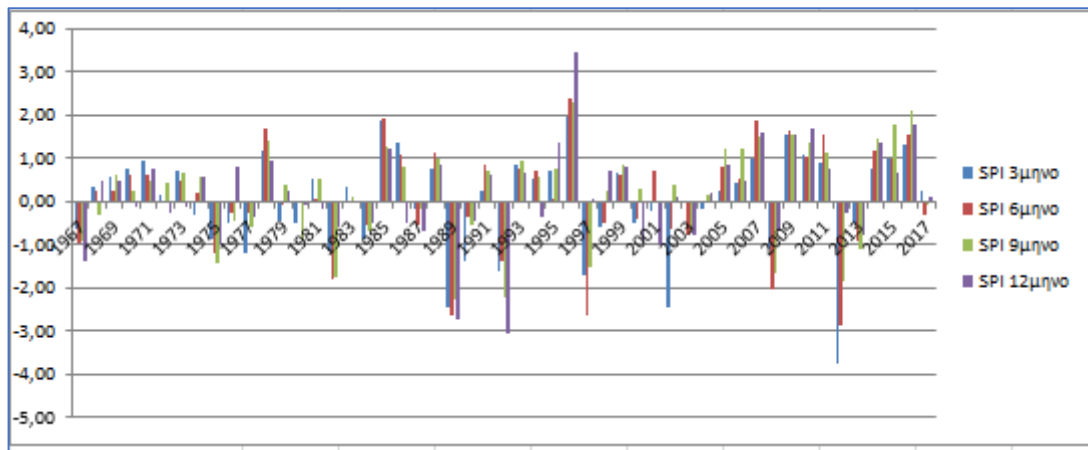


Figure 36: Messiba, Italy

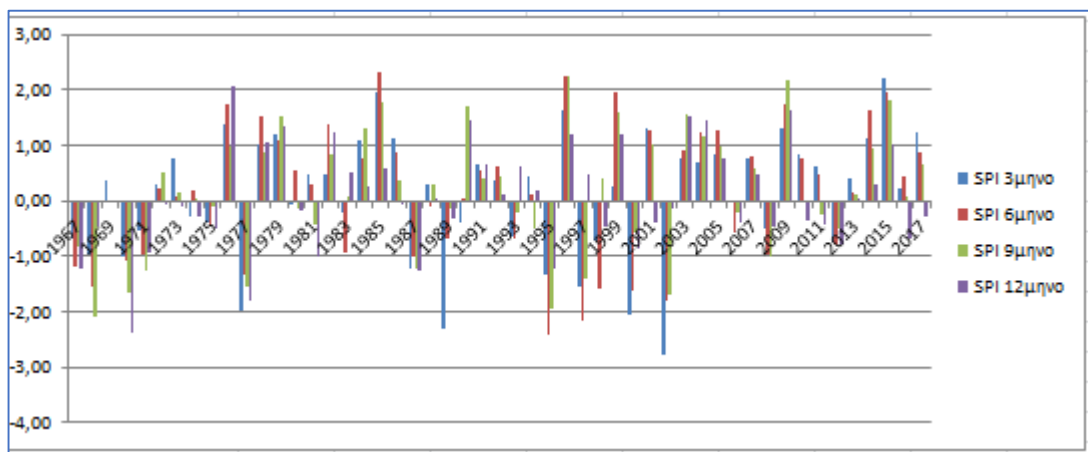


Figure 37: Trapani, Italy

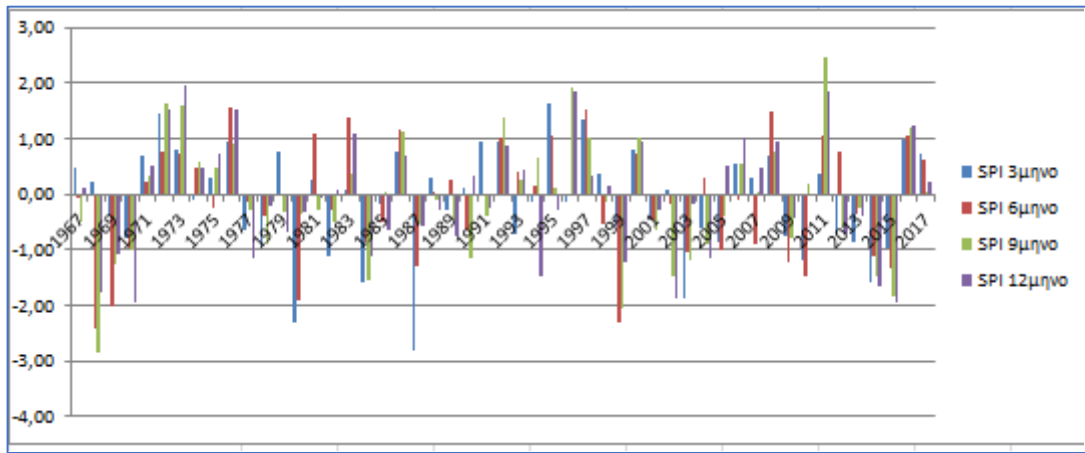


Figure 38: Bagotville, Canada

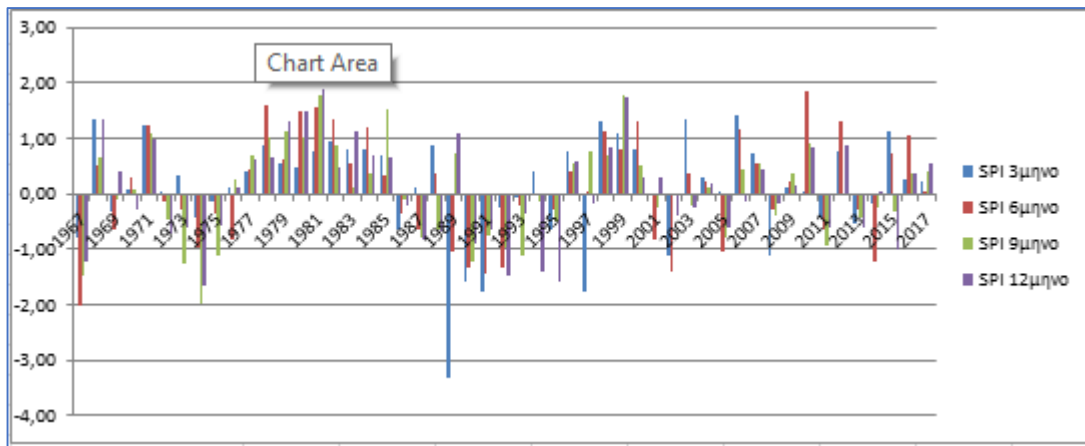


Figure 39: Goose Bay, Canada

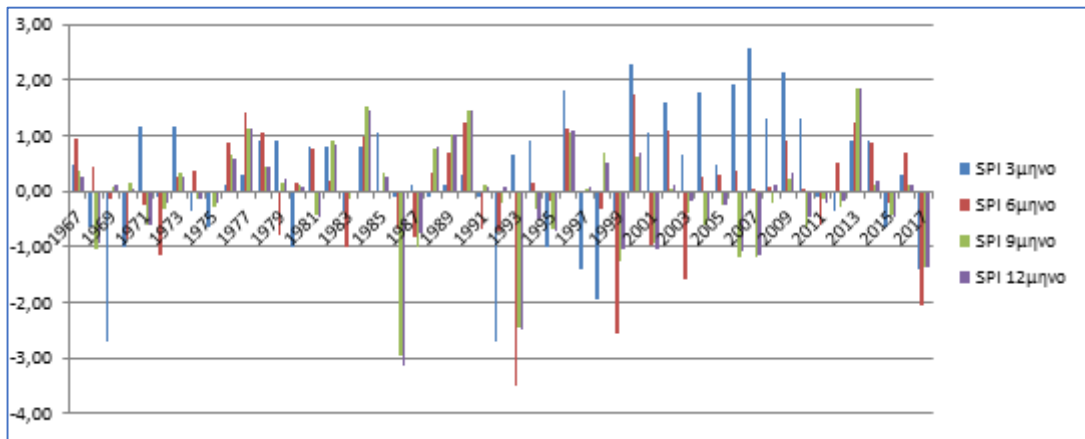


