



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Εκτίμηση της ξηρασίας στο Βόρειο Αιγαίο



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κυριάκος Κοκολάκης

Επιβλέπων Καθηγητής : Γεώργιος Τσακίρης

Αθήνα, Ιούνιος 2013

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα της Διπλωματικής μου εργασίας κ. Γεώργιο Τσακίρη, Καθηγητή του Τμήματος Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε παραχωρώντας μου την παρούσα εργασία. Παράλληλα, τον ευχαριστώ για την πολύτιμη επιστημονική βοήθεια που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Ευχαριστώ, επίσης θερμά τον Διδάκτωρ Χάρη Βαγγέλη, μέλος του Εργαστηρίου Εγγειοβελτιωτικών Έργων & Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της ΣΑΤΜ του ΕΜΠ, για την πολύτιμη βοήθεια του καθώς και την άμεση ανταπόκριση του στην επίλυση αποριών σε όλα τα στάδια της παρούσης εργασίας. Χωρίς την καθοδήγηση του, θα ήταν αδύνατη η περάτωση της εργασίας.

Επιπλέον, θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τη σύζυγο μου, για την ηθική στήριξη και συμπαράσταση που μου παρείχαν καθώς και την υπομονή που επέδειξαν, καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου στο ΕΜΠ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Διπλωματική εργασία έχει σαν σκοπό την εκτίμηση της ξηρασίας στην περιοχή του Βόρειου Αιγαίου.

Αρχικά, αιτήθηκαν από την ΕΜΥ Μετεωρολογικά δεδομένα (μηνιαία βροχόπτωση, μέση θερμοκρασία, μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία, ηλιοφάνεια, σχετική υγρασία και προσπίπτουσα ακτινοβολία) από σταθμούς των Νήσων Λέσβου, Χίου, Λήμνου, Σάμου και Ικαρίας.

Τα δεδομένα αυτά αφού ελήφθησαν, υπέστησαν επεξεργασία σε μορφή excel και τα κενά τα οποία υπήρχαν συμπληρώθηκαν με τους μέσους όρους. Εν συνεχεία, υπολογίστηκαν οι δείκτες ξηρασίας SPI και RDI, χρησιμοποιώντας το λογισμικό DRINC.

Με τις τιμές του SPI και RDI, κατασκευάστηκαν τα διαγράμματα σύγκρισης των δύο δεικτών ανά σταθμό τα οποία παρατίθενται στο Παράρτημα I της παρούσης.

Τέλος, κατασκευάστηκαν θεματικοί χάρτες της περιοχής για τα έτη 1981 έως 2004, με σκοπό την χαρτογραφική απεικόνιση των δεικτών ξηρασίας στην περιοχή μελέτης. Οι θεματικοί χάρτες παρατίθενται στο Παράρτημα II, ενώ για την κατασκευή τους χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ARCGIS.

ABSTRACT

This present report is intended to assess the drought in the North Aegean area.

Initially, meteorological data (monthly rainfall, average temperature, maximum and minimum temperature, sunshine, relative humidity and sunshine duration) from Lesvos, Chios, Limnos, Samos and Ikaria stations was requested by the HNMS.

These data once received, processed in excel format and all gaps were filled with their mean values. Subsequently, drought indices SPI and RDI were calculated, using DRINC software.

Diagrams which compare the two indices per station were constructed using the values of SPI and RDI. These diagrams are listed in Annex I.

Finally, thematic maps of the area for the years 1981 to 2004 were produced in order to map the drought indices in the study area. The thematic maps are listed in Annex II, while their construction was made using ARCGIS software.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - Το φαινόμενο της Ξηρασίας	7
1.1 Γενικά	7
1.2. Ορισμός της ξηρασίας	9
1.3. Είδη της ξηρασίας.....	9
1.4 Επιπτώσεις της ξηρασίας	12
1.5 Ξηρασία και Ευρωπαϊκή Ένωση.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - Δείκτες Ξηρασίας	14
2.1 Ο Δείκτης PDSI.....	14
2.2 Δείκτης Τυποποιημένης Βροχόπτωσης (SPI)	14
2.3 Reconnaissance Drought Index (RDI)	15
2.4 Ποσοστά Φυσιολογικής Βροχόπτωσης.....	16
2.5 Ο Δείκτης DECILES.....	17
2.6 Ο Δείκτης του FOLEY	17
2.7 Δείκτης CMI	18
2.8 Άλλοι Δείκτες	18
2.9 Σύγκριση SPI και PDSI	18
2.10 Μέθοδος υπολογισμού SPI και RDI	19
2.10.1 Μέθοδος υπολογισμού του δείκτη SPI	19
2.10.2 Μέθοδος υπολογισμού του δείκτη RDI	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου	24
3.1 Διοικητική Δομή	24
3.2 Ιστορικά Στοιχεία	25
3.3 Φυσικό Περιβάλλον	26
3.3.1. Φυσικό Περιβάλλον Λέσβου	28

3.3.2.	Φυσικό Περιβάλλον Χίου	29
3.3.3.	Φυσικό Περιβάλλον Λήμνου	30
3.3.4.	Φυσικό Περιβάλλον Σάμου	31
3.3.5.	Φυσικό Περιβάλλον Ικαρίας.....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - Υδρομετεωρολογικά Δεδομένα		33
4.1	Συλλογή Δεδομένων	33
4.2	Μετεωρολογικοί Σταθμοί.....	33
4.3	Επεξεργασία Δεδομένων	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - Ανάλυση δεδομένων και Αποτελεσμάτων		36
5.1	Ανάλυση Δεδομένων στη Νήσο Λέσβο	36
5.2	Ανάλυση Αποτελεσμάτων στη Νήσο Λέσβο.....	38
5.3	Ανάλυση Δεδομένων στη Νήσο Λήμνο	39
5.4	Ανάλυση Αποτελεσμάτων στη Νήσο Λήμνο.....	40
5.5	Ανάλυση Δεδομένων στη Νήσο Χίο	42
5.6.	Ανάλυση Αποτελεσμάτων στη Νήσο Χίο.....	43
5.7	Ανάλυση Δεδομένων στη Νήσο Σάμο	45
5.8	Ανάλυση Αποτελεσμάτων στη Νήσο Σάμο.....	46
5.9	Ανάλυση Δεδομένων στη Νήσο Ικαρία.....	48
5.10.	Ανάλυση Αποτελεσμάτων στη Νήσο Ικαρία	49
5.11	Ανάλυση Αποτελεσμάτων στη Περιοχή Μελέτης.....	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - Συμπεράσματα – Προτάσεις		53
6.1	Συμπεράσματα	53
6.2	Προτάσεις.....	54
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		55
ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ		57
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι - Διαγράμματα SPI-RDI		58
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ - Χάρτες Ξηρασίας 1981-2004.....		74

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ

1.1 Γενικά

Το νερό αποτελεί έναν από τους πολυτιμότερους φυσικούς μας πόρους. Ο κύκλος του νερού γνωστός και ως υδρολογικός κύκλος είναι η συνεχής ανακύκλωση του νερού της Γης μέσα στην υδρόσφαιρα και στην ατμόσφαιρα. Το συνεχές της κυκλικής διαδικασίας του κύκλου του νερού επιτυγχάνεται εξαιτίας της ηλιακής ακτινοβολίας.



Εικόνα 1 : Ο κύκλος του νερού (πηγή: www.wikipedia.org)

Το νερό του πλανήτη αλλάζει συνεχώς φυσική κατάσταση, από τη στερεά μορφή των πάγων στην υγρή μορφή των ποταμών, λιμνών και της θάλασσας και την αέρια κατάσταση των υδρατμών.

Πιο συγκεκριμένα, λόγω της θέρμανσης και των ανέμων στην επιφάνεια της γης τα νερά της εξατμίζονται και μαζεύονται ως υδρατμοί δημιουργώντας τα σύννεφα. Οι υδρατμοί συμπυκνώνονται, υγροποιούνται και στη συνέχεια πέφτουν ως βροχή ή άλλες μορφές νετού, εμπλουτίζοντας έτσι τις αποθήκες νερού της γης, είτε αυτές είναι επιφανειακές, όπως οι θάλασσες και οι λίμνες, είτε είναι υπόγειες (www.wikipedia.org).

Το φαινόμενο της ξηρασίας παρατηρείται πολύ συχνά σε χώρες της Μεσογείου και προκαλεί σοβαρά κοινωνικά και οικονομικά προβλήματα στους πληθυσμούς των χωρών αυτών. Αποτελεί μια ακραία υδρολογική κατάσταση

η οποία χαρακτηρίζεται από έλλειψη νερού και στην περίπτωση που πάρει μεγάλες διαστάσεις και γίνει ανεξέλεγκτη, μπορεί να διαταράξει τον φυσιολογικό ρυθμό ζωής σε μια περιοχή. Η λεπτομερής ανάλυση των επιπτώσεων της ξηρασίας αποτελεί ένα διεπιστημονικό αντικείμενο μελέτης που ξεφεύγει από τα όρια της υδρολογικής ανάλυσης που αναπτύσσεται στην εργασία αυτή.

Η ξηρασία σε αντίθεση με άλλα ακραία υδρολογικά φαινόμενα, όπως για παράδειγμα οι πλημμύρες, έχει μεγάλη χρονική διάρκεια και μπορεί να απαντηθεί σε διάφορες μορφές ανάλογα με την περιοχή μελέτης. Από επιστημονικής πλευράς, η μελέτη του φαινομένου της ξηρασίας περιλαμβάνει την ανάλυση χαρακτηριστικών τιμών υδρολογικών μεταβλητών (ύψος βροχόπτωσης, ηλιοφάνεια, υγρασία κ.α.) για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, τα οποία συλλέγονται από μετεωρολογικούς σταθμούς και εν συνεχεία τον υπολογισμό κατάλληλων δεικτών οι οποίοι αποτελούν ένα μέτρο ποσοτικής εκτίμησης της υγρασίας.

Οι έντονες κλιματικές αλλαγές που βιώνει ο πλανήτης τα τελευταία χρόνια εντείνουν το φαινόμενο της ξηρασίας και οι μελέτες που γίνονται στέλνουν ολοένα και περισσότερα ανησυχητικά μηνύματα για το μέλλον. Το φαινόμενο αυτό αναμένεται να πλήξει εντονότερα περιοχές της γης που ήδη αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα λόγω ξηρασίας, όπως για παράδειγμα στο Κέρας της Αφρικής. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου που δημιουργείται από τις ανεξέλεγκτες εκπομπές αερίων, εντείνει επίσης το πρόβλημα της ξηρασίας και μία μελέτη του Εθνικού Κέντρου Ατμοσφαιρικών Ερευνών (NCAR) των ΗΠΑ, που δημοσιεύτηκε στο διεπιστημονικό περιοδικό για θέματα κλιματικής αλλαγής "Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change", επισημαίνει ότι η Γη αντιμετωπίζει το φάσμα μιας ευρέως εξαπλωμένης ξηρασίας η οποία αναμένεται να επιφέρει σοβαρά προβλήματα στη γεωργία, τα αποθέματα νερού, τον τουρισμό, τη βιωσιμότητα των οικοσυστημάτων και γενικότερα στην ποιότητα ζωής των ανθρώπων.

Η αρχή και το πέρας του φαινομένου της ξηρασίας είναι δύσκολο να προσδιοριστούν και αυτή είναι μια σημαντική διαφορά του φαινομένου σε σύγκριση με άλλες φυσικές καταστροφές. Οι επιδράσεις της συσσωρεύονται αργά μέσα στον χρόνο και μπορεί να παραμείνουν για αρκετά χρόνια μετά τη λήξη του φαινομένου. Οι κοινωνικές επιδράσεις είναι λιγότερο ορατές και συνήθως πλήττουν μεγαλύτερες εκτάσεις σε σχέση με άλλες καταστροφές (πλημμύρες, σεισμοί) και για το λόγο αυτό είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν (NDMC, 2008).

1.2. Ορισμός της ξηρασίας

Δεν υπάρχει ένας διεθνής και ευρέως αποδεκτός επιστημονικός ορισμός για την ξηρασία καθώς αυτή διαφέρει από περιοχή σε περιοχή και εκφράζεται με διαφορετικούς παραμέτρους από κάθε μελετητή που την αναλύει και την εξετάζει ως φαινόμενο. Ένας ορισμός όμως που θα μπορούσαμε να δώσουμε είναι αυτός που χρησιμοποιεί και το Εθνικό Ινστιτούτο Αντιμετώπισης της Ξηρασίας του Πανεπιστημίου της Νεμπράσκα των ΗΠΑ (NDMC) σύμφωνα με το οποίο, *η ξηρασία ορίζεται ως η σημαντική έλλειψη βροχόπτωσης πέραν του φυσιολογικού και για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα που έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των υδάτων που χρησιμοποιούνται για διάφορες δραστηριότητες σε έναν τόπο.* Αυτό διαφέρει από μια προσωρινή έλλειψη νερού που οφείλεται σε ανθρώπινους παράγοντες όπως είναι η κακή διαχείριση του νερού ή οι λανθασμένες κατασκευές. Από τον παραπάνω ορισμό καταλαβαίνει κανείς την δυσκολία απόδοσης ενός κοινού αποδεκτού ορισμού καθώς η απαιτήσεις και οι ανάγκες σε νερό διαφέρουν χωρικά και χρονικά.

Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό κέντρο ξηρασίας (EDC), *η ξηρασία είναι μια παρατεταμένη και σε περιφερειακό επίπεδο εκτεταμένη εμφάνιση κάτω του μέσου όρου, της διαθεσιμότητας νερού. Η ξηρασία πλήττει όλες τις συνιστώσες του υδρολογικού κύκλου από έλλειμμα στην εδαφική υγρασία, μέσω της μείωσης της αναπλήρωσης υπόγειων υδάτων, της μείωσης των υδατοπαροχών και του στερέματος των λιμνών. Είναι ένα επαναλαμβανόμενο και παγκόσμιο φαινόμενο, με τις χωρικά και χρονικά χαρακτηριστικά που διαφέρουν σημαντικά από τη μία περιοχή στην άλλη.*

1.3. Είδη της ξηρασίας

Σύμφωνα με το Εθνικό Ινστιτούτο Αντιμετώπισης της Ξηρασίας του Πανεπιστημίου της Νεμπράσκα των ΗΠΑ (NDMC, 2008), η ξηρασία μπορεί να χωριστεί στις εξής κατηγορίες :

α. **Μετεωρολογική ξηρασία**, η οποία αναφέρεται στην έλλειψη βροχόπτωσης για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα σε σύγκριση με μία μέση κατάσταση. Η Μετεωρολογική Ξηρασία, συνδέεται άμεσα με την περιοχή στην οποία παρουσιάζεται καθώς εξαρτάται από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες οι οποίες μεταβάλλονται από περιοχή σε περιοχή (WMO, 2006).

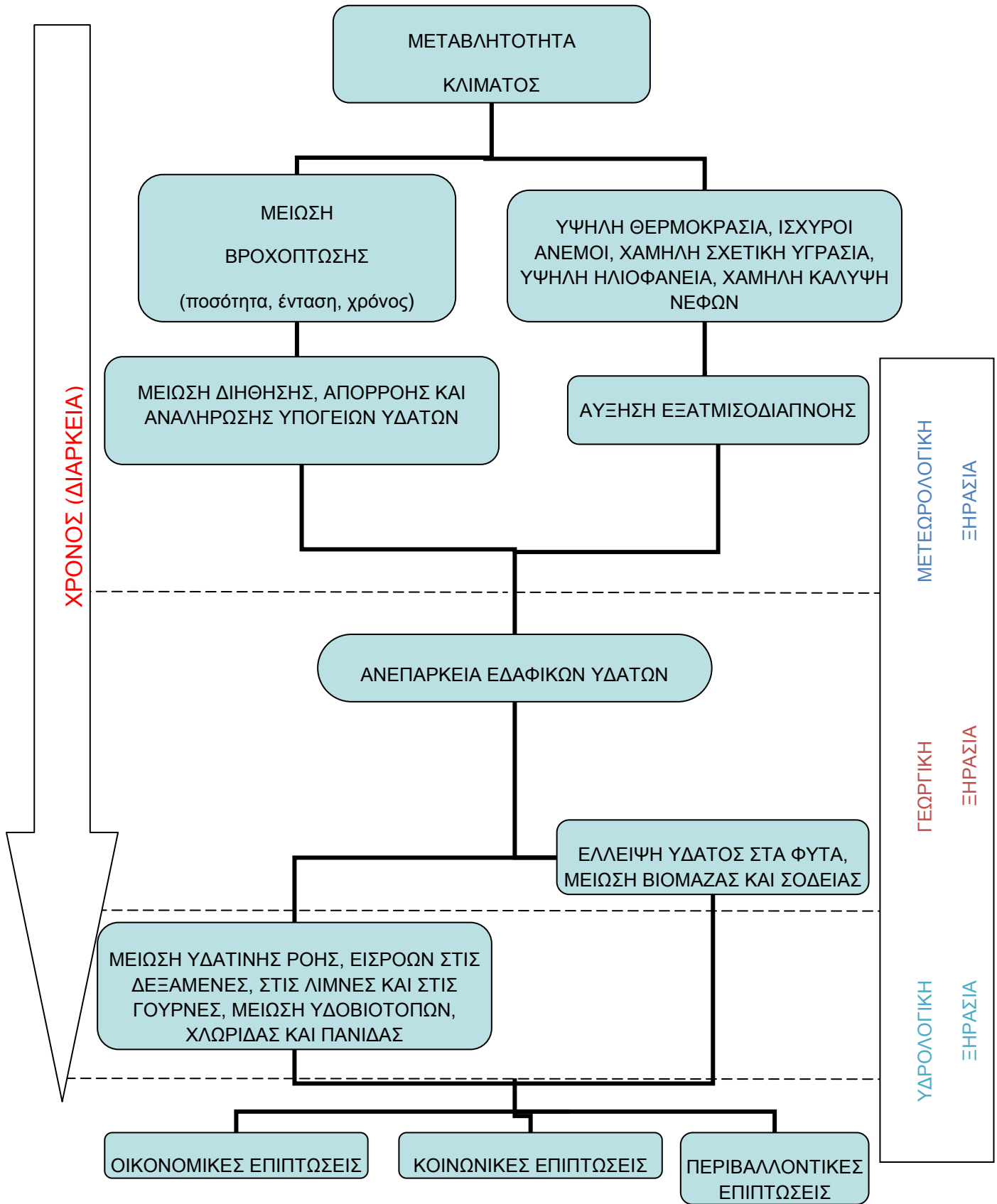
β. **Υδρολογική ξηρασία**, η οποία προκαλείται όταν η έλλειψη βροχόπτωσης, αρχίζει να μειώνει την διαθεσιμότητα των φυσικών και τεχνητών επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων. Συμβαίνει όταν υπάρχει σημαντική μείωση της επιφανειακής απορροής, πέραν του φυσιολογικού, ή όταν υπάρχει ελάττωση στην αναπλήρωση των υπόγειων υδάτων. Επειδή λοιπόν, η Μετεωρολογική Ξηρασία εμφανίζεται άμεσα με την

μείωση των βροχοπτώσεων και η Υδρολογική Ξηρασία εμφανίζεται με την μείωση των διαθέσιμων Υδατικών πόρων, είναι προφανές ότι η Υδρολογική Ξηρασία έπεται της Μετεωρολογικής. Η ένταση της Υδρολογικής Ξηρασίας εκτιμάται κυρίως από την επιρροή της στις λεκάνες απορροής των ποταμών.