Figure 40: Hailaer, China

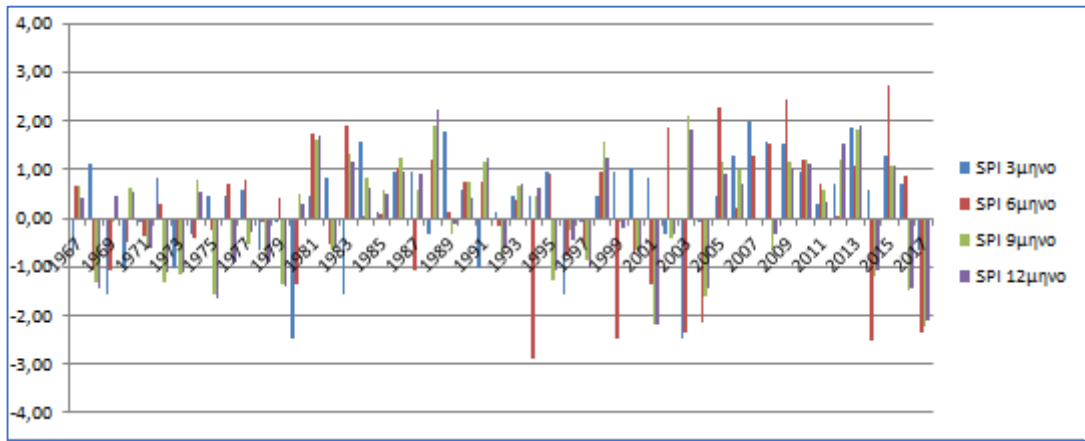


Figure 41: Qiqihaer, China

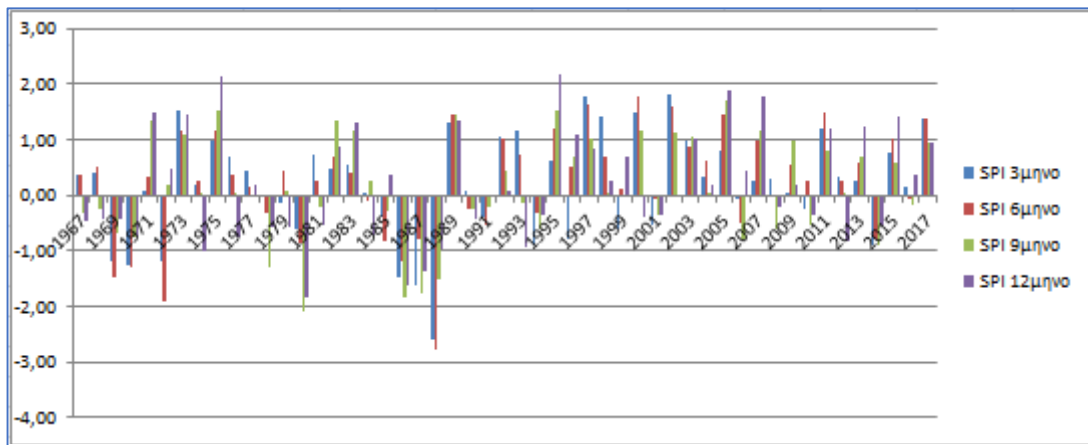


Figure 42: Bodo, Norway

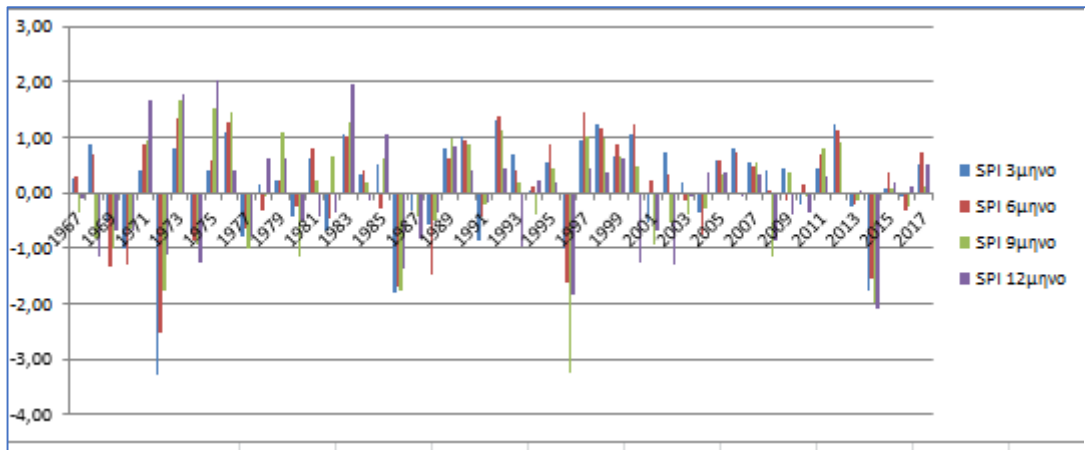


Figure 43: Orland, Norway

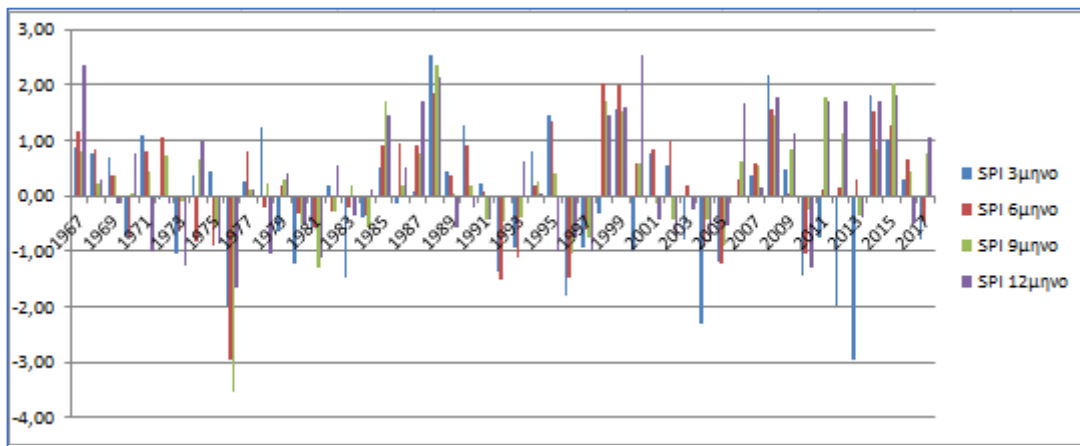