γ. **Γεωργική Ξηρασία**, η οποία ορίζεται ως η μείωση της υγρασίας του εδάφους κάτω από το επίπεδο που απαιτείται για την ανάπτυξη μιας καλλιέργειας σε όλα τα στάδια αυτής με αποτέλεσμα την μείωση της σοδειάς. Συνδέει, τα χαρακτηριστικά της Μετεωρολογικής και Υδρολογικής Ξηρασίας στις επιπτώσεις που επιφέρουν στη Γεωργία. Πρέπει βέβαια να αναφέρουμε ότι οι ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό διαφέρουν ανάλογα τις επικρατούσες συνθήκες, το είδος της καλλιέργειας, το επίπεδο ανάπτυξης και τις ιδιότητες του εδάφους (*Mishra and Singh, 2010*).

δ. **Κοινωνικό-Οικονομική Ξηρασία**, η οποία προκαλείται όταν οι ανθρώπινες δραστηριότητες επηρεάζονται από την μείωση της βροχόπτωσης και την συναφή διαθεσιμότητα νερού. Αυτό το είδος Ξηρασίας συνδέει τις ανθρώπινες δραστηριότητες με τα στοιχεία της μετεωρολογικής, της γεωργικής και της υδρολογικής Ξηρασίας.

Το παρακάτω διάγραμμα ροής παρουσιάζει τα στάδια του φαινομένου της Ξηρασίας και πως αυτά εξελίσσονται χρονικά. Επίσης δείχνει την σχέση που συνδέει τα είδη Ξηρασίας και το τρόπο με τον οποίο εξελίσσονται χρονικά οι επιπτώσεις τις οποίες προκαλούν.



Διάγραμμα 1 : Η σχέση μεταξύ των ειδών ξηρασίας (πηγή : NDMC, 2008)

1.4 Επιπτώσεις της ξηρασίας

Οι ξηρασίες έχουν σημαδέψει την ανθρώπινη ιστορία από την αρχαιότητα. Αν και στερούνται το δράμα των σεισμών και των τυφώνων, οι ξηρασίες μπορούν να προκαλέσουν περισσότερους θανάτους και να εκτοπίσουν περισσότερους ανθρώπους από ότι οποιαδήποτε άλλη φυσική καταστροφή. Κατά τα τελευταία χρόνια μόνο, έχουν πληγεί διάφορα μέρη, όπως η Αυστραλία, η Βραζιλία, το Τζιμπουτί, τη Νοτιοανατολική Ευρώπη, το Μεξικό, η Ρωσία, η Σομαλία, η Ισπανία και οι Ηνωμένες Πολιτείες. Η μεταβλητότητα και η αλλαγή του κλίματος απειλεί να φέρει ακόμη υψηλότερες θερμοκρασίες, μεγαλύτερη εξάτμιση και αλλαγές στη συμπεριφορά των βροχοπτώσεων στα επόμενα χρόνια. Ενώ οι βροχοπτώσεις, και τα αποθέματα νερού ποικίλλουν σε όλο τον κόσμο, οι χώρες που είναι περισσότερο ευάλωτες σε σοβαρή ξηρασία είναι οι άνυδρες περιοχές του κόσμου, οι οποίες από το 1950 έχουν αυξηθεί κατά περίπου 2 % ανά δεκαετία.



Εικόνα 2 : Αποτελέσματα ξηρασίας
(πηγή : www.wikipedia.org)

Τα αποτελέσματα της ξηρασίας παράγουν πολλαπλές επιπτώσεις που πλήττουν πολλούς τομείς της οικονομίας και φτάνουν πέρα από τα όρια της περιοχής που αντιμετωπίζει το φαινόμενο της ξηρασίας. Αυτές οι επιπτώσεις αναφέρονται συνήθως ως άμεσες και έμμεσες. Μερικά παραδείγματα των άμεσων επιπτώσεων της ξηρασίας είναι η μείωση των καλλιεργήσιμων και λιβαδικών εκτάσεων, η μείωση της παραγωγικότητας των δασών, η αύξηση του κινδύνου δασικών πυρκαγιών, η μείωση των επιπέδων του νερού, η καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος και η αύξηση των ποσοστών θνησιμότητας των ζώων. Οι συνέπειες αυτών των άμεσων επιπτώσεων καταδεικνύουν και κάποιες έμμεσες επιπτώσεις της ξηρασίας. Για παράδειγμα, η μείωση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων αναμένεται να προκαλέσει συρρίκνωση του εισοδήματος των αγροτών και όλων των επαγγελματιών που ασχολούνται με τα αγροτικά προϊόντα. Αυτό, θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των τιμών όλων των πρωτογενών αλλά και δευτερογενών αγροτικών προϊόντων, την αύξηση της ανεργίας στον τομέα της γεωργίας και κτηνοτροφίας και τελικά την μείωση των φορολογικών εσόδων του κράτους. Στην πραγματικότητα, οι πολλαπλές επιπτώσεις της ξηρασίας είναι τόσο διάχυτες, που είναι πολύ δύσκολο να καταλήξουμε σε εκτιμήσεις δημοσιονομικών απωλειών. Οι φτωχότερες χώρες στην Αφρική και τη Μέση Ανατολή βρίσκονται σε ιδιαίτερο κίνδυνο. Οι επιπτώσεις της ξηρασίας μπορεί να διαρκέσουν μεγάλο χρονικό διάστημα και μετά την επιστροφή των

βροχοπτώσεων, με τα τρόφιμα να παραμένουν δυσεύρετα και ακριβά, την εξάντληση των υδάτινων πόρων, διαβρωμένα εδάφη και την εξασθένηση ζώων.

Εν κατακλείδι, η ξηρασία είναι ένα πολύπλοκο φυσικό φαινόμενο το οποίο μπορεί να επηρεάσει μια σειρά από τομείς τόσο σε τοπική όσο και σε περιφερειακή κλίμακα. Μπορεί να συμβεί σε μικρό χρονικό διάστημα, οποιαδήποτε στιγμή του έτους και οι επιπτώσεις της ποικίλλουν ανάλογα με τον τόπο και τα τρωτά του σημεία. Εκτός όμως από τις επιπτώσεις, ποικίλλουν και οι διαθέσιμες επιλογές σε τοπικό και εθνικό επίπεδο για την προετοιμασία και την αντιμετώπιση του φαινομένου της ξηρασίας (*UNCCD, Geneva, 2013*).

1.5 Ξηρασία και Ευρωπαϊκή Ένωση

Η βελτίωση της διαχείρισης του κινδύνου ξηρασίας αποτελεί αντικείμενο ειδικών κατευθύνσεων. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή συνιστά ιδίως στα κράτη μέλη να αναπτύξουν, όπως προβλέπεται στην οδηγία-πλαίσιο για τα ύδατα, σχέδια διαχείρισης κινδύνων της ξηρασίας έως το 2009, βάσει ανταλλαγής ορθών πρακτικών μεταξύ των χωρών και των μεθόδων που αναπτύσσονται σε επίπεδο ΕΕ. Σχεδιάζει επίσης τη σύσταση παρατηρητηρίου και συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης για τα φαινόμενα ξηρασίας, για τα οποία πρέπει να καταρτιστούν μέχρι το 2012 το αργότερο τα πρωτότυπα και να θεσπισθούν οι διαδικασίες εφαρμογής. Προτείνει επίσης τη βελτιστοποίηση της χρήσης του ταμείου αλληλεγγύης της ΕΕ και του ευρωπαϊκού μηχανισμού πολιτικής προστασίας, έτσι ώστε να καταστεί δυνατόν για τα κράτη μέλη που έχουν πληγεί σοβαρά από την ξηρασία να τύχουν ταχείας και προσαρμοσμένης ενίσχυσης (*Report from the commission to the European Parliament and the Council, 2011*).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΔΕΙΚΤΕΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ

2.1 Ο Δείκτης PDSI

Ο δείκτης PDSI (Palmer Drought Severity Index) αναπτύχθηκε το 1965, από τον Palmer στις ΗΠΑ. Πρόκειται για έναν αλγόριθμο της υγρασίας του εδάφους, βαθμονομημένο για σχετικά ομοιογενείς περιοχές και ειδικότερα για ημί-άνυδρες και ξηρές ύφυγρες κλιματικά περιοχές. Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί σε άλλες περιπτώσεις πέραν αυτών, μπορεί να οδηγήσει σε μη ρεαλιστικά αποτελέσματα. Ο δείκτης βασίζεται στις έννοιες «προσφοράς» και «ζήτησης» της εξίσωσης του υδατικού ισοζυγίου, λαμβάνοντας υπόψη τις τρέχουσες καιρικές και εδαφικές συνθήκες καθώς και το σύνηθες κλίμα της περιοχής. Όλοι οι βασικοί όροι της εξίσωσης του υδατικού ισοζυγίου μπορούν να καθοριστούν από τις εισόδους (δεδομένα), συμπεριλαμβανομένης της εξατμισοδιαπνοής, της εδαφικής αναπλήρωσης, της απορροής και της απώλειας της υγρασίας των επιφανειακών στρωμάτων. Ωστόσο, οι ανθρώπινες παρεμβάσεις που επηρεάζουν το υδατικό ισοζύγιο, όπως είναι η άρδευση, δεν λαμβάνονται υπόψη. Ο PDSI είναι ένας μετεωρολογικός δείκτης. Η έννοια της μεθόδου είναι ότι η ποσότητα της βροχόπτωσης που απαιτείται για την ομαλή λειτουργία της τοπικής οικονομίας, εξαρτάται από το μέσο κλίμα της περιοχής και από τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες τόσο κατά την διάρκεια όσο και πριν από την υπό εξέταση περίοδο. Ο δείκτης υπολογίζεται με δεδομένα την βροχόπτωση, τη θερμοκρασία όπως επίσης και τα υδατικά διαθέσιμα του εδάφους, χωρίς όμως να λαμβάνονται υπόψη η απορροή, οι λίμνες, τα αποθέματα νερού και άλλες μακροπρόθεσμες υδρολογικές επιπτώσεις (Palmer, 1965).

2.2 Δείκτης Τυποποιημένης Βροχόπτωσης (SPI)

Ο δείκτης SPI σχεδιάστηκε από τον McKee και τους συνεργάτες του στο Πανεπιστήμιο της πολιτείας του Colorado και είναι ένας σχετικά απλός δείκτης. Η έλλειψη βροχόπτωσης έχει διαφορετικές επιπτώσεις στα υπόγεια νερά, στα αποθέματα νερού, στην εδαφική υγρασία, στο συσσωρευμένο χιόνι και στην απορροή. Ο δείκτης SPI σχεδιάστηκε για να ποσοτικοποιήσει την έλλειψη βροχόπτωσης με βάση την πιθανότητα βροχόπτωσης για πολλαπλές χρονικές κλίμακες, αντανakλώντας τις επιπτώσεις της ξηρασίας στη διαθεσιμότητα των διαφόρων υδάτινων πόρων. Ο δείκτης SPI είναι λιγότερο πολύπλοκος από το δείκτη Palmer και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε

οποιαδήποτε περιοχή παρ' όλο που σχεδιάστηκε για την περιοχή του Colorado. Οι υπολογισμοί του βασίζονται σε μακροπρόθεσμα δεδομένα βροχόπτωσης για μια επιθυμητή χρονική περίοδο. Τα δεδομένα αυτά τοποθετούνται σε μια κατανομή πιθανότητας η οποία στη συνέχεια μετασχηματίζεται σε κανονική κατανομή, έτσι ώστε ο μέσος SPI για την επιθυμητή περιοχή και περίοδο να είναι μηδέν (Agnew, 2000). Η κατανομή που έχει επιλεγεί για τον υπολογισμό του SPI, είναι η κατανομή γάμμα, καθώς έχει παρατηρηθεί ότι προσαρμόζεται ικανοποιητικά στις χρονοσειρές βροχόπτωσης. Ο δείκτης SPI, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε περιοχή αρκεί να υπάρχουν επαρκή δεδομένα τριάντα (30) ή περισσότερων ετών.

2.3 Reconnaissance Drought Index (RDI)

Η πολυπλοκότητα στους υπολογισμούς κάποιων δεικτών ξηρασίας σε συνδυασμό με την απαίτηση μεγάλου πλήθους δεδομένων, οδήγησε στην ανάγκη ανάπτυξης δεικτών οι οποίοι να απαιτούν απλούς υπολογισμούς και όσο το δυνατόν λιγότερα δεδομένα. Ωστόσο, η έμφαση για την επιλογή ενός δείκτη ξηρασίας δίνεται πάντα στην αξιοπιστία και στη σταθερότητα χωρίς όμως να παραβλέπεται και η διαθεσιμότητα των απαιτούμενων δεδομένων. Η έλλειψη διαθέσιμων δεδομένων ήταν και η κύρια αιτία που οι πρώτες γενιές δεικτών που αναπτύχθηκαν βασίστηκαν μόνο σε μετεωρολογικά δεδομένα και για το λόγο αυτό ονομάστηκαν δείκτες μετεωρολογικής ξηρασίας. Όμως, αυτή η έλλειψη δεδομένων εξακολουθεί να υφίσταται ακόμη και σήμερα η οποία οφείλεται σε :

- α. Έλλειψη ή μη επαρκής κάλυψη αξιόπιστων μετρητικών σταθμών.
- β. Μικρά μήκη διαθέσιμων χρονοσειρών.
- γ. Πολλά κενά στις μετρήσεις λόγω βλαβών των μετρητικών σταθμών.

Έτσι λοιπόν οι ερευνητές οδηγήθηκαν στη χρήση απλών δεικτών οι οποίοι απαιτούν ελάχιστα δεδομένα, απλούς υπολογισμούς και ταυτόχρονα εξάγουν αξιόπιστα αποτελέσματα συνδέοντας με το βέλτιστο τρόπο την τιμή του δείκτη με την ένταση της ξηρασίας. Ένα παράδειγμα ενός τέτοιου δείκτη είναι ο δείκτης SPI που αναπτύχθηκε παραπάνω και ο οποίος μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα για την ένταση της ξηρασίας χρησιμοποιώντας μόνο τα δεδομένα της βροχόπτωσης. Το μόνο πρόβλημα που παρατηρείται στην χρήση αυτού του δείκτη είναι όταν χρειαστεί να υπολογιστεί ο δείκτης σε περιοχές με διαφορετικό κλίμα. Στην περίπτωση αυτή τα αποτελέσματα του δείκτη για τις περιοχές αυτές δεν μπορούν να είναι συγκρίσιμα καθώς οι επιπτώσεις της ξηρασίας διαφέρουν σε κάθε περιοχή.

Προκειμένου αφενός να καλυφθεί το έλλειμμα της μετεωρολογικής προσέγγισης που συχνά εξαρτάται από τα τοπικά μετεωρολογικά φαινόμενα και αφετέρου να συνδεθεί αποτελεσματικά η τιμή του δείκτη της ξηρασίας με τις επιπτώσεις που αυτή επιφέρει, η ερευνητική ομάδα του Εργαστηρίου Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της ΣΑΤΜ του ΕΜΠ μέσα από την Διδακτορική Διατριβή του Χ. Βαγγέλη (2012) , ανέπτυξε την δημιουργία του δείκτη RDI. Ο δείκτης αυτός, λαμβάνει υπόψη του, όχι μόνο την βροχόπτωση αλλά και το πιο καθοριστικό παράγοντα απωλειών του υδρολογικού κύκλου που είναι η εξατμισοδιαπνοή. Ο RDI προσεγγίζει την ξηρασία μέσα από κάποιας μορφής ισοζύγιο μεταξύ «εισροών» και «εκροών» στο υδατικό σύστημα. Ως «εισροή» θεωρείται η βροχόπτωση (P), ενώ ως «εκροή» θεωρείται η δυνητική εξατμισοδιαπνοή (PET). Η χρήση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής ως πραγματική εκροή του συστήματος, θα δημιουργούσε πολυπλοκότητα στους υπολογισμούς και επομένως αβεβαιότητα των αποτελεσμάτων. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκε η χρήση της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής η οποία αντιπροσωπεύει την ικανότητα της ατμόσφαιρας να αποσπά νερό από το υδατικό σύστημα και να δημιουργεί απώλειες των εισροών του συστήματος που αντιπροσωπεύει η βροχόπτωση (Τσακίρης και Βαγγέλης, 2005).

2.4 Ποσοστά Φυσιολογικής Βροχόπτωσης

Τα ποσοστά της Φυσιολογικής Βροχόπτωσης αποτελούν έναν από τους πιο απλούς τρόπους προσδιορισμού της ξηρασίας σε μία περιοχή. Τα αποτελέσματα της μεθόδου αυτής είναι δύσκολο να γίνουν κατανοητά αφού πολλές φορές διαφορετικές καταστάσεις μπορούν να περιγραφούν με τα ποσοστά σε διαφορετικές περιοχές ή διαφορετικές εποχές του έτους. Η μέση τιμή της βροχόπτωσης σε μια περιοχή για μια περίοδο τριάντα (30) ετών θεωρείται τυπικά ως Φυσιολογική και ο υπολογισμός των ποσοστών της φυσιολογικής βροχόπτωσης προκύπτει διαιρώντας την πραγματική τιμή της βροχόπτωσης σε ένα σημείο με τη μέση τιμή της βροχόπτωσης και το αποτέλεσμα πολλαπλασιάζεται με το 100%. Ο υπολογισμός αυτός μπορεί να γίνει για διάφορες χρονικές κλίμακες που κυμαίνονται από ένα μήνα μέχρι ένα αριθμό συνεχόμενων μηνών που αντιπροσωπεύουν μια εποχή ή ένα υδρολογικό έτος. Η μέθοδος αυτή αν και είναι απλή στην εφαρμογή της και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προκαταρκτική ανάλυση παρουσιάζει ένα σημαντικό μειονέκτημα καθώς πολύ συχνά η μέση τιμή της βροχόπτωσης δεν είναι η ίδια με τη τιμή που θα ξεπεραστεί στο 50% των περιπτώσεων. Σε αυτή την περίπτωση, τα ποσοστά βροχόπτωσης δεν εκφράζουν την πραγματική κατάσταση ξηρασίας (Hayes et al, 2007).

2.5 Ο Δείκτης DECILES

Ο δείκτης Deciles (δέκατα της βροχόπτωσης) αναπτύχθηκε το 1967 από τους Gibbs και Maher προκειμένου να ξεπεραστούν οι αδυναμίες που υπήρχαν στη μέθοδο των ποσοστών Φυσιολογικής βροχόπτωσης. Σύμφωνα με τη τεχνική που αναπτύχθηκε, η κατανομή μιας μεγάλης σε διάρκεια χρονοσειρά βροχόπτωσης χωρίζεται σε δέκατα της κατανομής (δεκατημόρια). Το πρώτο δεκατημόριο είναι αυτό στο οποίο το ύψος των βροχοπτώσεων δεν υπερβαίνει το χαμηλότερο 10% βροχόπτωσης. Το δεύτερο δεκατημόριο είναι στο οποίο το ύψος των βροχοπτώσεων δεν υπερβαίνει το χαμηλότερο 20% της βροχόπτωσης και αυτό συνεχίζεται μέχρι το ποσό βροχόπτωσης στο δέκατο δεκατημόριο να είναι το μεγαλύτερο ποσό βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια της χρονοσειράς. Η μέθοδος αυτή επιλέχθηκε για τη μέτρηση της μετεωρολογικής ξηρασίας στην Αυστραλία, λόγω του ότι είναι απλή στον υπολογισμό και απαιτεί λιγότερα δεδομένα σε σχέση με τον δείκτη Palmer. Ένα σημαντικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι απαιτείται μια μεγάλη κλιματολογική χρονοσειρά για να υπολογιστούν με ακρίβεια τα δεκατημόρια (*Gibbs and Maher, 1967*).