Figure 44: Oslo, Norway

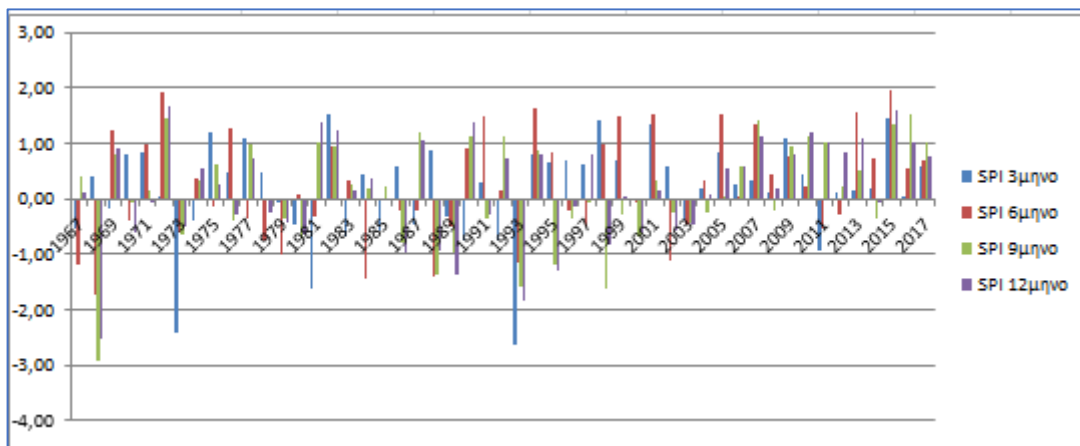


Figure 45: Im paliny, Russia

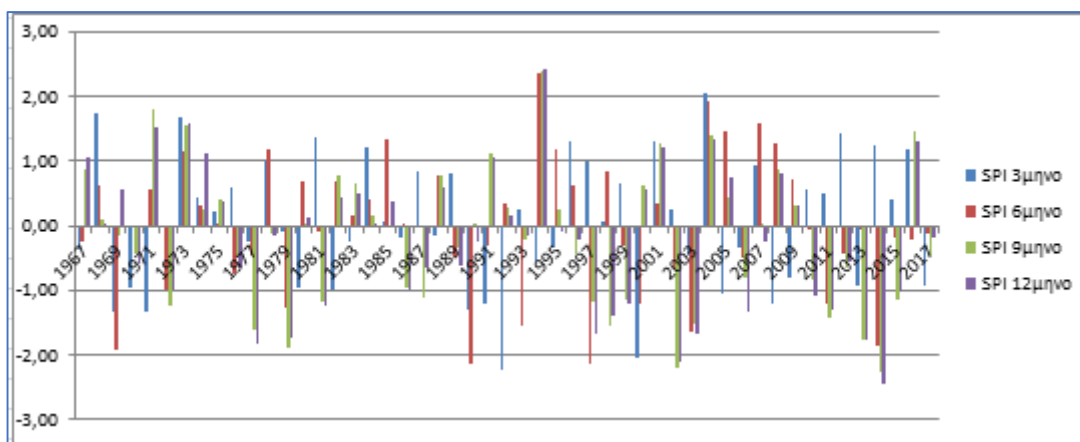


Figure 46: Irkutsk, Russia

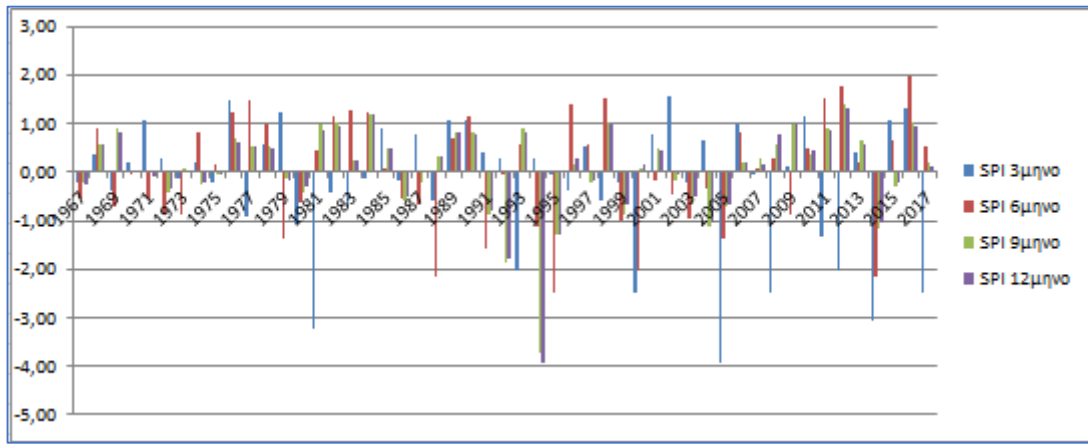


Figure 47: Mogoca, Russia

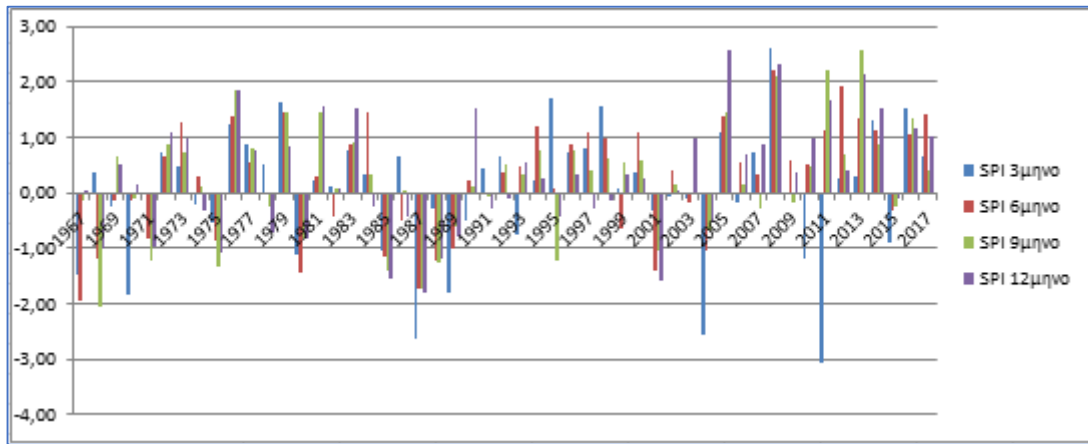


Figure 48: Caribou, USA