2.6 Ο Δείκτης του FOLEY

Η υπέρβαση του ελλείματος της βροχόπτωσης σε μία χρονική περίοδο, συγκρινόμενη με το μέσο όρο μπορεί να ολοκληρωθεί με αποτέλεσμα την παραγωγή ενός γραφήματος αθροιστικών αποκλίσεων που ονομάζεται καμπύλη αθροιστικών υπολοίπων. Μια διαδοχική σειρά ανεπαρκειών μπορεί να καταλήξει σε ένα συνολικό έλλειμμα, το οποίο προσδιορίζει μια περίοδο ξηρασίας. Τα γραφήματα αυτά έχουν το πλεονέκτημα ότι παρουσιάζουν οπτικά την ένταση και τη διάρκεια του φαινομένου αλλά έχουν και το μειονέκτημα ότι τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ισοβαρή ανεξάρτητα από το είδος των καλλιεργειών. Το 1957, ο Foley εξέφρασε τα ελλείματα αυτά σε ποσοστά επί τις χιλίους της ετήσιας βροχόπτωσης. Τα ποσοστά αυτά μπορούν να διαιρεθούν με τον αριθμό των μηνών της χρονικής περιόδου που εξετάζεται δίνοντας ένα δείκτη της έντασης του φαινομένου. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε στην Αυστραλία με μεγάλη επιτυχία (*Foley, 1957*).

2.7 Δείκτης CMI

Ο δείκτης CMI (Crop Moisture Index), αποτελεί ένα παράγωγο δείκτη του PDSI και αντανakλά την παροχή υγρασίας βραχυπρόθεσμα σε μεγάλες καλλιέργειες περιοχών ενώ δεν προορίζεται για μακροπρόθεσμη αξιολόγηση της ξηρασίας. Ο Δείκτης CMI χρησιμοποιεί μία μετεωρολογική προσέγγιση για την παρακολούθηση από εβδομάδα σε εβδομάδα της κατάστασης των καλλιεργειών. Αυτό αναπτύχθηκε από τον Palmer το 1968 μέσα από τις διαδικασίες του υπολογισμού του δείκτη PDSI. Ενώ ο PDSI παρακολουθεί μακροπρόθεσμες μετεωρολογικές υγρές και ξηρές περιόδους, ο δείκτης CMI σχεδιάστηκε για να αξιολογήσει τις βραχυπρόθεσμες συνθήκες υγρασίας σε περιοχές με σημαντικές καλλιέργειες παραγωγής. Βασίζεται στη μέση θερμοκρασία και την συνολική βροχόπτωση κάθε εβδομάδας, καθώς και την τιμή του CMI από την προηγούμενη εβδομάδα (*National Drought Mitigation Center*).

2.8 Άλλοι Δείκτες

Πολλοί άλλοι δείκτες έχουν χρησιμοποιηθεί παγκοσμίως για να προσδιορίσουν το φαινόμενο της ξηρασίας. Ένας από αυτούς, ο δείκτης αποθεμάτων επιφανειακών υδάτων (Surface Water Supply Index) (SWSI) σχεδιάστηκε από τους *Shafer και Dezman (1982)* με σκοπό, να ενσωματώσει υδρολογικά και μετεωρολογικά χαρακτηριστικά σε μία ενιαία τιμή του δείκτη, θυμίζοντας το δείκτη Palmer για μεγάλες λεκάνες απορροής. Επίσης, ο δείκτης ξηρασίας *Palfai* είναι η αναλογία της μέσης θερμοκρασίας από τον Απρίλη έως τον Αύγουστο και της βροχόπτωσης από τον Οκτώβρη έως τον Αύγουστο εστιάζοντας στην κύρια εποχή ανάπτυξης των καλλιεργειών (*Palfai., 1990*).

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί επίσης μια νέα ομάδα δεικτών οι οποίοι στηρίζονται σε δορυφορικά δεδομένα και αξιοποιούν τις δυνατότητες της ψηφιακής τηλεπισκόπησης. Τα δεδομένα αυτά αφορούν κυρίως σε μετρήσεις της φασματικής υπογραφής διαφόρων ειδών καλλιεργειών κυρίως στο υπέρυθρο και εγγύς υπέρυθρο φάσμα. Ο πιο γνωστός και διαδεδομένος δείκτης αυτής της κατηγορίας είναι ο δείκτης NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), ο οποίος προτάθηκε από τον *Tucker (1979)*.

2.9 Σύγκριση SPI και PDSI

Ο SPI έχει αρκετά πλεονεκτήματα έναντι του PDSI. Είναι ένας απλός δείκτης που βασίζεται μόνο στη βροχόπτωση, ενώ ο PDSI απαιτεί πολύπλοκους υπολογισμούς. Ο δείκτης SPI είναι ευέλικτος, καθώς μπορεί να υπολογιστεί σε οποιαδήποτε χρονική κλίμακα, το οποίο του δίνει την

ικανότητα να παρακολουθεί καταστάσεις σημαντικές για διάφορα είδη εφαρμογών. Αυτή η ευελιξία είναι ζωτικής σημασίας για τον έλεγχο της δυναμικής της ξηρασίας συμπεριλαμβανομένης της αρχής και του τέλους της. Αυτό είναι δύσκολο να επιτευχθεί με άλλους δείκτες. Επειδή βασίζεται μόνο στη βροχόπτωση και όχι στις εκτιμώμενες συνθήκες εδαφικής υγρασίας, όπως ο PDSI, ο SPI είναι επίσης αποτελεσματικός κατά τους χειμερινούς μήνες. Επίσης, λόγω της κανονικής κατανομής των τιμών του SPI, οι συχνότητες της εμφάνισης υπερβολικής και μεγάλης ξηρασίας για οποιαδήποτε περιοχή και οποιαδήποτε χρονική κλίμακα είναι σταθερές. Ο SPI μπορεί εύκολα να συσχετισθεί με την πιθανότητα μη εμφάνισης καθώς και επανεμφάνισης του φαινομένου της ξηρασίας (Γ. Τσακίρης και Χ. Βαγγέλης, 2005). Από την άλλη πλευρά ο PDSI, σύμφωνα με τον Alley (1984), έχει τρία κύρια πλεονεκτήματα. Το πρώτο είναι ότι παρέχει μια μέτρηση της ανωμαλίας των πρόσφατων χαρακτηριστικών του καιρού για μια περιοχή και τοποθετεί τις τρέχουσες καιρικές συνθήκες σε μια ιστορική βάση. Το δεύτερο είναι ότι έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στις Η.Π.Α. και έχει αποδείξει ότι είναι πιο αποτελεσματικός στις μετρήσεις επιπτώσεων της ξηρασίας στη Γεωργία καθώς και στην παρακολούθηση του φαινομένου με σκοπό την έγκαιρη ενημέρωση. Τέλος, έχει τη δυνατότητα χωρικής και χρονικής αναπαράστασης των ιστορικών ξηρασιών.

2.10 Μέθοδος υπολογισμού SPI και RDI

2.10.1 Μέθοδος υπολογισμού του δείκτη SPI

Όπως προαναφέρθηκε, ο δείκτης SPI βασίζεται μόνο στην βροχόπτωση και σχεδιάστηκε από τον Mckee έτσι ώστε να είναι σχετικά απλός. Είναι δείκτης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί όλο το χρόνο και εφαρμόζεται στις συνθήκες αποθεμάτων και τροφοδοσίας του νερού, παρέχοντας πληροφορίες για την υποστήριξη του δείκτη PDSI. Για τον υπολογισμό του δείκτη SPI, απαιτούνται μηνιαία δεδομένα βροχόπτωσης για ένα χρονικό διάστημα τουλάχιστον 30 ετών (χρονοσειρά αθροιστικής βροχόπτωσης). Ο Mckee χρησιμοποίησε αρχικά μία ελλειπή κατανομή για τον υπολογισμό του SPI. Εν συνεχεία, έγιναν προσπάθειες για την τυποποίηση του δείκτη SPI. Στη χρονοσειρά αθροιστικής βροχόπτωσης, για την συγκεκριμένη χρονική κλίμακα που μας ενδιαφέρει, προσαρμόζεται μία συνάρτηση κατανομής πιθανότητας. Η κατανομή αυτή μετασχηματίζεται στη συνέχεια σε μία κανονική κατανομή, χρησιμοποιώντας ίση πιθανότητα με μέσο όρο το 0 και τυπική απόκλιση το 1, έτσι ώστε η μέση τιμή του SPI για τη συγκεκριμένη τοποθεσία και χρονική περίοδο να είναι μηδέν. Θετικές τιμές του SPI δείχνουν βροχόπτωση μεγαλύτερη του μέσου όρου, ενώ αρνητικές τιμές δείχνουν βροχόπτωση μικρότερη του μέσου όρου. Επειδή ο δείκτης SPI έχει

κανονικοποιηθεί, τόσο τα υγρότερο όσο και τα ξηρότερο κλίμα καθώς και οι υγρές περιόδους μπορούν να παρακολουθούνται με αυτόν.

Η κατανομή που έχει επιλεγεί για τη χρήση με το δείκτη SPI είναι η κατανομή γάμα, καθώς έχει παρατηρηθεί ότι προσαρμόζεται καλύτερα στις χρονοσειρές αθροιστικής βροχόπτωσης. Με το τρόπο αυτό, ο SPI υπολογίζεται ως η διαφορά της βροχόπτωσης από το μέσο όρο για μία συγκεκριμένη περίοδο διαιρεμένη με την τυπική απόκλιση :

$$SPI = \frac{Xi - \bar{Xi}}{\sigma} \quad (2.1)$$

όπου

Xi : η βροχόπτωση για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο κατά τη διάρκεια ενός έτους i και \bar{Xi} , σ : η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση αντίστοιχα για την συγκεκριμένη περίοδο.

Επειδή οι τιμές του δείκτη SPI ακολουθούν μία τυπική κανονική κατανομή είναι αναμενόμενο οι τιμές αυτές να είναι εντός του διαστήματος της τυπικής απόκλισης στο 68% των περιπτώσεων, εντός του διπλασίου διαστήματος της τυπικής απόκλισης στο 95% των περιπτώσεων και εντός του τριπλασίου διαστήματος της τυπικής απόκλισης στο 99% των περιπτώσεων. Ο SPI έχει την δυνατότητα να ποσοτικοποιεί την έλλειψη βροχόπτωσης για πολλαπλές χρονικές κλίμακες. Αυτές οι χρονικές κλίμακες αντικατοπτρίζουν τις συνέπειες της ξηρασίας στην διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων. Η απορροή, τα υπόγεια νερά και τα αποθέματα αντανakλούν τις μακροπρόθεσμες ανωμαλίες της βροχόπτωσης, ενώ η εδαφική υγρασία τις βραχυπρόθεσμες. Για τους λόγους αυτούς ο SPI υπολογίστηκε για χρονικές κλίμακες των 3, 6, 12, 24 και 48 μηνών. Ο 3-μηνών SPI αντανakλά βραχυπρόθεσμες και μεσοπρόθεσμες συνθήκες υγρασίας και παρέχει μια εποχιακή εκτίμηση της βροχόπτωσης. Συγκρίνει την βροχόπτωση για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο 3 μηνών με τη συνολική βροχόπτωση της ίδιας περιόδου όλων των ετών που περιλαμβάνονται στα δεδομένα. Μία σχετικά κανονική περίοδο 3 μηνών θα μπορούσε να είναι στη μέση μιας μακροπρόθεσμης περιόδου ξηρασίας η οποία ήταν ορατή μόνο σε μεγαλύτερες χρονικές κλίμακες. Ο 3-μηνών SPI μπορεί να είναι παραπλανητικός σε περιοχές που είναι συνήθως ξηρές κατά την διάρκεια αυτής της 3-μηνιαίας περιόδου. Ο SPI 6-μήνου μπορεί να είναι πολύ αποτελεσματικός παρουσιάζοντας τη βροχόπτωση σε διαφορετικές εποχές, υποδεικνύοντας μεσοπρόθεσμες τάσεις της. Πληροφορίες από τις τιμές του 6-μηνιαίου SPI μπορούν να συσχετισθούν με ανωμαλίες στην απορροή και στα επίπεδα αποθεμάτων. Ο δείκτης SPI θεωρείται περισσότερο ευαίσθητος στις συνθήκες από τον δείκτη PALMER. Ένας 12-μηνος SPI αντικατοπτρίζει

μακροπρόθεσμα διαγράμματα βροχόπτωσης. Οι μεγαλύτεροι σε διάρκεια SPI τείνουν προς το 0, εκτός εάν μια συγκεκριμένη τάση λαμβάνει χώρα. Σε αυτές τις χρονικές κλίμακες οι SPI είναι πιθανόν να συνδέονται με απορροές, επίπεδα αποθεμάτων καθώς και επίπεδα υπόγειων υδάτων. Η κλίμακα κατάταξης του SPI χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τις συνθήκες ξηρασίας, σύμφωνα με τις τιμές του δείκτη, όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω πίνακα (Mckee, Doesken and Kleist, 1993).

Τιμές του SPI	Κατηγορία περιόδου
SPI>2	Υπερβολικά υγρή
1,50<SPI<1,99	Πολύ υγρή
1,00<SPI<1,49	Μέτρια υγρή
-0,99<SPI<0,99	Φυσιολογική
-1,00<SPI<-1,49	Μέτρια ξηρή
-1,50<SPI<-1,99	Πολύ ξηρή
SPI<-2	Υπερβολικά ξηρή

Πίνακας 1 : Κατηγοριοποίηση αναλόγως των τιμών SPI (πηγή: Τσακίρης και Βαγγέλης, 2004)

Πολλές διαφορετικές κατηγοριοποιήσεις έχουν προταθεί, αλλά η συγκεκριμένη είναι αυτή που χρησιμοποιείται από τους περισσότερους επιστήμονες. Σύμφωνα με τον Hayes ο όρος «στεγνό» χρησιμοποιείται γιατί είναι πιο κατάλληλος για βραχυπρόθεσμες κλίμακες και οι κατηγορίες αντανακλούν τα χαμηλότερα ποσοστά που θα συμβούν με τις κατηγορίες «πολύ» και «υπερβολικά». Οι τιμές που αποδόθηκαν στον SPI για της διάφορες κατηγορίες ξηρασίας αμφισβητήθηκαν από τον Agnew, ο οποίος πρότεινε εναλλακτικές με πιο ορθολογικά κατώτατα όρια. Η πρόταση του βασίζεται περισσότερο στις πιθανότητες και λιγότερο στα μεγέθη του SPI και για το λόγο αυτό προτείνεται ως μια πιο ορθολογική προσέγγιση. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο SPI δεν έχει χρησιμοποιηθεί και δοκιμαστεί ευρέως καθώς είναι ένας σχετικά νέος δείκτης.

2.10.2 Μέθοδος υπολογισμού του δείκτη RDI

Ο δείκτης RDI βασίζεται στο λόγο δύο αθροιστικών ποσοτήτων, της βροχόπτωσης και της εξατμισοδιαπνοής

$$a_k = \frac{\sum_{j=1}^k P_j}{\sum_{j=1}^k PET_j} \quad (2.2)$$

όπου P_j και PET_j η βροχόπτωση και η δυνητική εξατμισοδιαπνοή αντίστοιχα, του μήνα j του συγκεκριμένου υδρολογικού έτους. Από την παραπάνω σχέση μπορεί να εκτιμηθεί η αρχική τιμή του RDI για οποιαδήποτε χρονική στιγμή κατά την διάρκεια ενός συγκεκριμένου υδρολογικού έτους το οποίο για τις Μεσογειακές συνθήκες ξεκινάει από τον Οκτώβριο. Οι χρονικές περίοδοι που προτείνονται για τον υπολογισμό είναι 3, 6, 9 και 12 μήνες. Στην τελευταία περίπτωση, το αποτέλεσμα κάθε έτους μπορεί να συγκριθεί με τον δείκτη ξηρότητας (aridity index) της συγκεκριμένης περιοχής. Αν ο δείκτης a_k είναι μικρότερος από τον δείκτη ξηρότητας όπως αυτός προκύπτει σύμφωνα με τον UNEP, τότε η περιοχή θεωρείται ότι πλήττεται από ξηρασία για το συγκεκριμένο έτος υπολογισμού.

Η τιμή a_k του RDI ενώ χρησιμοποιεί την βροχόπτωση και την δυνητική εξατμισοδιαπνοή δεν μπορεί να δώσει άμεση απάντηση σχετικά με την ύπαρξη ξηρασίας σε μία περιοχή. Για να γίνει αυτό, πρέπει η τιμή a_{12} να συγκριθεί με τη μέση τιμή \bar{a}_{12} , που είναι ίση με τον δείκτη ξηρότητας για την εξεταζόμενη περιοχή και η διαφορά τους αποτελεί μέτρο έντασης της ξηρασίας.

Για να ξεπεραστεί το πρόβλημα αυτό έχουν αναπτυχθεί δύο εκφράσεις του δείκτη RDI, οι οποίες παρουσιάζουν την ύπαρξη και την ένταση της ξηρασίας, χωρίς να χρειάζεται η σύγκριση του δείκτη με κάποια άλλη ποσότητα. Οι δύο αυτές εκφράσεις ονομάζονται Normalized (Κανονικοποιημένος) και Standardized (Τυποποιημένος) RDI και υπολογίζονται με τις σχέσεις :

$$\text{Normalized : } RDI_n(k) = \frac{a_k}{\bar{a}_k} - 1 \quad (2.3)$$

$$\text{Standardized : } RDI_{st}(k) = \frac{y_k - \bar{y}_k}{\hat{\sigma}_k} - 1 \quad (2.4)$$

όπου y_k είναι ο $\ln a_k$, \bar{y}_k είναι ο αριθμητικός μέσος όρος και $\hat{\sigma}_k$ η τυπική απόκλιση. Η εκτίμηση του RDI_{st} με βάση την προηγούμενη εξίσωση στηρίζεται στην υπόθεση ότι οι τιμές του a_k ακολουθούν τη λογαριθμοκανονική κατανομή, ενώ η διαδικασία υπολογισμού είναι ανάλογη με αυτή που

ακολουθείται και για τον δείκτη SPI. Επειδή μάλιστα η γενική συμπεριφορά του RDI είναι παρόμοια με αυτή του SPI και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων τους μπορεί να γίνει με παρόμοιο τρόπο, οι δύο δείκτες είναι άμεσοι συγκρίσιμοι και συχνά τα αποτελέσματά τους αντιπαραβάλλονται. Για να συνδέσουμε τις τιμές του RDI με την ένταση της ξηρασίας χρησιμοποιούμε τον RDI_{st} , καθώς η συμπεριφορά του είναι παρόμοια με αυτή του SPI λόγω της διαδικασίας υπολογισμού των δύο δεικτών. Έτσι η κατηγοριοποίηση της έντασης ξηρασίας ανάλογα με τις τιμές του δείκτη είναι η ίδια με αυτή του SPI που παρουσιάζεται στον πίνακα 1 (Τσακίρης, Λουκάς, Πανγκάλου, Βαγγέλης, Τίγκας, Rossi and Cancelliere, 2007).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ

3.1 Διοικητική Δομή

Η Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου καλύπτει διοικητικά το βορειοανατολικό τεταρτημόριο του αρχιπελάγους του Αιγαίου και αποτελείται από τα νησιά Λέσβος, Χίος, Σάμος, Λήμνος, Ικαρία, Φούρνοι, Οινούσσες, Ψαρά, Άγιος Ευστράτιος και τις εξαρτώμενες από αυτά νησίδες και βραχονησίδες. Πέντε από αυτά τα νησιά που την αποτελούν, η Λέσβος, η Λήμνος, η Χίος, η Σάμος και η Ικαρία, συγκρινόμενα με τα υπόλοιπα νησιά του Αιγαίου, μπορούν να θεωρηθούν μεγάλα, ενώ ο συνδυασμός έκτασης και πληθυσμιακού μεγέθους εντάσσουν δύο από αυτά, τη Λέσβο και τη Χίο, μεταξύ των 21 σημαντικών νησιών του ευρωπαϊκού χώρου. Τα πέντε μεγάλα νησιά, μαζί με άλλα μικρότερα Φούρνοι, Ψαρά, Οινούσσες, Άγιος Ευστράτιος που βρίσκονται σε μικρής ή μεγάλης απόστασης δορυφορικές θέσεις, σχηματίζουν ένα χώρο χωρίς ιδιαίτερη γεωγραφική συνοχή, που, διοικητικά, κατανέμεται στους νομούς Λέσβου, Σάμου και Χίου. Η περιφέρεια του Βόρειου Αιγαίου έχει πρωτεύουσά της την Μυτιλήνη, αποτελείται από τρεις νομούς Λέσβου, Χίου, Σάμου και έχει γεωγραφική έκταση 3.836 τ.χλμ. Σύμφωνα με στοιχεία της τελευταίας απογραφής του 2011, ο πραγματικός πληθυσμός της Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου και των Νομών παρουσίασε αυξητική τάση την τελευταία περίοδο. Ειδικότερα, ο πραγματικός πληθυσμός στην Περιφέρεια το 2011 διαμορφώθηκε σε 199.231 κατοίκους που αντιστοιχεί στο 2% περίπου του συνολικού πληθυσμού της χώρας, γεγονός που την κατατάσσει ως τη μικρότερη περιφέρεια της χώρας, με το νομό Λέσβου να συγκεντρώνει το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού της Περιφέρειας (ΕΛΣΤΑΤ, 2012). Το έδαφος των νησιών είναι κατά 33% ορεινό, κατά 35% ημιορεινό και κατά 32% πεδινό. Διαθέτει αξιόλογες ορυκτές πρώτες ύλες και σημαντικούς ενεργειακούς πόρους (γεωθερμία, αιολική και ηλιακή ενέργεια). Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις ανέρχονται σε 6,07 στρέμματα



Εικόνα 3 : Περιφέρεια Β. Αιγαίου
(πηγή : www.wikipedia.org)

ανά κάτοικο (αναλογία σχεδόν διπλάσια του εθνικού μέσου όρου), (Στοιχεία από την Ιστοσελίδα της Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου).

3.2 Ιστορικά Στοιχεία

Η κατοίκηση στα νησιά του βορείου Αιγαίου πελάγους, επιβεβαιώνεται ήδη από την νεολιθική εποχή. Λίγο μετά το 3000 π.χ. και κατά την πρώιμη εποχή του χαλκού, φαίνεται μεγάλη πολιτιστική ανάπτυξη στα νησιά αυτά με γνωστούς οικισμούς στην Πολιόχνη (Λήμνος), Θερμή (Λέσβος), Εμποριό (Χίος) και ίσως ανήκουν στο ίδιο πολιτιστικό σύνολο με την γειτονική Τροία (ΒΑ παράλια της Μικράς Ασίας).

Ειδικά η Πολιόχνη από το 2500 π.χ. παίζει ένα πολύ σημαντικό ρόλο στην περιοχή και λόγω της γεωγραφικής θέσης της αναδεικνύεται σε μεγάλο μεταλλουργικό κέντρο, συνδετικό κρίκο ανάμεσα στα μεταλλεία της Μαύρης θάλασσας και το Αιγαίο. Γνωρίζει ουσιαστικά αστική ανάπτυξη, με δύο πλατείες, λιθόστρωτους δρόμους, μεγάλο οχυρωματικό τείχος, πιθανότατα βουλευτήριο, που προϋποθέτει κάποιας μορφής διοικητική οργάνωση, αποτελώντας ίσως την πρώτη πόλη στην Ευρώπη.

Το Βόρειο Αιγαίο, όπως άλλωστε ολόκληρο το Αιγαίο, ήδη από τη μεσολιθική εποχή έπαψε να είναι εμπόδιο και αποτέλεσε γέφυρα που ένωσε τους λαούς που κατοικούσαν στην περιοχή. Η ναυτιλία, το εμπόριο, η οικονομία, ο πολιτισμός, οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις αναπτύχθηκαν μέσα στο Αρχιπέλαγος αλλά και στην περιφέρειά του, με βάση την επικοινωνία και την επαφή των κατοίκων του, ιδιαίτερα μετά το μόνιμο εποίκισμό των νησιών, την 5η χιλιετία π.χ. Τα νησιά του Βορείου Αιγαίου ήταν κάποτε ενωμένα με τα απέναντι μικρασιατικά παράλια. Η ίδια τους η θέση, που επέτρεπε στους κατοίκους τους τον έλεγχο των θαλάσσιων δρόμων του εμπορίου της εποχής, συνέβαλε στην ανάπτυξή τους και στη δημιουργία ενός πολύ σημαντικού πολιτισμού.

Ο πολιτισμός αυτός έφτασε στο απόγειό του την τρίτη χιλιετία π.χ. Τα πολιίσματα οικισμών, όπως της Πολιόχνης της Λήμνου, της Θερμής της Λέσβου, του Εμποριού της Χίου και του Ηραίου της Σάμου, καταδεικνύουν την άνθιση των οικισμών αυτών και τους καθιστούν σημαντικά κέντρα της εποχής.

Στα τέλη της δεύτερης π.χ. χιλιετίας οι Ίωνες εγκαθίστανται στη Χίο και τη Σάμο, ενώ η Λέσβος αποικίζεται από τους Αχαιοούς. Στα τέλη του 12ου και στις αρχές του 11ου αιώνα π.χ., οπότε και παρουσιάζεται μεγάλη μετακίνηση πληθυσμών στον ελλαδικό χώρο, εγκαθίστανται στη Λέσβο οι Αιολείς.

Από τον 8ο μέχρι τον 5ο αιώνα π.χ., τα νησιά γνώρισαν ιδιαίτερη ακμή στην οικονομία, το εμπόριο, τα γράμματα και τις τέχνες. Στους Μηδικούς Πολέμους (5ος αι. π.χ.), ο Πέρσης κατέλαβαν τα νησιά. Μετά την απελευθέρωσή τους, εντάχθηκαν στη ναυτική συμμαχία της Αθήνας (468 π.χ.). Κατά τη διάρκεια του Πελοποννησιακού Πολέμου (429 - 404 π.χ.) συμμαχούσαν άλλοτε με την Αθήνα και άλλοτε με τη Σπάρτη. Το 338 π.χ. περιήλθαν στην κυριαρχία των Μακεδόνων και αργότερα των Πτολεμαίων της Αιγύπτου. Ακολούθησαν, τέλος, την τύχη ολόκληρου του ελλαδικού χώρου και έγιναν επαρχία της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας.

Ολόκληρη τη Βυζαντινή χιλιετία, επικρατεί στο Βόρειο Αιγαίο ηρεμία, η οποία κατά καιρούς ταραίζεται από βαρβαρικές και πειρατικές επιδρομές. Μετά την κατάληψη της Κωνσταντινούπολης από τους Φράγκους (1204 μ.χ.), τα νησιά δίνονται ως φέουδα σε Ενετούς, Γενοβέζους και Φράγκους ηγεμόνες. Κατά την ηγεμονία τους, μετατρέπονται σε ναυτιλιακά και εμπορικά κέντρα και ακμάζουν οικονομικά και δημογραφικά.

Η Άλωση της Κωνσταντινούπολης (1453 μ.χ.) και η ίδρυση της Οθωμανικής Αυτοκρατορίας σήμανε για το Βόρειο Αιγαίο περίοδο καταστροφής, λεηλασιών και διωγμών. Η κατάληψη των νησιών από τους Οθωμανούς επέφερε την παρακμή του χριστιανικού πληθυσμού. Από τις αρχές του 16ου αιώνα όμως τα νησιά επανακάμπτουν και επανέρχονται σε περίοδο ευημερίας.

Η ενεργός συμμετοχή των κατοίκων του Βόρειου Αιγαίου στην Επανάσταση του 1821 και η ανάδειξη σημαντικών μορφών του Αγώνα, όπως ο Λυκούργος Λογοθέτης, ο Κανάρης και ο Παπανικολής, επιφέρει αντίποινα των τουρκικών αρχών. Η απάνθρωπη στάση των Τούρκων στις σφαγές της Χίου (1822 μ.χ.) και των Ψαρών (1824 μ.Χ.) ευαισθητοποιούν τις ευρωπαϊκές δυνάμεις και μεταστρέφουν το κλίμα υπέρ της προσπάθειας των Ελλήνων να ανακτήσουν την ελευθερία τους. Η Σάμος καθίσταται ημιαυτόνομη με Γενικό Διοικητή το Λυκούργο Λογοθέτη, ενώ μετά την Συνθήκη του Λονδίνου, το νησί καταλήγει στο διοικητικό καθεστώς της υποτελούς στην Υψηλή Πύλη αυτόνομης ηγεμονίας.

Εξαιτίας της θέσης τους κοντά στα μικρασιατικά παράλια, τα νησιά του Βορείου Αιγαίου άργησαν να απελευθερωθούν από τον τουρκικό ζυγό. Είδαν όμως τον ήλιο της ελευθερίας να ανατέλλει το 1912, οπότε και ενσωματώθηκαν στο ελληνικό κράτος (www.wikipedia.org).

3.3 Φυσικό Περιβάλλον

Η Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου χαρακτηρίζεται από το πλούσιο φυσικό της περιβάλλον, και θεωρείται ένας σημαντικός αναπτυξιακός πόρος της. Το φυσικό περιβάλλον της Περιφέρειας χαρακτηρίζεται από την παρουσία αξιολογών και ταυτόχρονα ευαίσθητων οικοσυστημάτων, μέρος των οποίων έχει αναγνωρισθεί διεθνώς και έχει ενταχθεί σε καθεστώς προστασίας (Δίκτυο Natura 2000).

Το Δίκτυο Natura 2000 αποτελεί ένα Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο περιοχών, οι οποίες φιλοξενούν φυσικούς τύπους οικοτόπων και οικοτόπους ειδών που είναι σημαντικοί σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Αποτελείται από δύο κατηγορίες περιοχών: Τις «Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ)» (στα αγγλικά: Special Protection Areas - SPA) για την Ορνιθοπανίδα, όπως ορίζονται στην Οδηγία 79/409/ ΕΚ , και τους «Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ)» (στα αγγλικά: Sites of Community Importance - SCI) όπως ορίζονται στην Οδηγία 92/43/ΕΚ. Οι ΖΕΠ, μετά τον χαρακτηρισμό τους από τα Κράτη Μέλη, εντάσσονται αυτόματα στο Δίκτυο Natura 2000, και η διαχείρισή τους ακολουθεί τις διατάξεις του άρθρου 6 της Οδηγίας 92/43/ΕΚ. Αντίθετα, για την ένταξη των ΤΚΣ πραγματοποιείται επιστημονική αξιολόγηση και διαπραγμάτευση μεταξύ των Κρατών Μελών και της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των κατά οικολογική ενότητα Βιογεωγραφικών

Σεμιναρίων. Η οριστικοποίηση του καταλόγου των Τόπων Κοινοτικής Σημασίας σε ευρωπαϊκό επίπεδο βαίνει προς ολοκλήρωση όσον αφορά την Μεσογειακή ζώνη, στην οποία ανήκει εξ ολοκλήρου η Ελλάδα.

Η Ελλάδα έχει χαρακτηρίσει σήμερα 151 Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) και υπέβαλλε τμηματικά στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή (1996 - 2002) κατάλογο 239 προτεινόμενων Τόπων Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ) («Εθνικός Κατάλογος»). Οι δύο κατάλογοι παρουσιάζουν μεταξύ τους επικαλύψεις όσον αφορά τις εκτάσεις τους. Μάλιστα, 31 τόποι έχουν οριστεί ταυτόχρονα ως ΖΕΠ και έχουν προταθεί και ως ΤΚΣ.

Στον Πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι περιοχές του Βορείου Αιγαίου που έχουν ενταχθεί στο Δίκτυο NATURA – 2000.

Ν. ΛΕΣΒΟΥ	Ν. ΣΑΜΟΥ	Ν. ΧΙΟΥ
ΛΗΜΝΟΣ: ΧΟΡΤΑΡΟΛΙΜΝΗ-ΛΙΜΝΗ ΑΛΥΚΗ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ	ΣΑΜΟΣ: ΠΑΡΑΛΙΑ ΑΛΥΚΗ	ΒΟΡΕΙΑ ΧΙΟΣ & ΝΗΣΟΙ ΟΙΝΟΥΣΣΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΖΩΝΗ
ΑΓΙΟΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΖΩΝΗ	ΣΑΜΟΣ: ΟΡΟΣ ΑΜΠΕΛΟΣ (ΚΑΡΒΟΥΝΗΣ)	ΝΗΣΙΑ ΑΝΤΙΦΑΡΑ & ΝΗΣΙΔΕΣ ΔΑΣΚΑΛΙΟ, ΜΑΤΡΟΓΙΩΡΓΟ, ΠΡΑΣΟΝΗΣΙ, ΚΑΤΩΝΗΣΙ, ΜΕΣΙΑΚΟ, ΚΟΥΤΣΟΥΛΙΑ
ΛΕΣΒΟΣ: ΔΥΤΙΚΗ ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΣ-ΑΠΟΛΙΘΩΜΕΝΟ ΔΑΣΟΣ	ΣΑΜΟΣ: ΟΡΟΣ ΚΕΡΚΕΤΕΥΣ - ΜΙΚΡΟ & ΜΕΓΑΛΟ ΣΕΙΤΑΝΙ - ΔΑΣΟΣ ΚΑΣΤΑΝΙΑΣ & ΛΕΚΚΑΣ, ΑΚΡ. ΚΑΤΑΒΑΣΗΣ - ΛΙΜΕΝΑΣ	
ΛΕΣΒΟΣ: ΚΟΛΠΟΣ ΚΑΛΛΟΝΗΣ ΚΑΙ ΧΕΡΣΑΙΑ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ	ΙΚΑΡΙΑ - ΦΟΥΡΝΟΙ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ	
ΛΕΣΒΟΣ: ΚΟΛΠΟΣ ΓΕΡΑΣ, ΕΛΟΣ ΝΤΙΡΙ & ΟΡΟΣ ΟΛΥΜΠΟΣ	ΝΗΣΟΣ ΙΚΑΡΙΑ (ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ)	
ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ ΧΟΡΤΑΡΟΛΙΜΝΗ ΚΑΙ ΑΛΥΚΗ ΛΗΜΝΟΥ	ΝΗΣΟΣ ΦΟΥΡΝΟΙ ΚΑΙ ΝΗΣΙΔΕΣ ΘΥΜΑΙΝΑ, ΑΛΑΤΣΟΝΙΣΙ, ΘΥΜΑΙΝΑΚΙ, ΣΤΡΟΓΓΥΛΟ, ΠΛΑΚΑ, ΜΑΚΡΟΝΗΣΙ, ΜΙΚΡΟΣ ΚΑΙ ΜΕΓΑΛΟΣ ΑΝΘΡΩΠΟΦΑΓΟΣ, ΑΓΙΟΣ ΜΗΝΑΣ	
ΠΑΡΑΚΤΙΟΙ ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ ΚΟΛΠΟΥ ΚΑΛΛΟΝΗΣ	ΣΑΜΟΣ: ΑΛΥΚΗ ΨΙΛΗΣ ΑΜΜΟΥ	
ΝΗΣΙΔΕΣ ΚΑΙ ΒΡΑΧΟΝΗΣΙΔΕΣ ΛΗΜΝΟΥ: ΝΗΣΟΣ ΣΕΡΓΚΙΤΣΙ ΚΑΙ ΝΙΣΙΔΕΣ ΔΙΑΒΑΤΕΣ, ΚΟΜΠΙΟ, ΚΑΣΤΡΙΑ, ΤΗΓΑΝΙ, ΚΑΡΒΑΛΑΣ, ΠΡΑΣΟΝΗΣΙ		
ΝΗΣΙΔΕΣ ΛΕΣΒΟΥ (ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ ΤΟΜΑΡΟΝΗΣΙΩΝ, ΚΙΔΩΝΑΣ, ΑΓΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΓΛΑΡΟΝΗΣΙ, ΚΛΠ.)		

Πίνακας 2 : Περιοχές Β. Αιγαίου δικτύου Natura 2000 (πηγή : Ιστοσελίδα Β. Αιγαίου)

3.3.1. Φυσικό Περιβάλλον Λέσβου

Το νησί της Λέσβου αποτελεί το τρίτο σε μέγεθος νησί της Ελλάδας με έκταση 1.632 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Χαρακτηρίζεται ως το νησί της αρμονίας, της ομορφιάς και της ηρεμίας. Οι απέραντες εκτάσεις από ελαιώνες, τα δάση από πεύκα, καστανιές, βελανιδιές, οι πλούσιοι κόλποι της Γέρας και της Καλλονής και το εντυπωσιακό απολιθωμένο δάσος της Δυτικής Λέσβου συνθέτουν ένα πολυποίκιλο και ιδιαίτερα ελκυστικό φυσικό τοπίο.

Η Λέσβος λόγω ευνοϊκών εδαφοκλιματικών συνθηκών, διαθέτει μια από τις πλουσιότερες χλωρίδες του κόσμου, γεγονός που κατά πολύ συμβάλλει στην αισθητική του νησιού. Η αρχαία λυρική ποιήτρια Σαπφώ (6ος π.Χ. αιώνας) αναφέρει σε ποιήματά της τα φυτά της Λεσβιακής γης, ενώ επίσης ο φιλόσοφος Θεόφραστος (3ος π.χ. αιώνας) καταγράφει συστηματικά μεγάλο αριθμό φυτών και ορίζεται ως ο ιδρυτής της Βοτανικής.

Σήμερα, περισσότερα από 1.400 (είδη και υποείδη) φυτών περιλαμβάνονται στην χλωρίδα της Λέσβου. Ο πλούτος αυτός οφείλεται μεταξύ άλλων στην ποικιλία των βιοτόπων του νησιού, την ιδιαιτερότητα των πετρωμάτων του, τη μακροχρόνια επίδραση του ανθρώπου, την γειννιάσή του με τη Μικρά Ασία αλλά και τον από γεωλογική άποψη, πρόσφατο αποχωρισμό του Ανατολικού Αιγαίου από αυτή. Το νησί θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως «Βοτανικός Παράδεισος» καθώς διαθέτει μια πληθώρα από αρωματικά-φαρμακευτικά, καλλωπιστικά και σπάνια φυτά, δένδρα και θάμνους. Αν και η Δυτική Λέσβος, συγκριτικά με την υπόλοιπη νησιωτική έκταση, είναι άγονη -με την εξαίρεση μικρές πεδινές εκτάσεις - τα ανατολικά, νότια και κεντρικά τμήματα είναι κατάφυτα από ελαιώνες (11.000.000 περίπου ελαιόδεντρα) και δάση πεύκων, βελανιδιών, καστανιών, πλατανιών, κ.α.