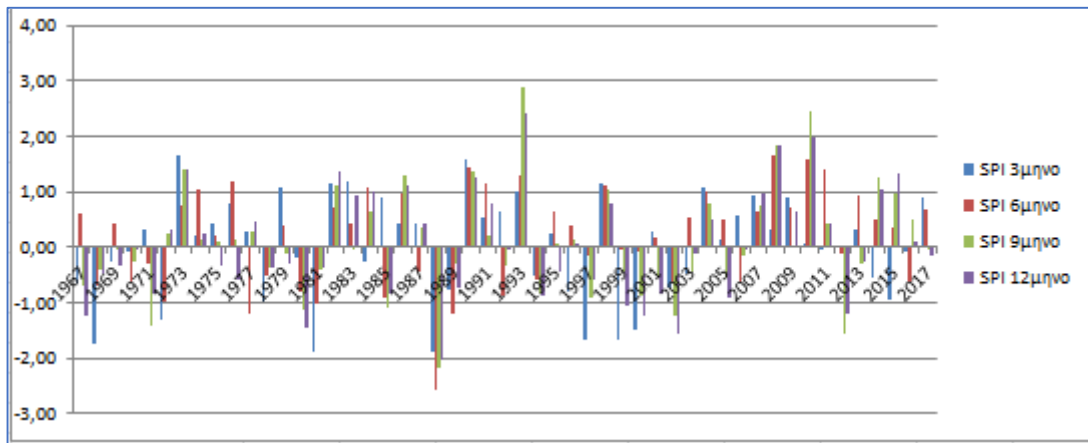


Figure 49: Des Moines, USA

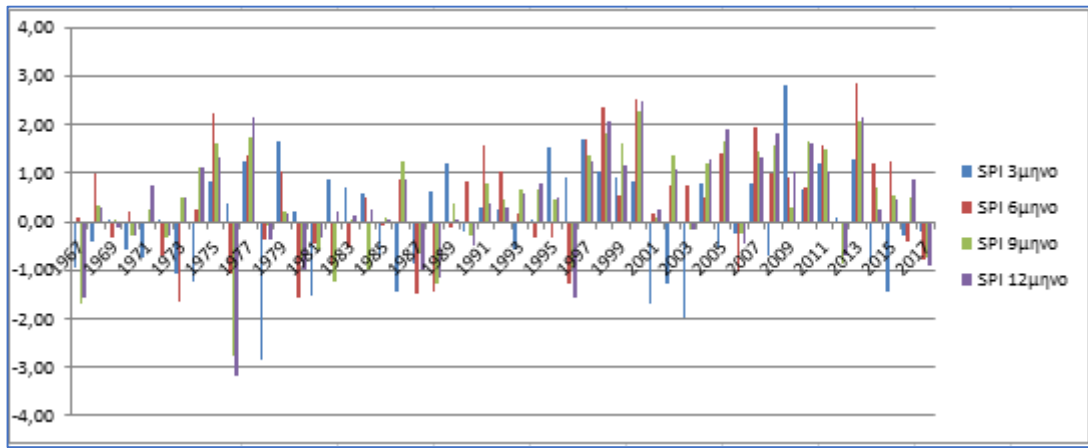


Figure 50: Fargo, USA

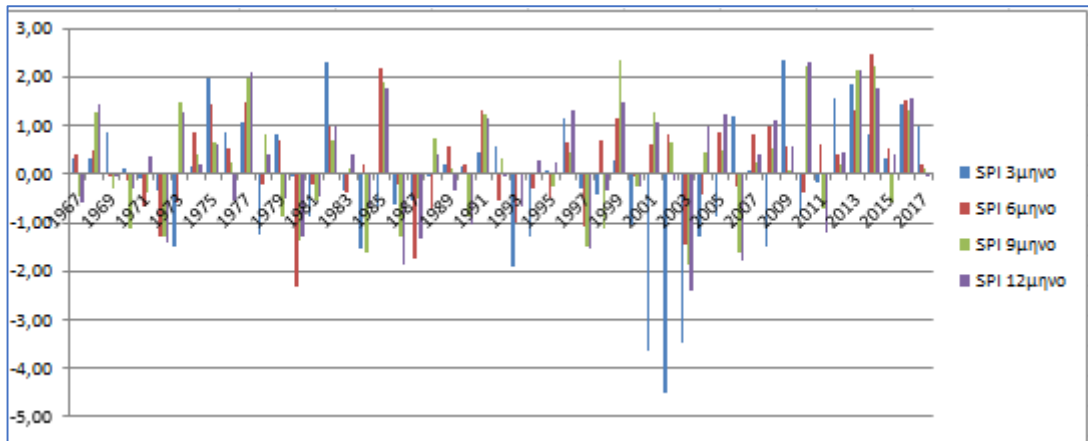


Figure 51: International Falls, USA

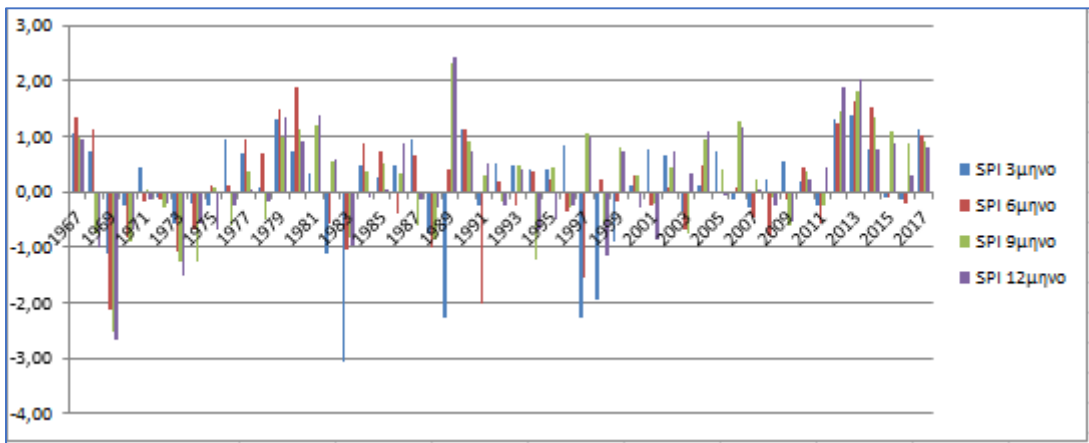


Figure 52: Anchorage, USA

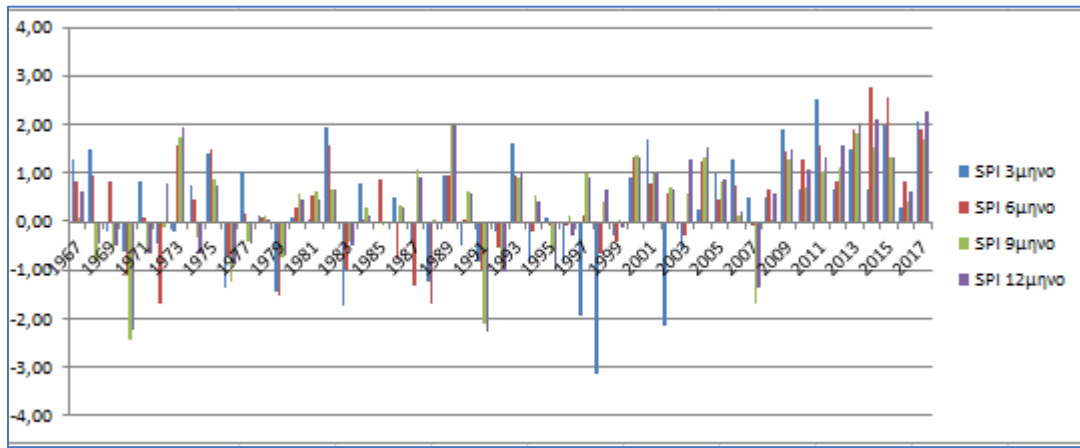