Μέσα από την μακρόχρονη παρουσία τους οι ελαιώνες έχουν αναδειχτεί ως το χαρακτηριστικότερο οικοσύστημα της Λέσβου και τα πουλιά, όπως και οι άλλοι οργανισμοί έχουν προσαρμοστεί απόλυτα, αναγνωρίζοντας τους ώριμους ελαιώνες ως δασικά συστήματα υψηλής αξίας. Είναι το πλέον εκτεταμένο σύστημα στο νησί και εμφανίζει σαφείς διαφορές ως προς το υψόμετρο, την ηλικία των δέντρων, την πυκνότητά τους και την υποκείμενη βλάστηση. Το κύριο δασικό είδος της Λέσβου με την μεγαλύτερη εξάπλωση είναι η τραχεία πεύκη που επικάθεται κύρια σε σχηματισμούς της οφειολιθικής σειράς καθώς και πάνω στην αρχαιότερη φάση των ηφαιστειακών σχηματισμών, τις ηφαιστειακές λάβες. Ένα δεύτερο είδος πεύκης η Μαύρη πεύκη σχηματίζει δύο περιορισμένης έκτασης δάση, ανάμικτο με το *pinus brutia*. Το ένα βρίσκεται στην κορυφή Ψηλοκούδουνο μεταξύ Αγιάσου και Πλωμαρίου και το δεύτερο στην κορυφή του όρους Προφήτης Ηλίας κοντά στο χωριό Πτερούντα. Η εξάπλωση των δασών και εκτάσεων καστανιάς είναι ευρύτατη σχεδόν σε όλο των ελληνικό χώρο. Στην περιοχή της Αγιάσου παρατηρείται το μόνο μεγάλο καστανοδάσος που εντοπίζεται στη νήσο

Λέσβο, το οποίο μάλιστα αποτελεί και καλλιεργούμενη έκταση. Οι καστανιές γενικά φυτρώνουν στη μέση ορεινή ζώνη ανάμεσα σε άλλα φυλλοβόλα δέντρα. Εκτάσεις Καστανιάς στον Δήμο απαντώνται νότια του οικισμού της Αγιάσου, στην περιοχή του Σανατορίου (έκταση 8.000 στρέμματα - 20.000 δένδρα). Ο πλούτος της χλωρίδας της Λέσβου οφείλεται στην ποικιλία των βιοτόπων της, στον πλούσιο οριζόντιο διαμελισμό της, στο ορεινό της ανάγλυφο, στην ιδιαιτερότητα των πετρωμάτων της, στη μακροχρόνια επίδραση του ανθρώπου, στη γειτνίασή της με τη Μικρά Ασία αλλά και στον πρόσφατο γεωλογικό της αποχωρισμό από αυτήν.

Η Λέσβος διαθέτει επίσης ένα μεγάλο αριθμό σημαντικών Υδροβιότοπων με μεγαλύτερους τους παράκτιους υγρότοπους του Κόλπου Καλλονής. Οι Υδροβιότοποι της Λέσβου χρησιμεύουν ως καταφύγιο και τόπος αναπαραγωγής πολυάριθμων σπάνιων και προστατευόμενων ειδών πουλιών (<http://www.lesvos.gr>).

3.3.2. Φυσικό Περιβάλλον Χίου

Η Χίος, στο σταυροδρόμι της Ανατολής και της Δύσης, αποτελεί συχνά όριο εξάπλωσης φυτικών ειδών, ενώ εδώ συναντώνται είδη που δεν παρατηρούνται σε άλλες περιοχές της Ελλάδας

Η βιοποικιλότητα των νησιών Χίου, Ψαρών και Οινουσών χαρακτηρίζεται ιδιαίτερα σημαντική και πλούσια όσον αφορά στη χλωρίδα, (το νησί έχει καταγεγραμμένα 1260 (είδη και υποείδη), αλλά και την πανίδα.

Με βάση τη βροχομετρική διαβάθμιση έχουν αναπτυχθεί κυρίως δυο βασικές μορφές, με διαφορετικούς μηχανισμούς προσαρμογής, κυρίως στην καλοκαιρινή ξηρασία:

Σε περιοχές με περισσότερη υγρασία εμφανίζονται τα συστήματα αείφυλλων σκληρόφυλλων όπως η αγριελιά, το πουρνάρι, ο σκίνος, η μυρτιά, η δάφνη, η κουμαριά, το φιλίκι και η πικροδάφνη.

Σε περιοχές με λιγότερη διαθέσιμη υγρασία εμφανίζονται οι φρυγανότοποι, που καλύπτονται από πολύ χαμηλούς ξηροφυτικούς θάμνους, με την ιδιαιτερότητα του εποχιακού διμορφισμού (αλλάζουν φύλλα ανάλογα με την εποχή). Πολλά από αυτά τα φυτά είναι αρωματικά, αρτυματικά, φαρμακευτικά, με ιδιαίτερη αξία όπως ρίγανες θυμάρια, λεβάντες, τεύκρια, θρούμπες, γαλασιίδες, αμάραντα, που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για εναλλακτικές καλλιέργειες.

Πολλά φυτικά είδη ανήκουν στα σπάνια και κινδυνεύοντα και προστατεύονται με ειδική νομοθεσία όπως η σύμβαση Cites, και η Σύμβαση για τη βιολογική ποικιλότητα.

Στο νησί της Χίου παράγεται η μοναδική στον κόσμο μαστίχα. Ιστορικές πηγές αναφέρουν ότι από τον 1ο μ.χ. αιώνα καλλιεργούνταν στη Χίο για

φαρμακευτική χρήση. Το δέντρο που παράγει μαστίχα λέγεται σχίνος, είναι αειθαλής θάμνος που ζει πάνω από εκατό χρόνια και το ύψος του δεν ξεπερνάει τα δύο με τρία μέτρα. Σχίνοι ευδοκιμούν σε διάφορα μέρη, μόνο όμως οι σχίνοι που βρίσκονται στη Χίο «δακρύζουν» και δίνουν τη μοναδικά αρωματική ρητίνη, τη μαστίχη, στα νότια του νησιού, τα Μαστιχοχώρια (λόγω του ιδιαίτερου κλίματος της συγκεκριμένης περιοχής και της σύστασης του εδάφους). Η μαστίχα χρησιμοποιείται στη κοσμετολογία, ζαχαροπλαστική, ποτοποιία, φαρμακευτική. Επιστημονικές μελέτες έδειξαν ότι θεραπεύει εγκαύματα, δερματοπάθειες, βοηθά στην απορρόφηση της χοληστερόλης, της υπέρτασης και έχει αντισηπτικές και πιθανόν αφροδισιακές ιδιότητες.

Αξίζει να αναφερθεί ότι στη Χίο υπάρχουν και όλα τα είδη βιοτόπων που απαντώνται στο Αιγαίο όπως αμμοθίνες, λιβάδια, βραχώδεις περιοχές, όχθες ρεμάτων και υγρότοποι (www.pvaigaiou.gov.gr).

3.3.3. Φυσικό Περιβάλλον Λήμνου

Η Λήμνος, το 8ο σε μέγεθος νησί της Ελλάδας, βρίσκεται στο κέντρο του Βορείου Αιγαίου, στην έξοδο των στενών των Δαρδανελίων, απέναντι από τις μικρασιατικές ακτές και την Τρωάδα, σε απόσταση 36 ν. μιλίων από την χερσόνησο του Άθωνα και χαρακτηρίζεται από την μεγάλη απόσταση από τον κορμό της χώρας αλλά και από το διοικητικό κέντρο του Νομού Λέσβου που ιστορικά δημιούργησε συνθήκες έντονης απομόνωσης και περιφερειοποίησης.

Η Λήμνος έχει περίμετρο 260 χιλιομέτρων και στο μήκος των ακτών της υπάρχουν μικροί και μεγάλοι κόλποι με αμμουδερές παραλίες. Το τοπίο της χαρακτηρίζεται από τις απαλές γραμμές των λόφων της και τις εκτεταμένες πεδινές περιοχές. Η ψηλότερη της κορυφή (Βίγλα) έχει ύψος 470 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας. Στην ανατολική της πλευρά υπάρχουν τρεις λίμνες (Αλυκή, Χορταρολίμνη και Ασπρολίμνη), που συνιστούν έναν υγρότοπο ιδιαίτερης αξίας ο οποίος ανήκει στο δίκτυο Natura 2000.

Σε ότι αφορά στο ανάγλυφο του εδάφους η Λήμνος διαθέτει, λόγω της γεωμορφολογίας της το μεγαλύτερο στην περιφέρεια αλλά και ενδεχομένως στα νησιά του Αιγαίου ποσοστό πεδινών εκτάσεων. Επιφανειακά νερά δεν υπάρχουν και οι θαλάσσιες περιοχές χαρακτηρίζονται από τα μικρά βάθη στα ανατολικά και την καλή κατάσταση των οικοσυστημάτων με την εκτεταμένη παρουσία των λιβαδιών της *Posidonia oceanica* (www.anel-sa.gr).

3.3.4. Φυσικό Περιβάλλον Σάμου

Η Σάμος είναι ένα νησί του βόρειο - ανατολικού Αιγαίου Πελάγους. Πιο συγκεκριμένα βρίσκεται ανατολικά του Ικάριου Πελάγους και νότια της νήσου Χίου. Στα ανατολικά της υπάρχει ο Επταστάδιος Πορθμός, που τη διαχωρίζει από τα Μικρασιατικά Παράλια, με μήκος 12 km και ελάχιστο πλάτος 1.650 m περίπου. Στα δυτικά της βρίσκονται το νησιωτικό σύμπλεγμα των Κορσεών (Φούρνων) σε απόσταση 8 Km και η Ικαρία σε απόσταση 20 km.

Αποτελείται από δύο κύριους ορεινούς όγκους. Το όρος Κερκετεύς ή Κέρκης που υψώνεται στο δυτικό τμήμα του νησιού, με την υψηλότερη κορυφή του Βίγλα να βρίσκεται σε υψόμετρο 1.434 m. Στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα του νησιού υψώνεται το όρος Άμπελος που καταλαμβάνει μεγαλύτερη έκταση από τον Κερκετέα, με τις υψηλότερες κορυφές του, τον Καρβούνη στα 1.153 m και τον Αϊ-Λια στα 1.127 m.

Μικρές αλλά εύφορες πεδιάδες εντοπίζονται σε ολόκληρη την έκταση του νησιού. Η μεγαλύτερη σε έκταση (μήκους 5 Km και πλάτους 2 Km) βρίσκεται στην νότια πλευρά του νησιού με την ονομασία Κάμπος του Ηραίου – Χώρας και έπεται η πεδιάδα του Μεσόκαμπου στα νοτιοανατολικά. Οι κοιλάδες των Καρλοβασίων στα βόρεια και της Βλαμαρής στα ανατολικά (κοντά στην πρωτεύουσα του νησιού) αποτελούνται από γόνιμο έδαφος, κατάλληλο για καλλιέργεια.

Η Σάμος σε όλο το μήκος της ακτογραμμής της έχει ομαλές ακτές και μικρά λιμανάκια. Χαρακτηριστικοί είναι οι κόλποι που έχουν σχηματιστεί στο νησί. Στη νοτιοδυτική πλευρά του έχει σχηματιστεί ο ανοιχτός κόλπος του Μαραθόκαμπου και στη νοτιοανατολική πλευρά ο κόλπος του Τηγανίου (Πυθαγορείου), ενώ στην ανατολική και βορειοανατολική πλευρά του της Μυρτιάς και του Βαθέος.

Η Σάμος δεν έχει μεγάλους ποταμούς, αλλά αποστραγγίζεται από πολλούς χείμαρρους και ρυάκια, τα οποία ρέουν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Αρκετές και πλούσιες είναι επίσης οι πηγές και οι φλέβες της, αφού αναβλύζουν συνεχώς πόσιμο νερό, ιδίως στις ορεινές περιοχές (Σταυριανού, 2009).

3.3.5. Φυσικό Περιβάλλον Ικαρίας

Η Ικαρία είναι ένα από τα μεγαλύτερα νησιά του ανατολικού Αιγαίου, με 255 τετραγωνικά χιλιόμετρα σε έκταση και με 102 μίλια (160 χιλιόμετρα) ακτογραμμή. Η τοπογραφία της παρουσιάζει αντιθέσεις, καθώς εμφανίζει καταπράσινες πλαγιές και γυμνούς απότομους βράχους. Το νησί είναι ορεινό στο μεγαλύτερο μέρος του. Διασχίζεται από την οροσειρά του Αθέρα (Πράμνος), του οποίου η υψηλότερη κορυφή είναι 1.041 μέτρα. Η πλειονότητα

των χωριών χαρακτηρίζονται ορεινά, κάτι που οφείλεται στην ανάγκη προστασίας των κατοίκων από τις πειρατικές επιδρομές στο Μεσαίωνα. Το νησί είναι σε μεγάλο κομμάτι του καλυμμένο από βλάστηση, κουμαριές, πρίνους και πευκοδάση. Υπάρχουν επίσης αφθονία νερών. Στα δυτικά υπάρχει το δάσος του Ράντη, ένα από τα σπανιότερα χαρακτηριστικά μεσογειακά προϊστορικά δάση. Μέρος του νότιου τμήματος έχει καταστραφεί από πυρκαγιά το 1993. Υπάρχουν σπάνια και μοναδικά είδη ζώων στο νησί, αλλά και ιδιαίτερη χλωρίδα. Το κλίμα της Ικαρίας θεωρείται ήπιο (www.el.wikipedia.org).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

4.1 Συλλογή Δεδομένων

Τα Υδρομετεωρολογικά Δεδομένα ήταν απαραίτητα για την εκπόνηση της παρούσης Διπλωματικής Εργασίας. Η συλλογή των απαραίτητων δεδομένων έγινε μέσω της ΕΜΥ μετά από σχετική αίτηση. Τα δεδομένα τα οποία αιτήθηκαν αφορούν στη βροχόπτωση, μέγιστη, ελάχιστη και μέση θερμοκρασία αέρα, ταχύτητα ανέμου (2μ), ηλιοφάνεια, σχετική υγρασία και προσπίπτουσα ακτινοβολία για τους Νήσους Λέσβου, Χίου, Λήμνου, Σάμου και Ικαρίας της μέγιστης διαθέσιμης χρονοσειράς.

Τα δεδομένα τα οποία τελικά χρησιμοποιήθηκαν ήταν η βροχόπτωση (σε mm), η μέγιστη και η ελάχιστη θερμοκρασία (σε °C). Τα κενά που υπήρχαν στα πρωτογενή δεδομένα λόγω έλλειψης μετρήσεων, συμπληρώθηκαν με τους μέσους όρους, καθώς δεν υπήρχαν δεδομένα από άλλους γειτονικούς σταθμούς και συνεπώς δεν ήταν δυνατό να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της Γραμμικής Παλινδρόμησης ή κάποια άλλη μέθοδος συμπλήρωσης χρονοσειρών.

4.2 Μετεωρολογικοί Σταθμοί

Για την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από συνολικά πέντε (5) Μετεωρολογικούς σταθμούς, δηλαδή ένας (1) για κάθε Νήσο. Συγκεκριμένα, οι σταθμοί αυτοί με τους κωδικούς τους, τις συντεταγμένες τους και τα έτη μετρήσεων είναι αυτοί που εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα :

A/A	Μετεωρολογικός Σταθμός	Κωδικός Σταθμού	Θέση	Έτη Μετρήσεων
1	Λέσβου (Α/Δ)	16667	Φ : 39,03° Λ : 26,35°	1955-2004
2	Χίου (Α/Δ)	16706	Φ : 38°21' Λ : 26°09'	1974-2008

3	Λήμνου (Α/Δ)	16650	Φ : 39°45' Λ : 25°14'	1971-2010
4	Σάμου	16723	Φ : 37°42' Λ : 26°55'	1978-2011
5	Ικαρίας	16720	Φ : 37°37' Λ : 26°18'	1981-2012

Πίνακας 3 : Στοιχεία Μετεωρολογικών Σταθμών (πηγή : ΕΜΥ)

Οι θέσεις των πέντε (5) σταθμών απεικονίζονται σε κάθε Νήσο με κόκκινο χρώμα χρησιμοποιώντας το παρακάτω τμήμα χάρτη του Google Earth.



Εικόνα 3 : Θέσεις Μετεωρολογικών Σταθμών (πηγή: Google Earth)

4.3 Επεξεργασία Δεδομένων

Τα πρωτογενή δεδομένα τα οποία στάλθηκαν από την EMY, επεξεργάστηκαν σε μορφή EXCEL προκειμένου να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε υπολογισμούς. Τα επεξεργασμένα δεδομένα Βροχόπτωσης, Μέγιστης και Ελάχιστης Θερμοκρασίας για κάθε σταθμό, χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα στο λογισμικό DRINC με τη βοήθεια του οποίου, υπολογίστηκαν αρχικά η εξατμισοδιαπνοή (PET) και εν συνεχεία οι δείκτες ξηρασίας SPI και RDI. Αρχικά, με δεδομένα την μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία υπολογίστηκε η εξατμισοδιαπνοή (PET) με τη μέθοδο Hargreaves. Έπειτα, με δεδομένα την υπολογισθείσα εξατμισοδιαπνοή (PET) καθώς και τα δεδομένα της βροχόπτωσης, υπολογίστηκαν οι δείκτες ξηρασίας SPI και RDI. Πρέπει να σημειωθεί, ότι για τον υπολογισμό του δείκτη SPI απαιτείται ως δεδομένο μόνο η βροχόπτωση, ενώ για τον υπολογισμό του δείκτη RDI, απαιτείται και η εξατμισοδιαπνοή (PET).

Μετά από τον υπολογισμό των δεικτών ξηρασίας SPI και RDI σε ετήσια, εξάμηνη και τρίμηνη βάση, κατασκευάστηκαν τα αντίστοιχα διαγράμματα για την σύγκριση των δύο δεικτών για κάθε σταθμό (Νήσο), τα οποία παρατίθενται στο Παράρτημα I της εργασίας.

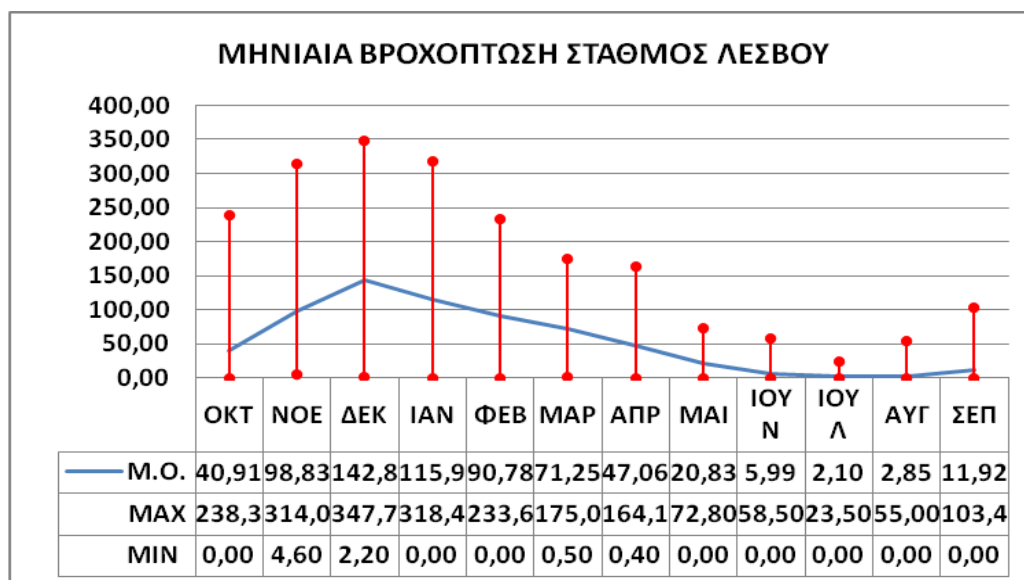
Τέλος, για την χαρτογραφική απεικόνιση του φαινομένου της ξηρασίας στην περιοχή μελέτης με βάση τις τιμές των υπολογισθέντων δεικτών ξηρασίας SPI και RDI, κατασκευάστηκαν θεματικοί χάρτες ξηρασίας ανά υδρολογικό έτος, στους οποίους απεικονίζονται τα Νησιά μελέτης χρησιμοποιώντας χρωματική κλίμακα με βάση τις τιμές των δεικτών ξηρασίας και την αντιστοιχία των τιμών αυτών με της ξηρασίας, σύμφωνα με τον **Πίνακα 1**. Οι χάρτες που κατασκευάστηκαν ήταν συνολικά 24, όσο δηλαδή και η κοινή χρονοσειρά των μετεωρολογικών δεδομένων (1981-2005), ενώ για την κατασκευή τους χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ARCGIS. Πρέπει επίσης, να αναφερθεί ότι κατασκευάστηκαν επιπλέον 7 χάρτες ξηρασίας για τα έτη 1992-1993, 1994-1995, 1998-1999, 2000-2001, 2002-2003, 2003-2004, 2004-2005, καθώς στα συγκεκριμένα έτη προέκυψε διαφορά στις τιμές του SPI και RDI με αποτέλεσμα να αλλάζει η κατηγορία της απεικονιζόμενης ξηρασίας σε συγκεκριμένα Νησιά. Οι θεματικοί χάρτες της ξηρασίας παρατίθενται στο Παράρτημα II.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

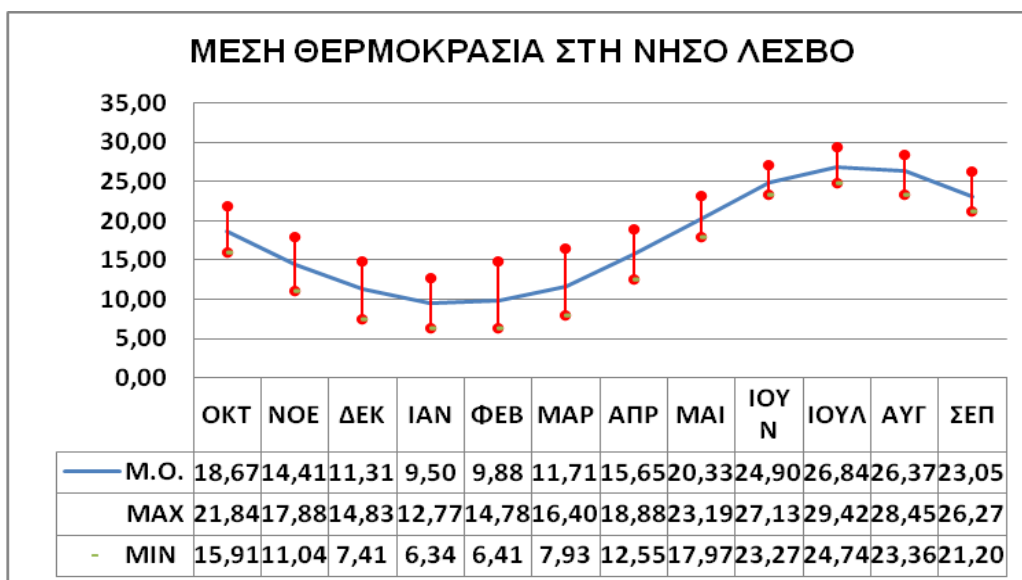
5.1 Ανάλυση Δεδομένων στη Νήσο Λέσβο

Από τα δεδομένα μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης στη Νήσο Λέσβο βλέπουμε ότι παρουσιάζει μία αυξητική τάση από το μήνα Αύγουστο έως και το Δεκέμβριο ενώ αρχίζει να μειώνεται από το μήνα Ιανουάριο έως και τον Ιούλιο. Η μεγαλύτερη βροχόπτωση εμφανίζεται το μήνα Δεκέμβριο ενώ η μικρότερη βροχόπτωση εμφανίζεται το μήνα Ιούλιο.



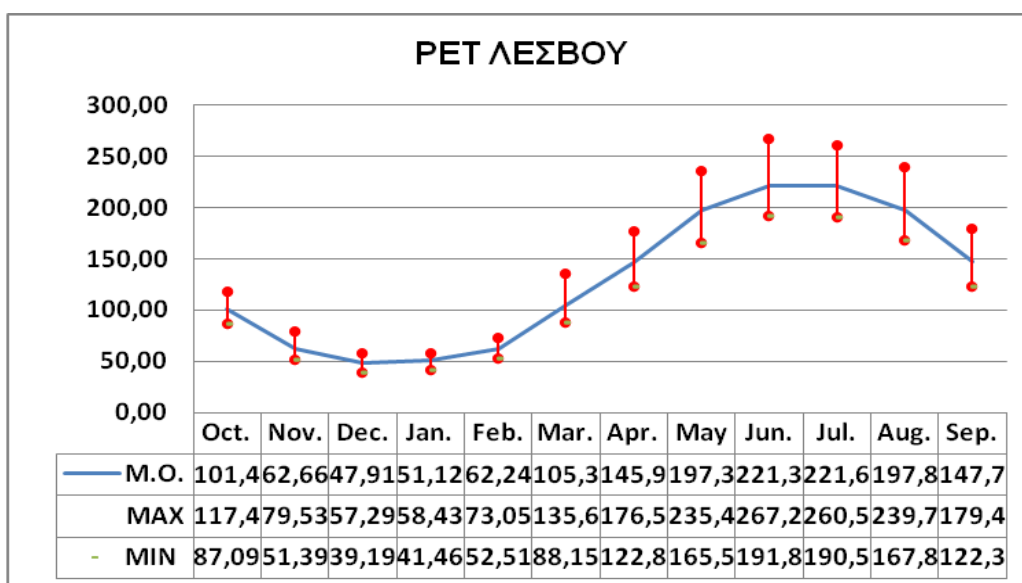
Διάγραμμα 2 : Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση στη Νήσο Λέσβο

Η μέση θερμοκρασία στη Νήσο Λέσβο παρουσιάζει αυξητική τάση από το μήνα Φεβρουάριο έως Ιούλιο ενώ μειώνεται από τον Αύγουστο έως τον Ιανουάριο. Η μεγαλύτερη μέση θερμοκρασία εμφανίζεται το μήνα Ιούλιο ενώ η μικρότερη εμφανίζεται το μήνα Ιανουάριο.



Διάγραμμα 3 : Μέση Θερμοκρασία στη Νήσο Λέσβο

Η μέση τιμή της εξατμισοδιαπνοής στη Νήσο Λέσβο βλέπουμε ότι παρουσιάζει μία αυξητική τάση τους μήνες Ιανουάριο έως τον Ιούλιο ενώ μειώνεται από τον Αύγουστο έως το Δεκέμβριο. Η μέγιστη και η ελάχιστη μέση τιμή της εξατμισοδιαπνοής εμφανίζονται τον Ιούνιο και τον Δεκέμβριο αντίστοιχα.



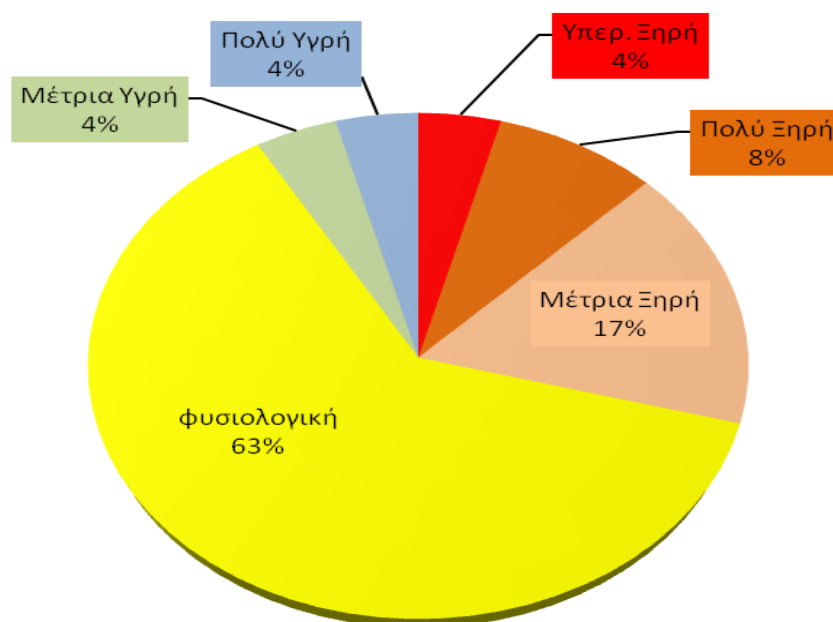
Διάγραμμα 4 : Μέση Εξατμισοδιαπνοή στη Νήσο Λέσβο

5.2 Ανάλυση Αποτελεσμάτων στη Νήσο Λέσβο

Μελετώντας τα αποτελέσματα των δεικτών ξηρασίας στη Νήσο Λέσβο για το χρονικό διάστημα 1955-2004, βλέπουμε ότι η μεγαλύτερη ένταση του φαινομένου της ξηρασίας στη Λέσβο εμφανίζεται το έτος **1989-1990** στο οποίο, οι δείκτες SPI και RDI έχουν τιμές -3,24 και -3,16 αντίστοιχα. Για το έτος αυτό, η συνολική ετήσια βροχόπτωση είναι 247 mm, η ελάχιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 0°C, η μέγιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 36,2°C και η εξατμισοδιαπνοή (PET) έχει τιμή 1556,7 mm.

Αντίθετα, η πιο υγρή περίοδος για τη Νήσο Λέσβο είναι το έτος **1966-1967** στο οποίο, οι δείκτες SPI και RDI έχουν τιμές 1,60 και 1,69 αντίστοιχα. Για το έτος αυτό, η συνολική ετήσια βροχόπτωση είναι 930,8 mm, η ελάχιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 1,2°C, η μέγιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 37,4°C και η εξατμισοδιαπνοή (PET) έχει τιμή 1517,9 mm.

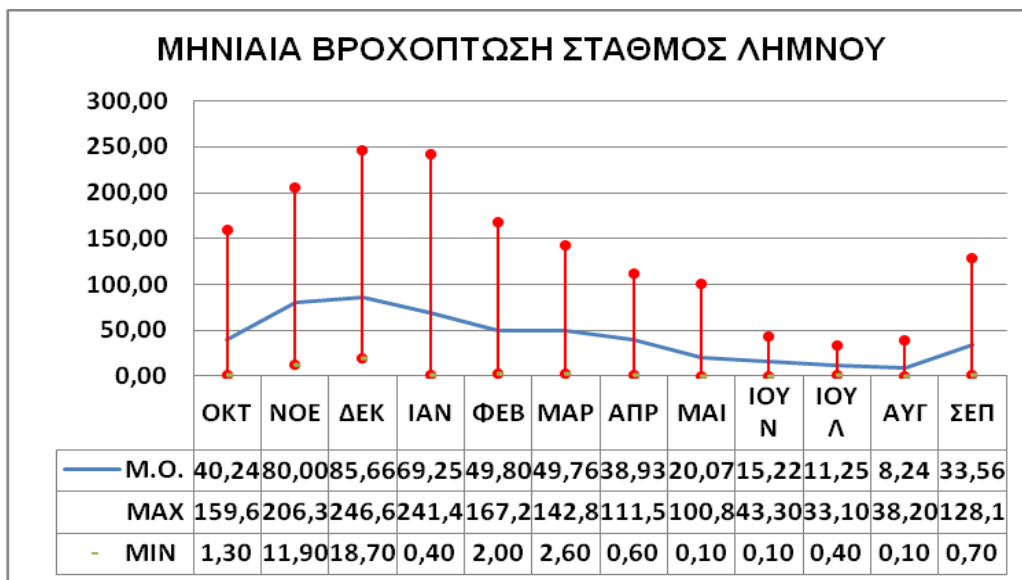
Στατιστικά, για τη Νήσο Λέσβο η κοινή χρονική περίοδος μετρήσεων 1981-2004, μπορεί να χαρακτηριστεί σύμφωνα με τη συχνότητα εμφάνισης του φαινομένου της ξηρασίας ως Φυσιολογική σε ποσοστό 63%, Μέτρια Ξηρή σε ποσοστό 17%, Πολύ Ξηρή σε ποσοστό 8%, ενώ οι συχνότητες εμφάνισης των κατηγοριών Μέτρια Υγρή, Πολύ υγρή και Υπερβολικά ξηρή εμφανίζονται με μικρότερο ποσοστό 4%.



Διάγραμμα 5 : Συχνότητα Εμφάνισης Ξηρασίας ανά κατηγορία στη Νήσο Λέσβο

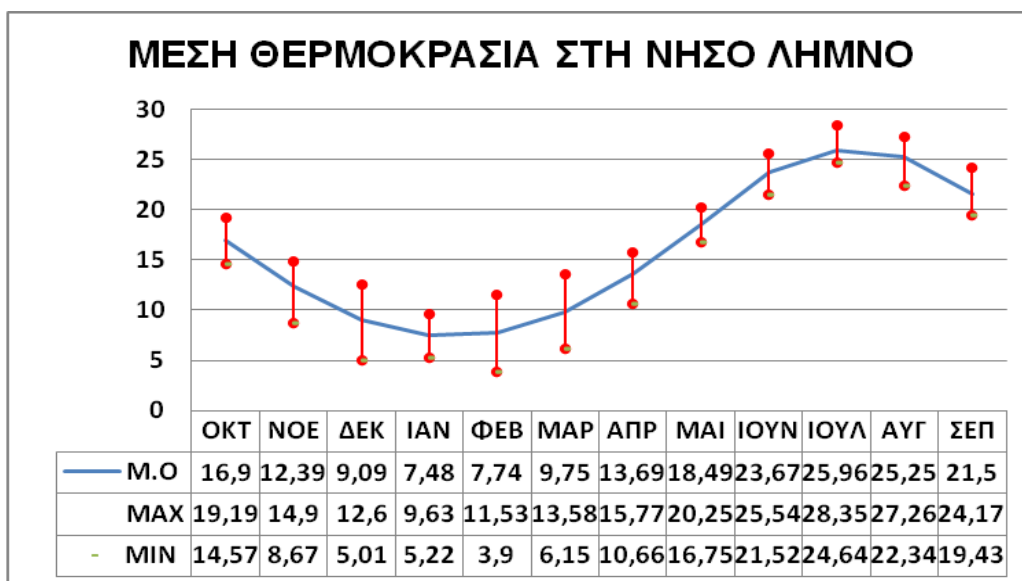
5.3 Ανάλυση Δεδομένων στη Νήσο Λήμνο

Η μέση βροχόπτωση στη Νήσο Λήμνο παρουσιάζει μία αυξητική τάση απο το μήνα Αύγουστο έως το μήνα Δεκέμβριο ενώ αρχίζει να μειώνεται απο τον Ιανουάριο και η μείωση συνεχίζεται μέχρι και τον Ιούλιο. Η μέγιστη βροχόπτωση εμφανίζεται το μήνα Δεκέμβριο ενώ η ελάχιστη τον Ιούλιο.



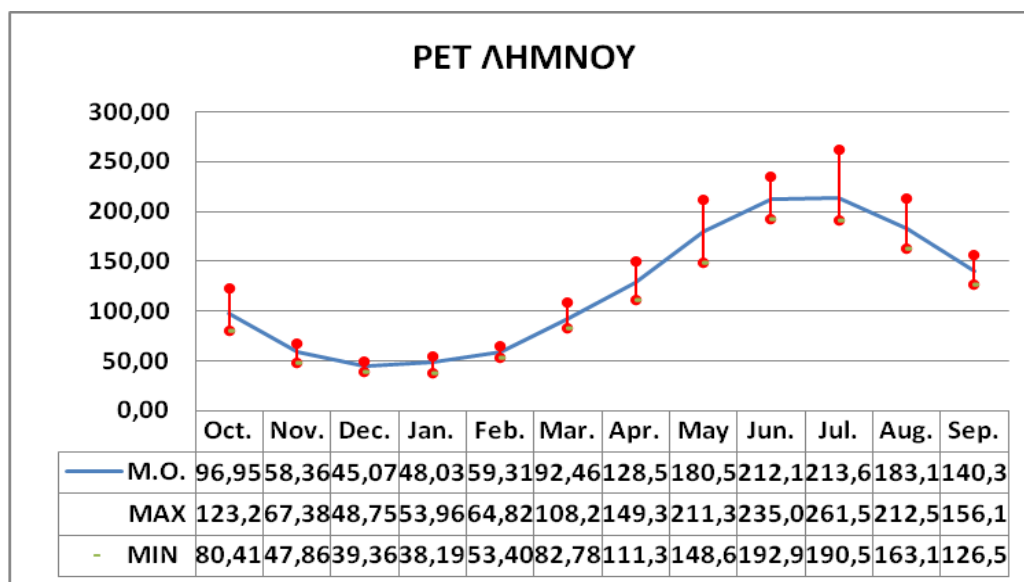
Διάγραμμα 6: Μέση Μηνιαία βροχόπτωση στη Νήσο Λήμνο

Η μέση θερμοκρασία στη Νήσο Λήμνο παρουσιάζει αύξηση από το μήνα Φεβρουάριο έως τον Ιούλιο ενώ μειώνεται από το Αύγουστο έως τον Ιανουάριο. Η μέγιστη θερμοκρασία εμφανίζεται το μήνα Ιούλιο, ενώ η ελάχιστη το μήνα Φεβρουάριο.



Διάγραμμα 7: Μέση θερμοκρασία στη Νήσο Λήμνο

Η μέση εξατμισοδιαπνοή στη Νήσο Λήμνο αυξάνεται από τον Ιανουάριο έως τον Ιούλιο ενώ μειώνεται από τον Αύγουστο έως τον Δεκέμβριο. Η μέγιστη τιμή εμφανίζεται τον Ιούλιο, ενώ η ελάχιστη τον Ιανουάριο.



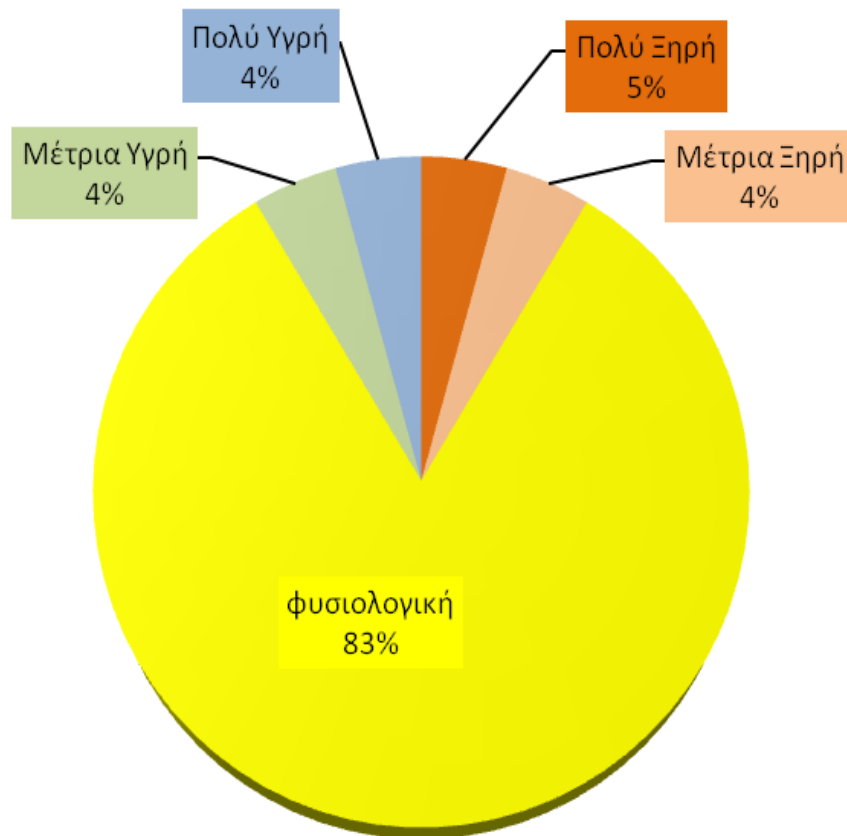
Διάγραμμα 8: Μέση Εξατμισοδιαπνοή στη Νήσο Λήμνο

5.4 Ανάλυση Αποτελεσμάτων στη Νήσο Λήμνο

Μελετώντας τα αποτελέσματα των δεικτών ξηρασίας στη Νήσο Λήμνο για το χρονικό διάστημα 1971-2010, βλέπουμε ότι η μεγαλύτερη ένταση του φαινομένου της ξηρασίας στη Λήμνο εμφανίζεται το έτος **2000-2001** στο οποίο, οι δείκτες SPI και RDI έχουν τιμές -1,86 και -1,97 αντίστοιχα. Για το έτος αυτό, η συνολική ετήσια βροχόπτωση είναι 291,23 mm, η ελάχιστη ετήσια θερμοκρασία είναι -4,2°C, η μέγιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 39°C και η εξατμισοδιαπνοή (PET) έχει τιμή 1544,3 mm.