Figure 53: Barrow, USA

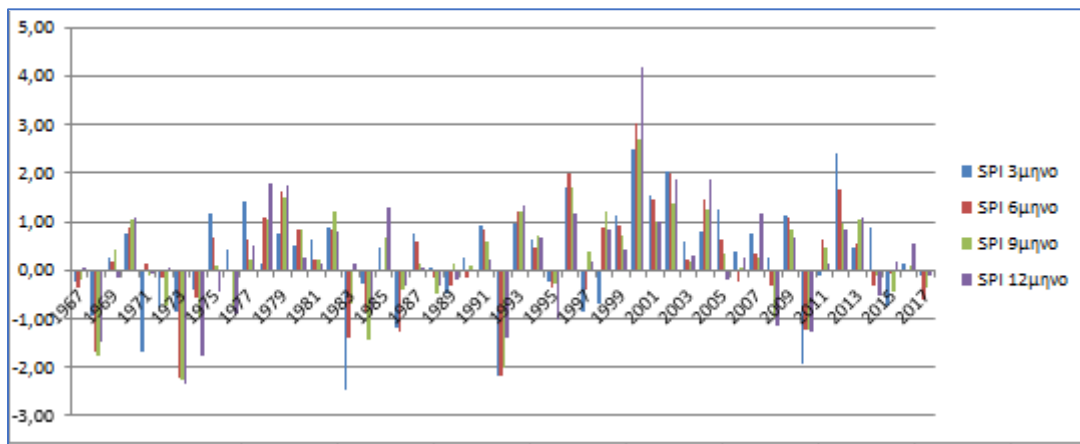


Figure 54: Cold Bay, USA

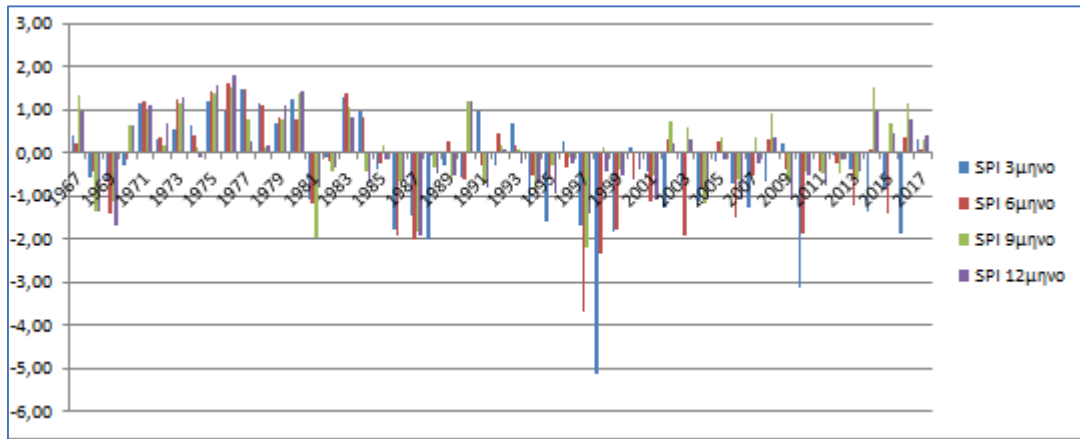


Figure 55: Fair Banks, USA

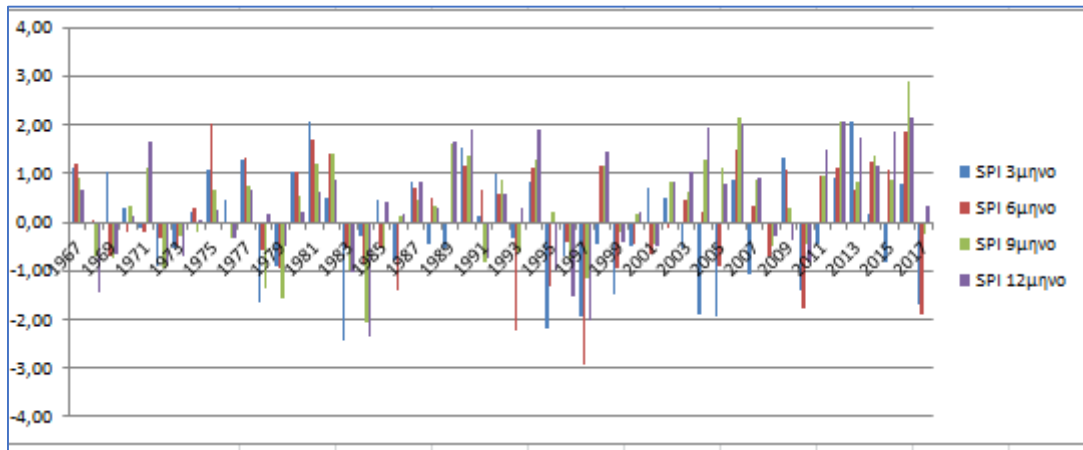


Figure 56: King Salmon, USA

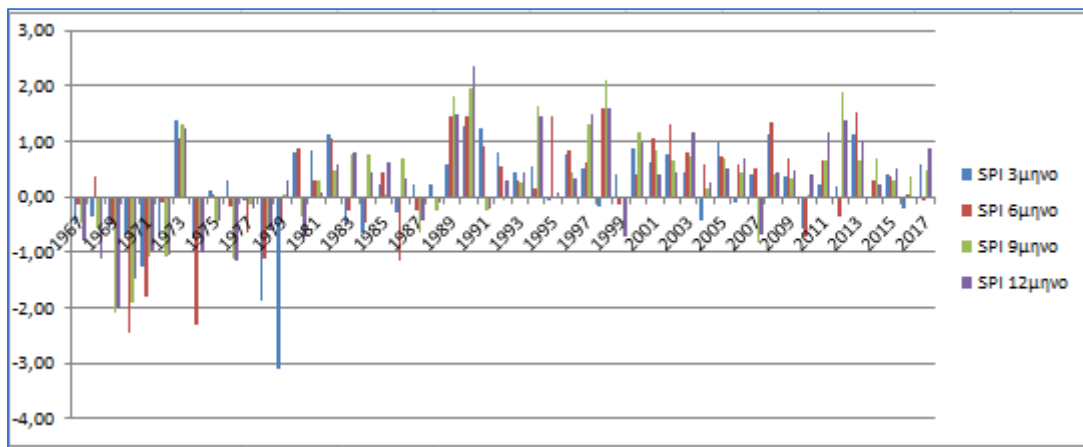


Figure 57: Kotzebue, USA