Αντίθετα, η πιο υγρή περίοδος για τη Νήσο Λήμνο είναι το έτος **2002-2003** στο οποίο, οι δείκτες SPI και RDI έχουν τιμές 2,43 και 2,42 αντίστοιχα. Για το έτος αυτό, η συνολική ετήσια βροχόπτωση είναι 934,1 mm, η ελάχιστη ετήσια θερμοκρασία είναι -2,6°C, η μέγιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 34,8°C και η εξατμισοδιαπνοή (PET) έχει τιμή 1428,2 mm.

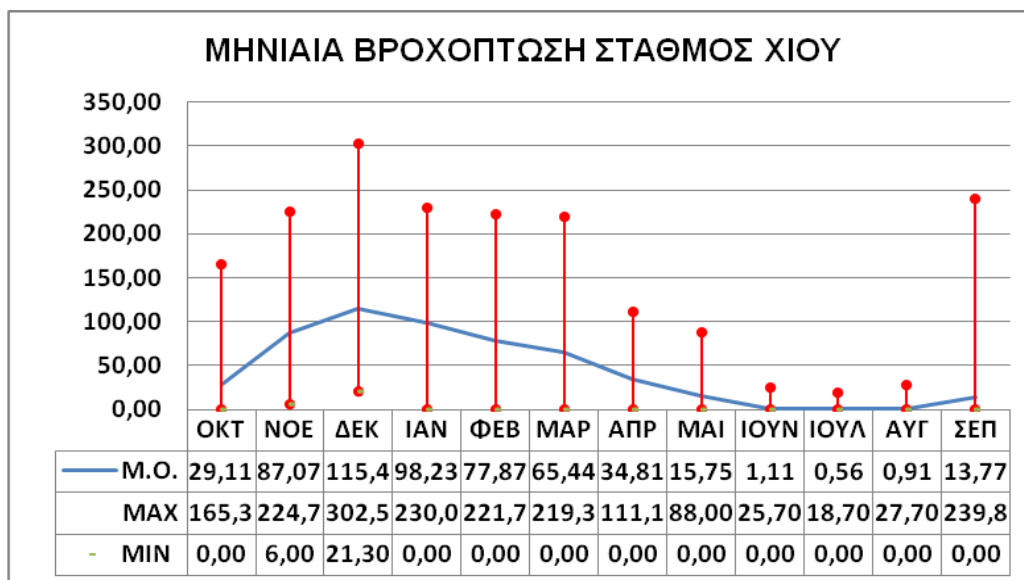
Η κοινή χρονική περίοδος μετρήσεων 1981-2004, μπορεί να χαρακτηριστεί για την Νήσο Λήμνο ως Φυσιολογική σε ποσοστό 83%, Πολύ Ξηρή σε ποσοστό 5% ενώ οι συχνότητες εμφάνισης των κατηγοριών Μέτρια Ξηρή, Πολύ και Μέτρια Υγρή εμφανίζονται σε ποσοστό 4%.



Διάγραμμα 9 : Συχνότητα Εμφάνισης Ξηρασίας ανά κατηγορία στη Νήσο Λήμνο

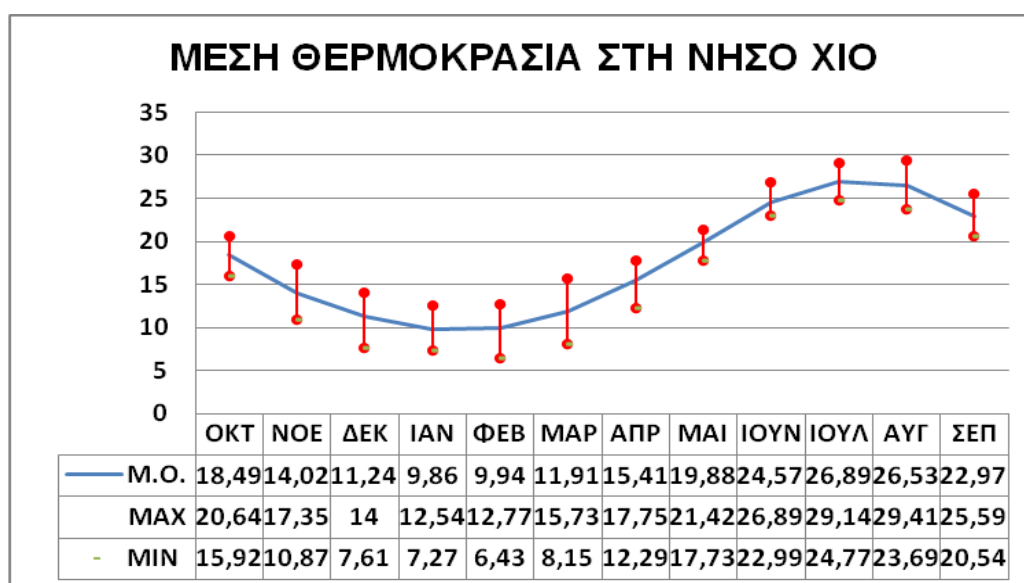
5.5 Ανάλυση Δεδομένων στη Νήσο Χίο

Η μέση βροχόπτωση στη Νήσο Χίο παρουσιάζει μία αύξηση από τον Αύγουστο έως τον Δεκέμβριο ενώ μειώνεται από τον Ιανουάριο έως τον Ιούλιο. Η μέγιστη τιμή εμφανίζεται τον Δεκέμβριο, ενώ η ελάχιστη τον Ιούλιο.



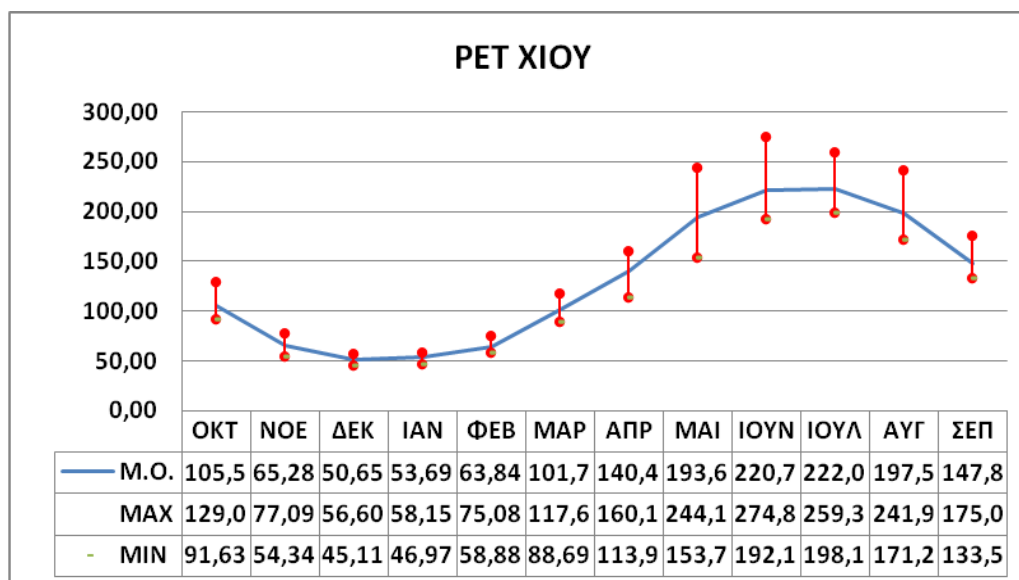
Διάγραμμα 10: Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση στη Νήσο Χίο

Η μέση θερμοκρασία στη Νήσο Χίο εμφανίζει μία αύξηση από τον Φεβρουάριο έως τον Ιούλιο ενώ έχει πτωτική τάση από τον Αύγουστο έως τον Ιανουάριο. Η μέγιστη τιμή εμφανίζεται τον Αύγουστο ενώ η ελάχιστη εμφανίζεται τον Φεβρουάριο.



Διάγραμμα 11: Μέση θερμοκρασία στη Νήσο Χίο

Η εξατμισοδιαπνοή στη Νήσο Χίο εμφανίζει μία αυξητική τάση απο το μήνα Ιανουάριο έως τον Ιούνιο ενώ μειώνεται από τον Ιούλιο έως τον Δεκέμβριο. Η μέγιστη τιμή εμφανίζεται τον Ιούνιο, ενώ η ελάχιστη τον Δεκέμβριο.



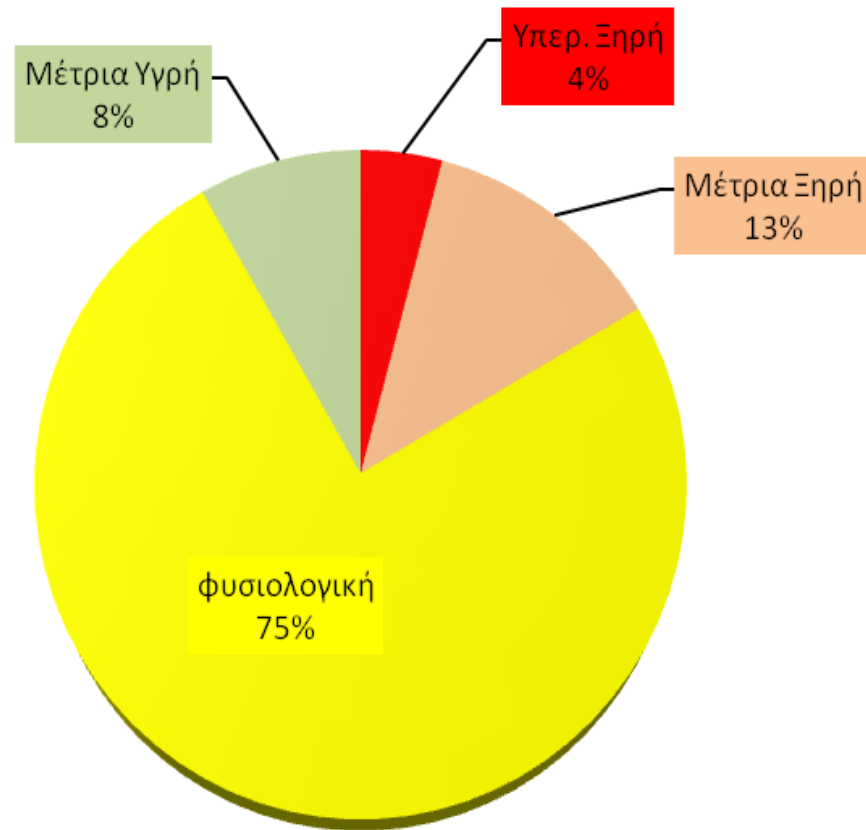
Διάγραμμα 12: Μέση Εξατμισοδιαπνοή στη Νήσο Χίο

5.6. Ανάλυση Αποτελεσμάτων στη Νήσο Χίο

Μελετώντας τα αποτελέσματα των δεικτών ξηρασίας στη Νήσο Χίο για το χρονικό διάστημα 1941-2008, βλέπουμε ότι η μεγαλύτερη ένταση του φαινομένου της ξηρασίας στη Λήμνο εμφανίζεται το έτος **1989-1990** στο οποίο, οι δείκτες SPI και RDI έχουν τιμές -3,92 και -3,81 αντίστοιχα. Για το έτος αυτό, η συνολική ετήσια βροχόπτωση είναι 101,5 mm, η ελάχιστη ετήσια θερμοκρασία είναι -1°C, η μέγιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 34°C και η εξατμισοδιαπνοή (PET) έχει τιμή 1526,1 mm.

Αντίθετα, η πιο υγρή περίοδος για τη Νήσο Χίο είναι το έτος **1978-1979** στο οποίο, οι δείκτες SPI και RDI έχουν τιμές 1,61 και 1,66 αντίστοιχα. Για το έτος αυτό, η συνολική ετήσια βροχόπτωση είναι 849,2 mm, η ελάχιστη ετήσια θερμοκρασία είναι -0,8°C, η μέγιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 36°C και η εξατμισοδιαπνοή (PET) έχει τιμή 1528,5 mm.

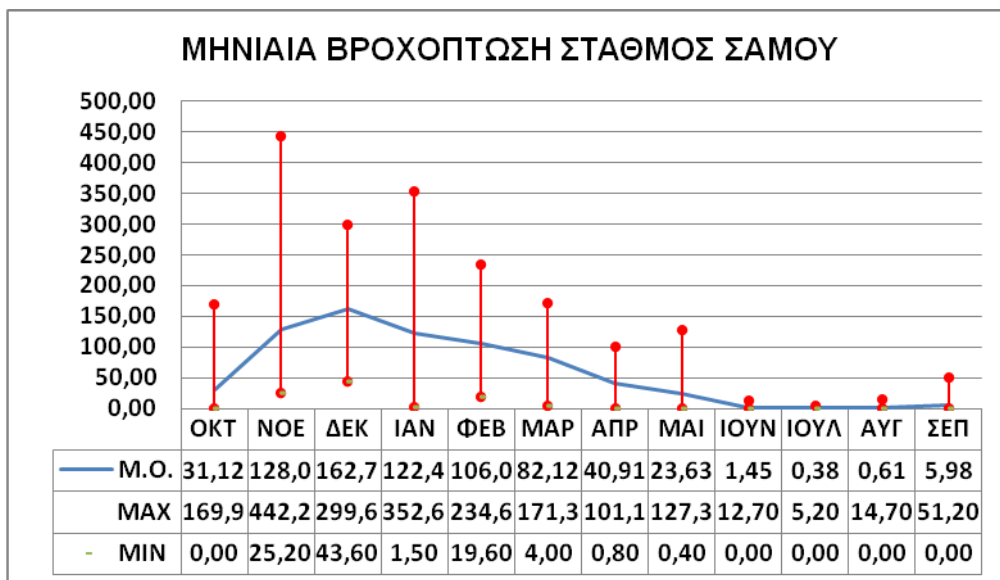
Η κοινή χρονική περίοδος μετρήσεων 1981-2004, μπορεί να χαρακτηριστεί για τη Νήσο Χίο, ως Φυσιολογική σε ποσοστό 75%, Μέτρια Ξηρή σε ποσοστό 13%, Υπερβολικά Ξηρή σε ποσοστό 4% και Μέτρια Υγρή σε ποσοστό 8%.



Διάγραμμα 13: Συχνότητα Εμφάνισης Ξηρασίας ανά κατηγορία στη Νήσο Χίο

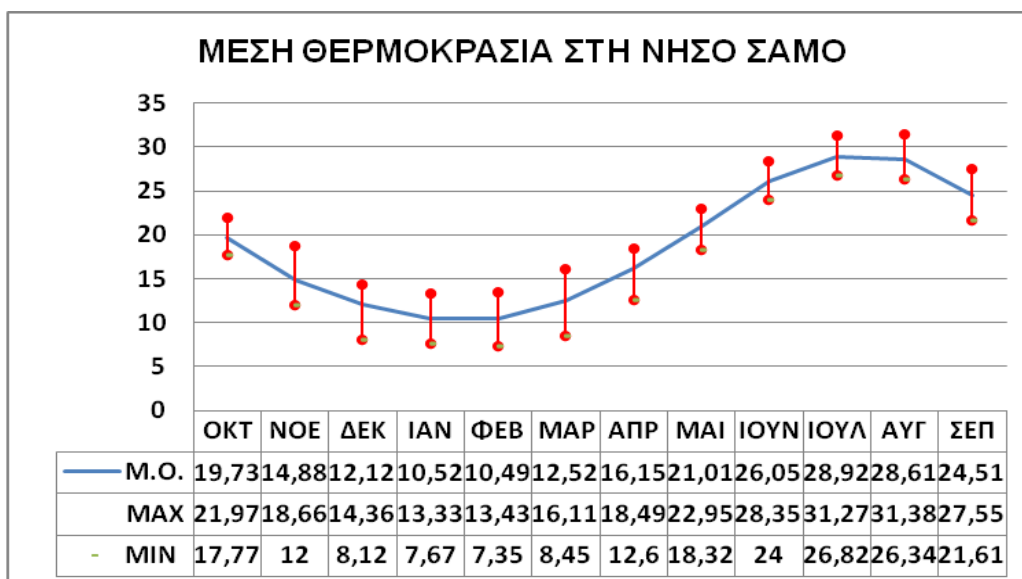
5.7 Ανάλυση Δεδομένων στη Νήσο Σάμο

Η μέση βροχόπτωση στη Νήσο Σάμο παρουσιάζει αυξητική τάση από τον Αύγουστο έως τον Δεκέμβριο, ενώ μειώνεται από τον Ιανουάριο έως τον Ιούλιο. Η μέγιστη τιμή εμφανίζεται τον Νοέμβριο, ενώ η ελάχιστη τιμή εμφανίζεται τον Ιούλιο.



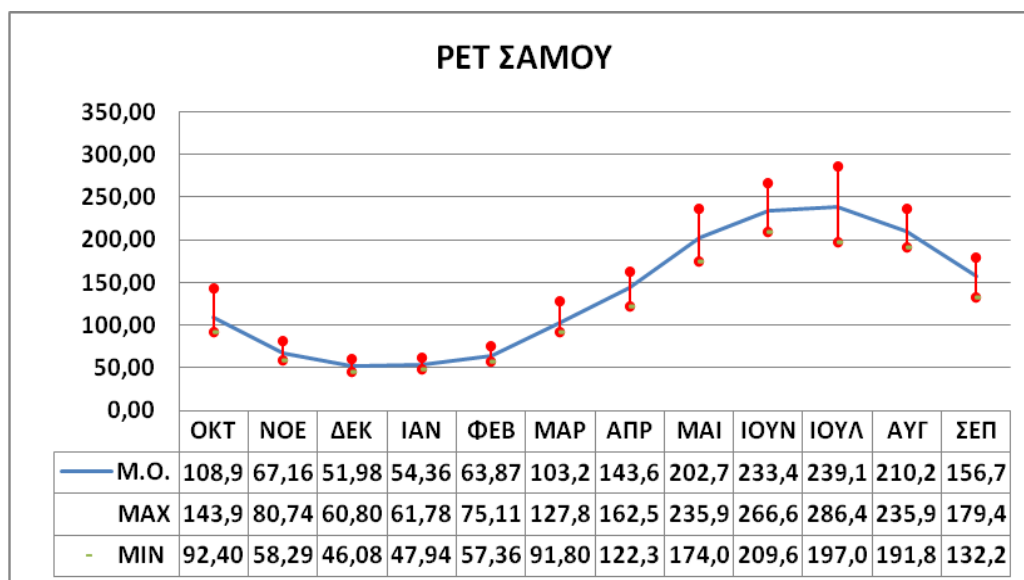
Διάγραμμα 14: Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση στη Νήσο Σάμο

Η μέση θερμοκρασία στη Νήσο Σάμο παρουσιάζει αυξητική τάση από τον Μάρτιο τον Αύγουστο, ενώ μειώνεται από τον Σεπτέμβριο έως τον Φεβρουάριο. Η μέγιστη τιμή εμφανίζεται το μήνα Αύγουστο, ενώ η ελάχιστη τιμή εμφανίζεται τον Φεβρουάριο.