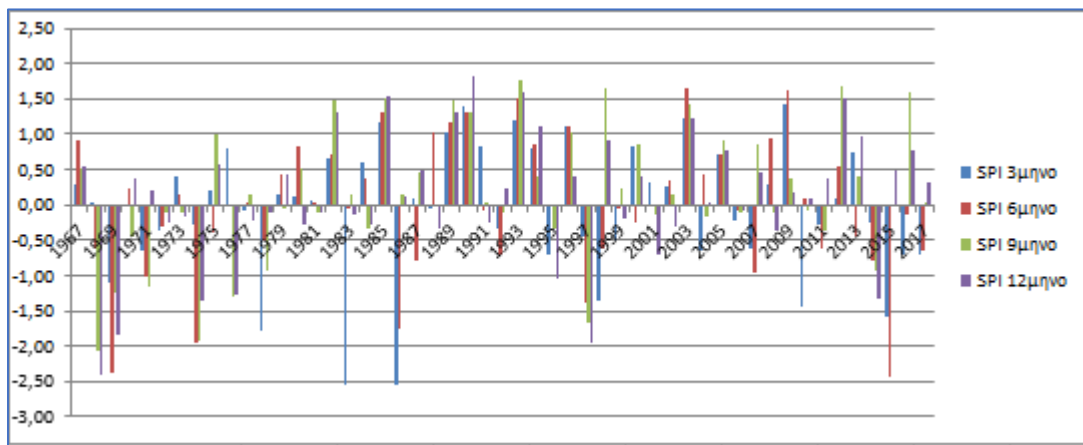


Figure 58: Mcgrath, USA

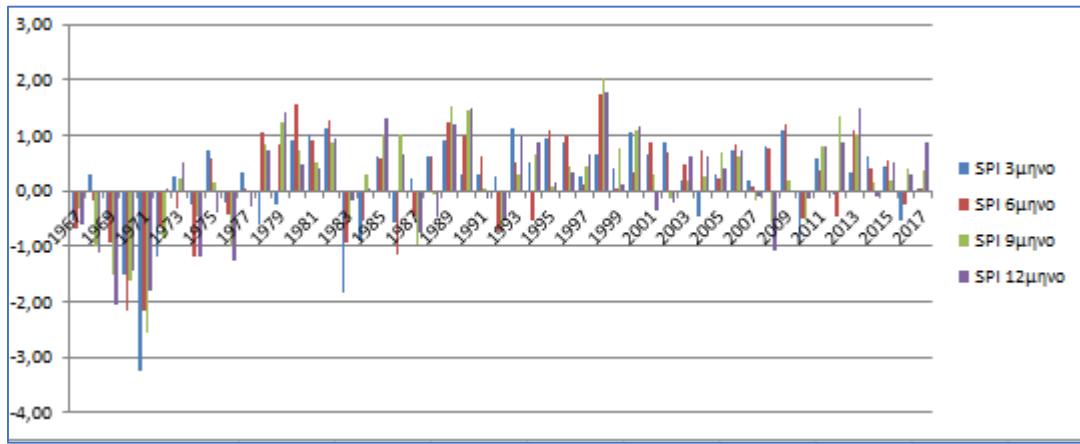


Figure 59: Nome, USA

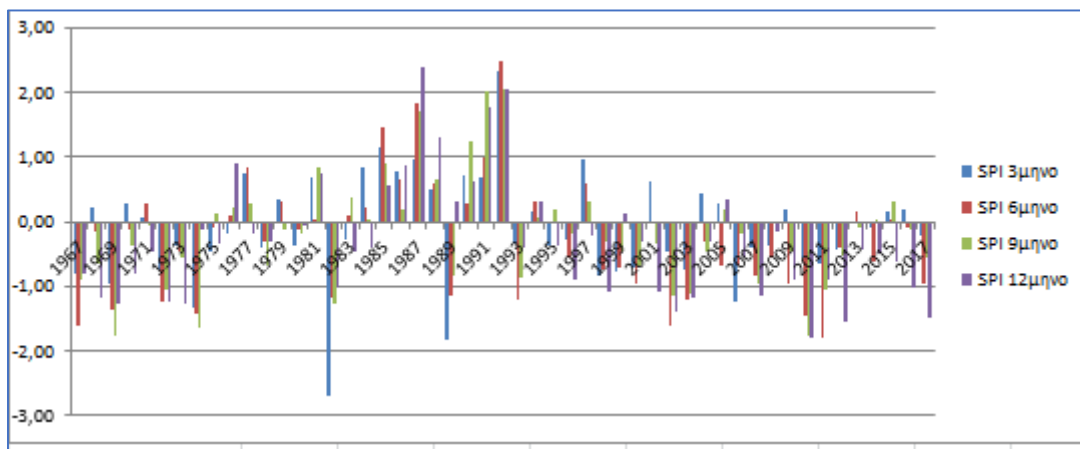


Figure 60: Yakutat, USA

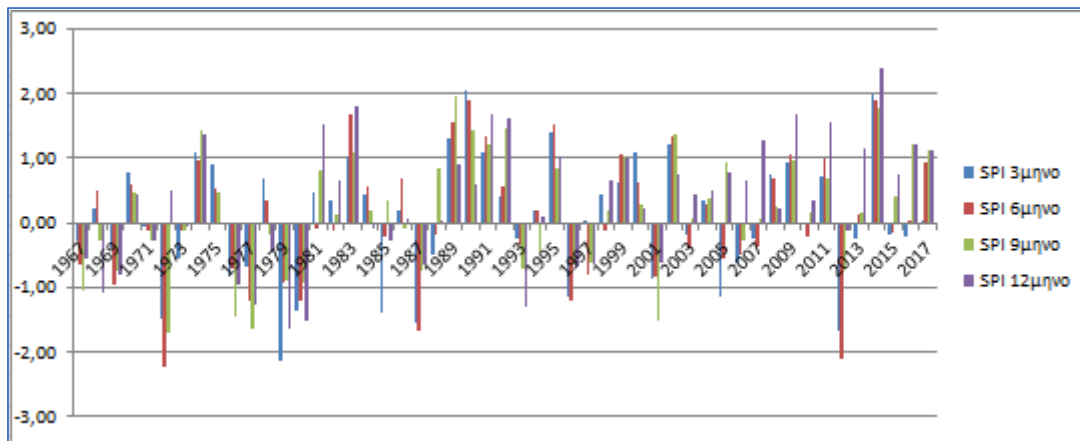


Figure 61: Akureyri, Iceland

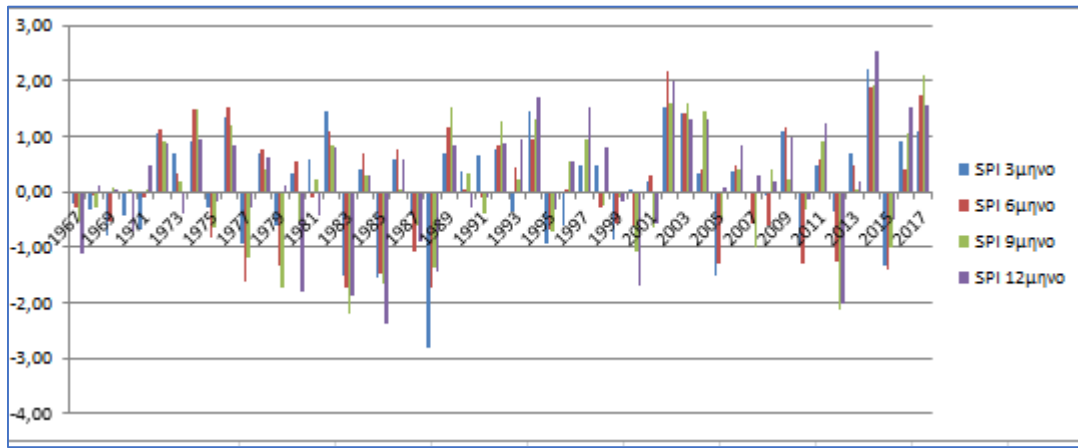


Figure 62: Hofn I Hornafirdi, Iceland

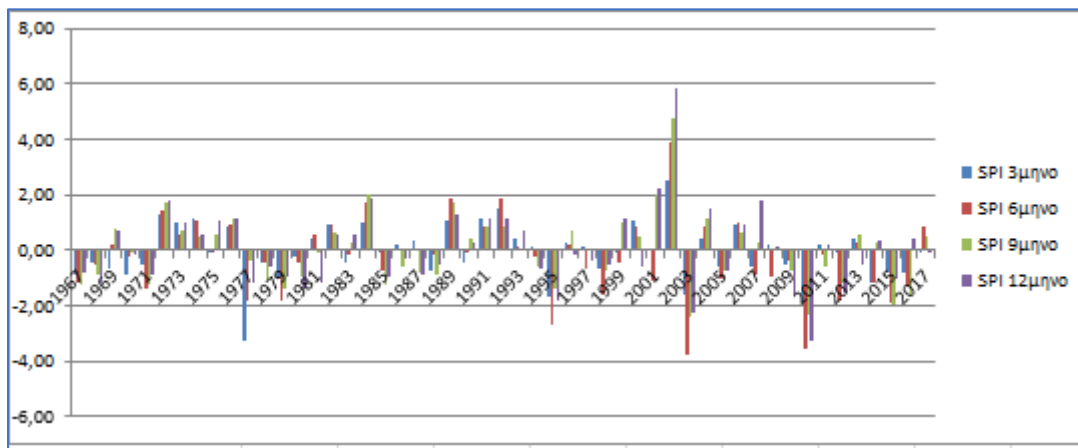


Figure 63: Keflavic, Iceland

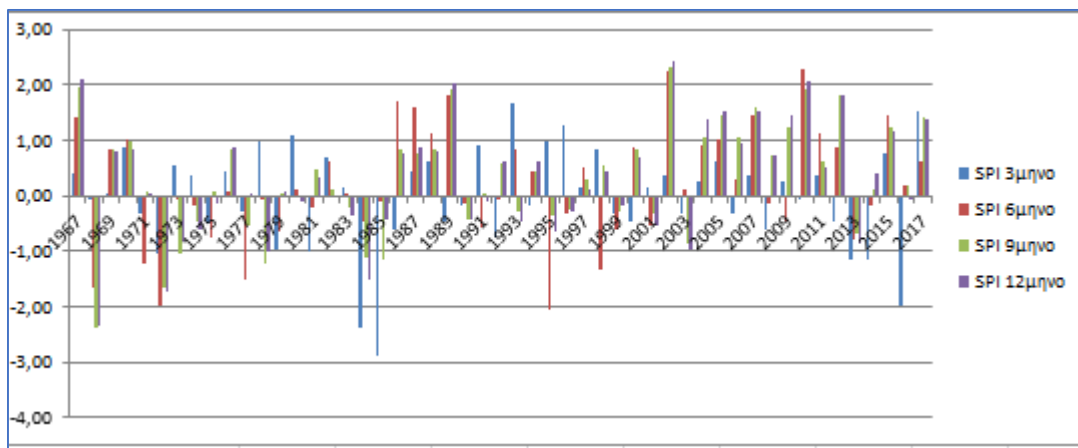


Figure 64: Dulan, China

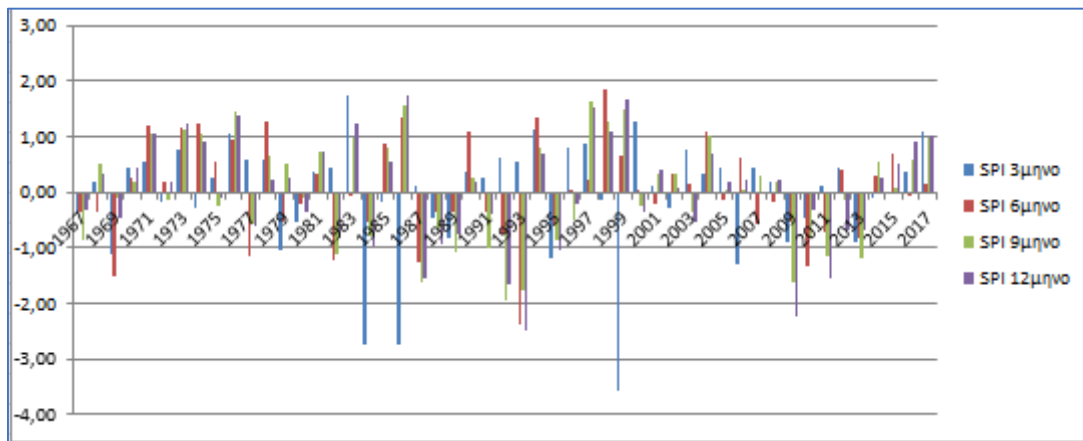


Figure 65: Kuenming, China

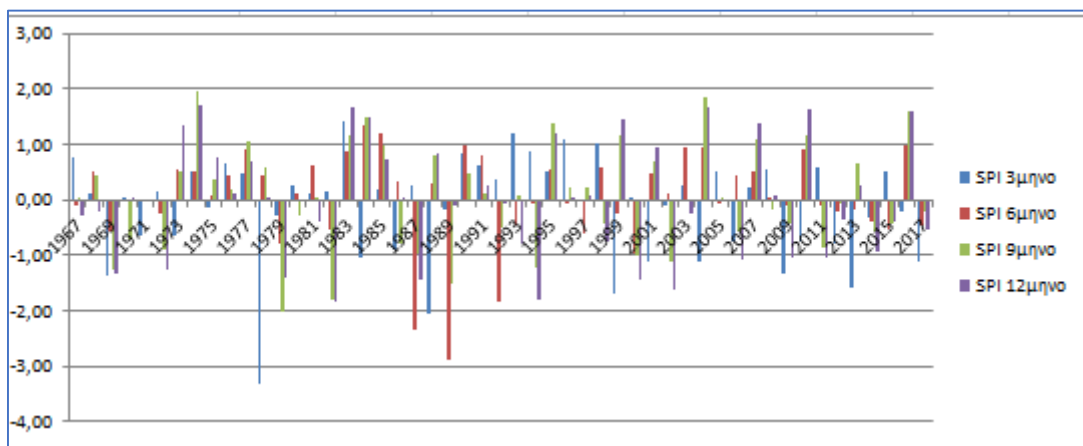


Figure 66: Tengchong, China

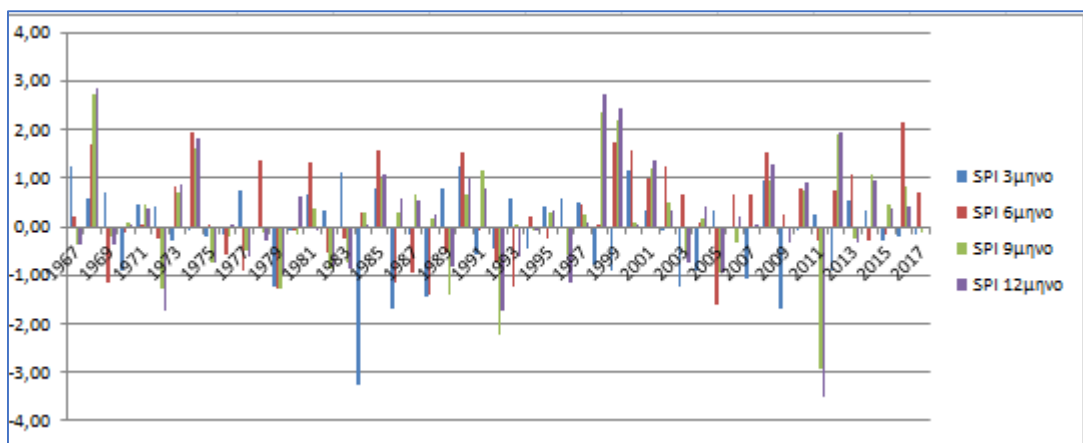


Figure 67: Xichang, China

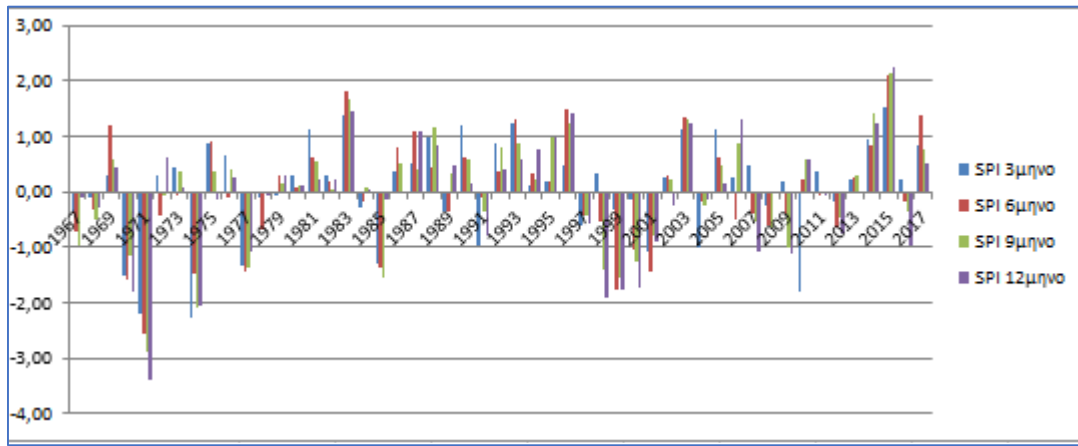


Figure 68: Shrinagar, India

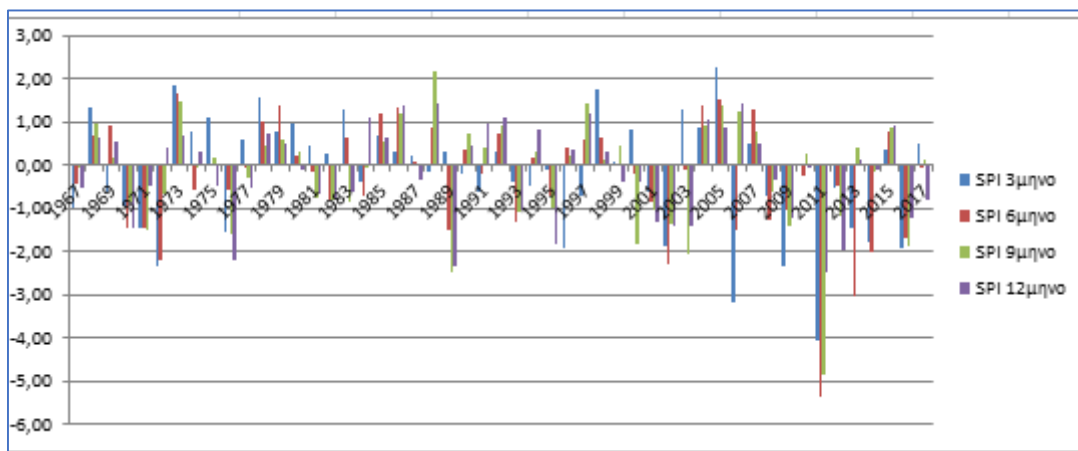


Figure 69: Albuquerque, USA

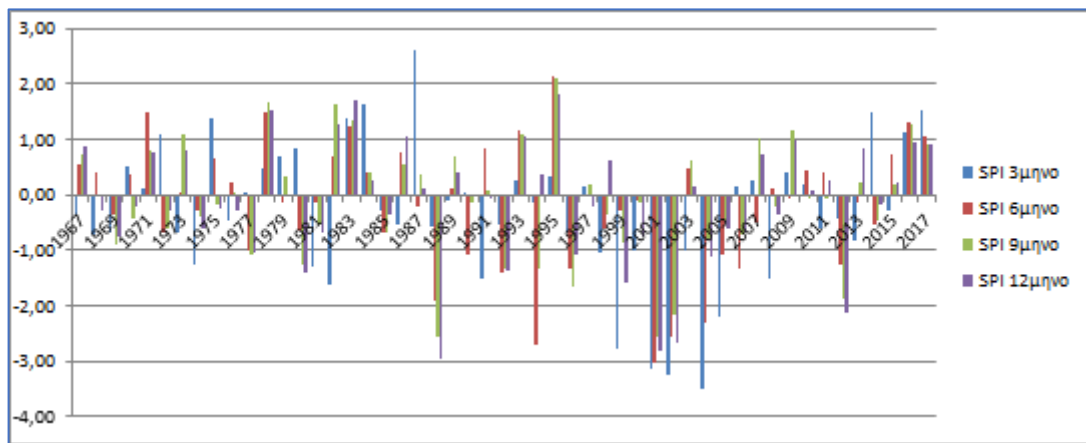


Figure 70: Casper, USA