Διάγραμμα 15: Μέση θερμοκρασία στη Νήσο Σάμο

Η εξατμισοδιαπνοή στη Νήσο Σάμο παρουσιάζει αύξηση απο τον Ιανουάριο έως τον Ιούλιο, ενώ μειώνεται από τον Αύγουστο έως τον Δεκέμβριο. Η μέγιστη τιμή εμφανίζεται τον Ιούλιο, ενώ η ελάχιστη τιμή εμφανίζεται τον Δεκέμβριο.



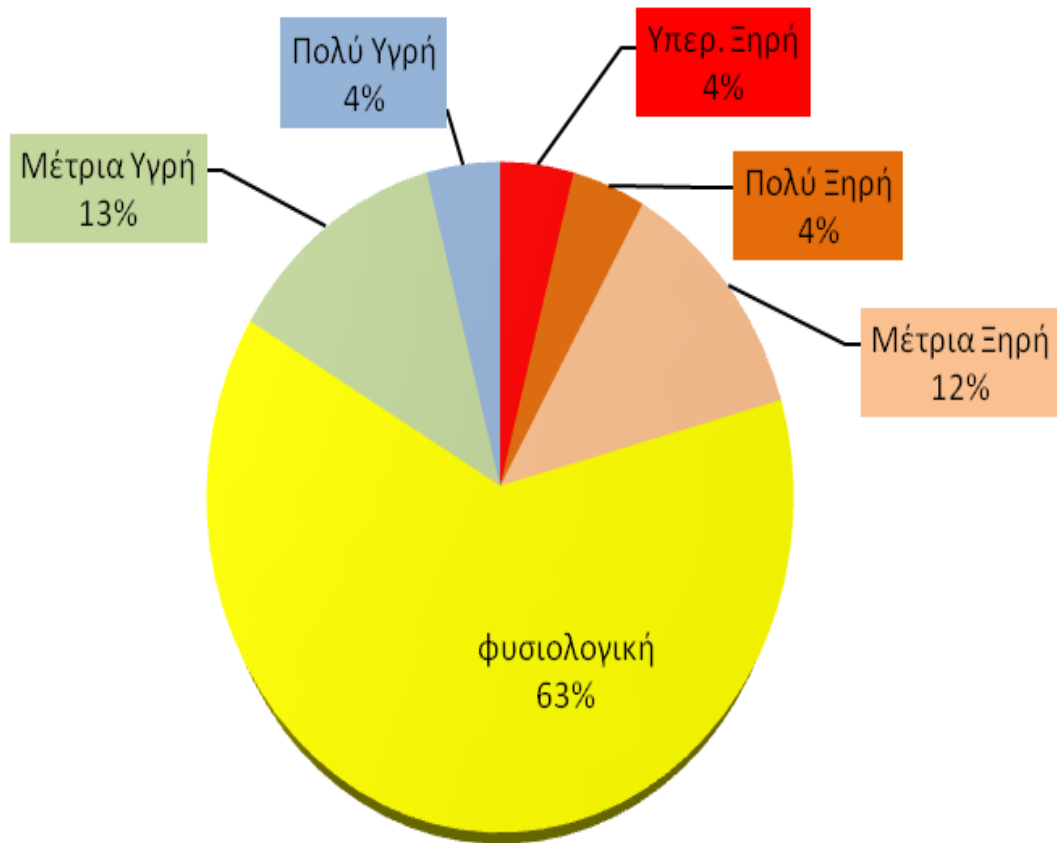
Διάγραμμα 16: Μέση Εξατμισοδιαπνοή στη Νήσο Σάμο

5.8 Ανάλυση Αποτελεσμάτων στη Νήσο Σάμο

Μελετώντας τα αποτελέσματα των δεικτών ξηρασίας στη Νήσο Σάμο για το χρονικό διάστημα 1978-2011, βλέπουμε ότι η μεγαλύτερη ένταση του φαινομένου της ξηρασίας στη Σάμο εμφανίζεται το έτος **2000-2001** στο οποίο, οι δείκτες SPI και RDI έχουν τιμές -2,03 και -2,13 αντίστοιχα. Για το έτος αυτό, η συνολική ετήσια βροχόπτωση είναι 374,24 mm, η ελάχιστη ετήσια θερμοκρασία είναι -1,2°C, η μέγιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 43°C και η εξατμισοδιαπνοή (PET) έχει τιμή 1706,7 mm.

Αντίθετα, η πιο υγρή περίοδος για τη Νήσο Σάμο είναι το έτος **1978-1979** στο οποίο, οι δείκτες SPI και RDI έχουν τιμές 1,77 και 1,80 αντίστοιχα. Για το έτος αυτό, η συνολική ετήσια βροχόπτωση είναι 1070,5 mm, η ελάχιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 0,97°C, η μέγιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 39,2°C και η εξατμισοδιαπνοή (PET) έχει τιμή 1612 mm.

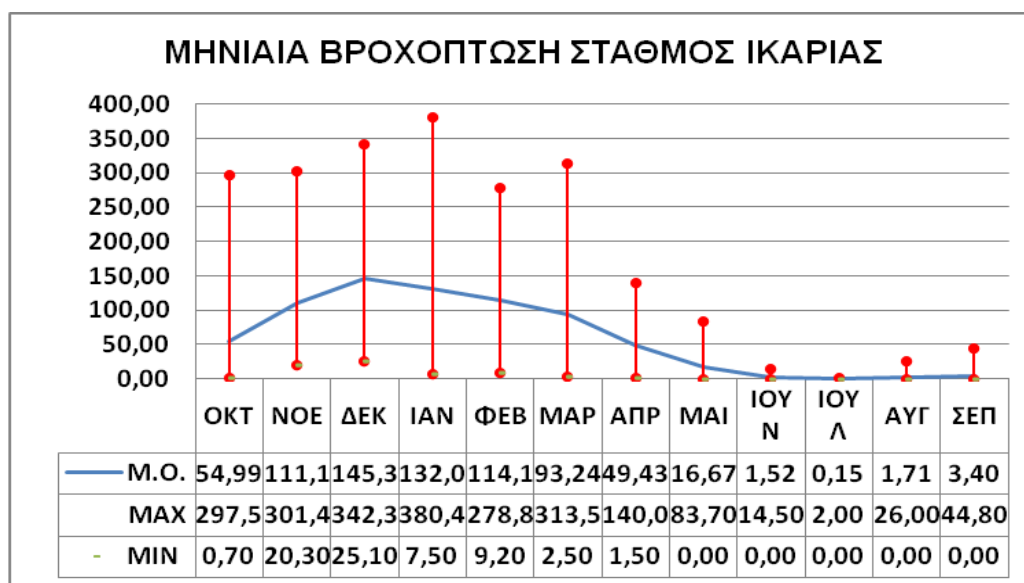
Για τη Νήσο Σάμο, η κοινή χρονική περίοδος μετρήσεων μπορεί να χαρακτηριστεί ως Φυσιολογική σε ποσοστό 63%, Μέτρια Υγρή σε ποσοστό 13%, Μέτρια Ξηρή σε ποσοστό 12% ενώ οι συχνότητες εμφάνισης των κατηγοριών Πολύ Υγρή, Πολύ Ξηρή και Υπερβολικά Ξηρή είναι 4%.



Διάγραμμα 17: Συχνότητα Εμφάνισης Ξηρασίας ανά κατηγορία στη Νήσο Σάμο

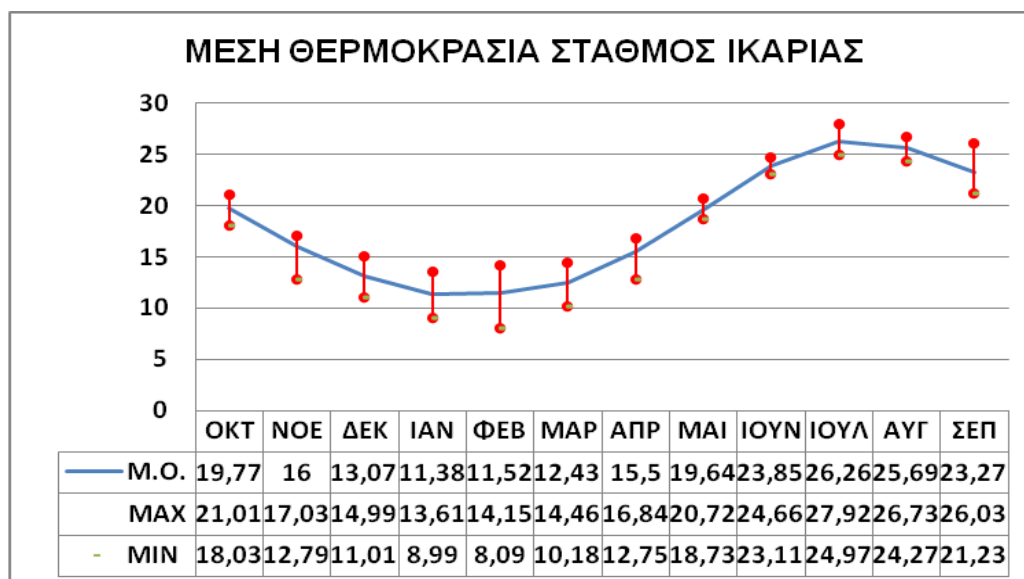
5.9 Ανάλυση Δεδομένων στη Νήσο Ικαρία

Η βροχόπτωση στη Νήσο Ικαρία παρουσιάζει αυξητική τάση από τον Αύγουστο έως τον Ιανουάριο, ενώ μειώνεται από τον Φεβρουάριο έως τον Ιούλιο. Η μέγιστη τιμή βροχόπτωσης εμφανίζεται το μήνα Ιανουάριο, ενώ η ελάχιστη τιμή εμφανίζεται τον Ιούλιο.



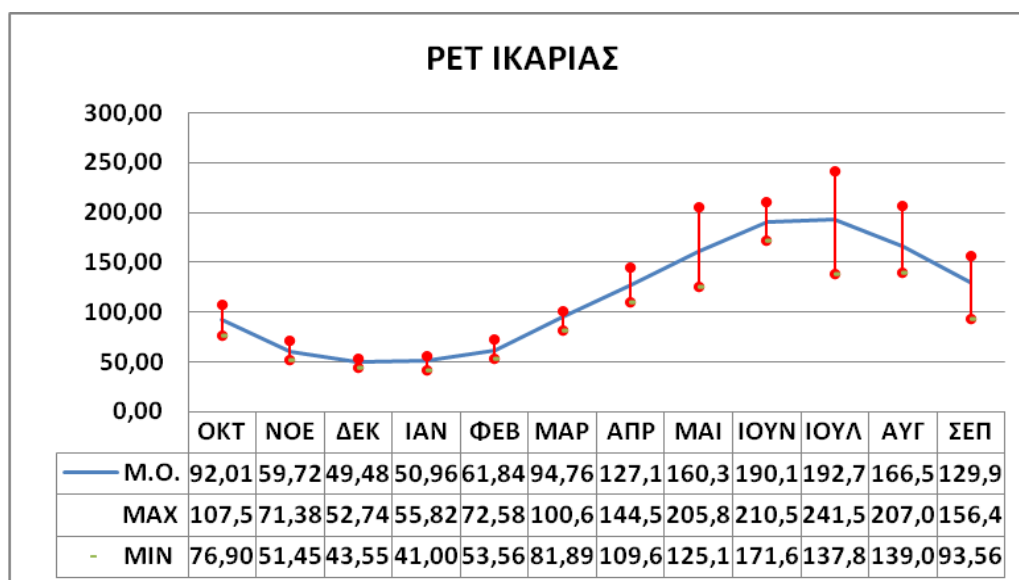
Διάγραμμα 18: Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση στη Νήσο Ικαρία

Η μέση θερμοκρασία στη Νήσο Ικαρία εμφανίζει αυξητική τάση από τον Φεβρουάριο έως τον Ιούλιο, ενώ μειώνεται από τον Αύγουστο έως τον Ιανουάριο. Η μέγιστη τιμή θερμοκρασίας εμφανίζεται τον Ιούλιο, ενώ η ελάχιστη εμφανίζεται τον Φεβρουάριο.



Διάγραμμα 19: Μέση θερμοκρασία στη Νήσο Ικαρία

Η εξατμισοδιαπνοή στην Νήσο Ικαρία παρουσιάζει αυξητική τάση από τον Ιανουάριο έως τον Ιούλιο, ενώ μειώνεται από τον Αύγουστο έως τον Δεκέμβριο. Η μέγιστη τιμή εξατμισοδιαπνοής εμφανίζεται το μήνα Ιούλιο, ενώ η ελάχιστη τιμή το μήνα Ιανουάριο.



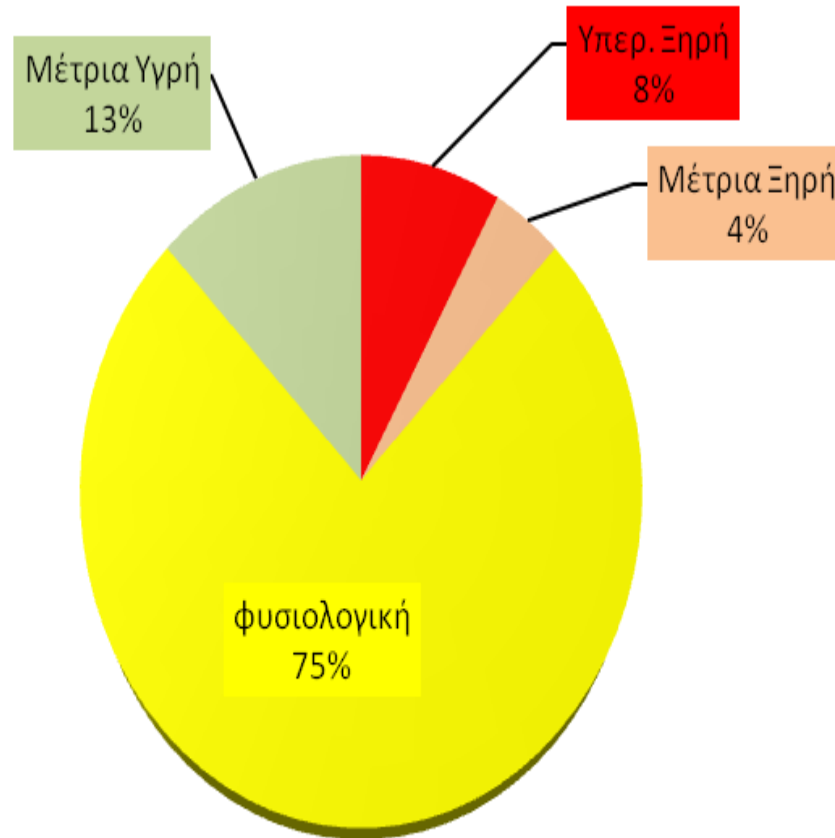
Διάγραμμα 20: Μέση Εξατμισοδιαπνοή στη Νήσο Ικαρία

5.10. Ανάλυση Αποτελεσμάτων στη Νήσο Ικαρία

Μελετώντας τα αποτελέσματα των δεικτών ξηρασίας στη Νήσο Ικαρία για το χρονικό διάστημα 1981-2012, βλέπουμε ότι η μεγαλύτερη ένταση του φαινομένου της ξηρασίας στην Ικαρία εμφανίζεται το έτος **1981-1982** στο οποίο, οι δείκτες SPI και RDI έχουν τιμές -3,17 και -3,18 αντίστοιχα. Για το έτος αυτό, η συνολική ετήσια βροχόπτωση είναι 158,8 mm, η ελάχιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 2,2°C, η μέγιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 33,16°C και η εξατμισοδιαπνοή (PET) έχει τιμή 1380 mm.

Αντίθετα, η πιο υγρή περίοδος για τη Νήσο Ικαρία είναι το έτος **2010-2011** στο οποίο, οι δείκτες SPI και RDI έχουν τιμές 1,58 και 1,34 αντίστοιχα. Για το έτος αυτό, η συνολική ετήσια βροχόπτωση είναι 1250,9 mm, η ελάχιστη ετήσια θερμοκρασία είναι -2,3°C, η μέγιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 33,8°C και η εξατμισοδιαπνοή (PET) έχει τιμή 1490,2 mm.

Η κοινή χρονική περίοδος μετρήσεων 1981-2004, για τη Νήσο Ικαρία μπορεί να χαρακτηριστεί ως Φυσιολογική σε ποσοστό 75%, Μέτρια Υγρή σε ποσοστό 13%, Υπερβολικά Ξηρή σε ποσοστό 8% και Μέτρια Ξηρή σε ποσοστό 4%.



Διάγραμμα 21: Συχνότητα Εμφάνισης Ξηρασίας ανά κατηγορία στη Νήσο Ικαρία

5.11 Ανάλυση Αποτελεσμάτων στη Περιοχή Μελέτης

Αναλύοντας τα αποτελέσματα των δεικτών ξηρασίας, σε όλη τη περιοχή Μελέτης για τη κοινή περίοδο μετρήσεων 1981-2004, όπως απεικονίζονται στους θεματικούς χάρτες ξηρασίας, συμπεραίνουμε ότι τα έτη με την μεγαλύτερη ένταση του φαινομένου της ξηρασίας, είναι :

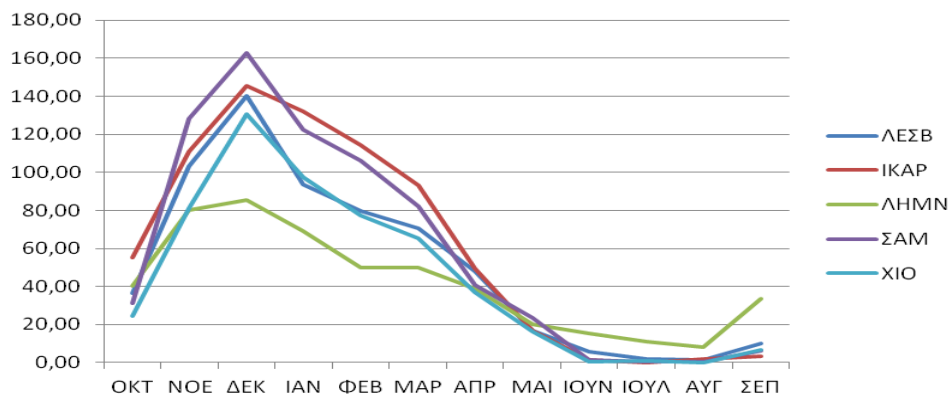
α. Το έτος **1989-1990**, καθώς οι Νήσοι Λέσβος και Χίος εμφανίζουν υπερβολικά ξηρό έτος με $SPI-RDI < -2$, η Νήσος Σάμος εμφανίζει μέτρια ξηρό έτος με $-1 < SPI-RDI < -1,49$, ενώ οι Νήσοι Λήμνος και Ικαρία εμφανίζουν Φυσιολογική κατάσταση με $-0,99 < SPI-RDI < 0,99$.

β. Το έτος **1992-1993**, καθώς η Νήσος Λέσβος εμφανίζει υπερβολικά ξηρό έτος με $SPI < -2$, η Νήσος Σάμος εμφανίζει πόλυ ξηρό έτος με $-1,5 < SPI-RDI < -1,99$, οι Νήσοι Χίος και Ικαρία εμφανίζουν μέτρια ξηρό έτος με $-1 < SPI-RDI < -1,49$, ενώ η Νήσος Λήμνος εμφανίζει Φυσιολογική κατάσταση με $-0,99 < SPI-RDI < 0,99$.

γ. Το έτος **2000-2001**, καθώς η Νήσος Σάμος εμφανίζει υπερβολικά ξηρό έτος με $SPI < -2$, η Νήσος Λήμνος εμφανίζει πόλυ ξηρό έτος με $-1,5 < SPI-RDI < -1,99$, ενώ οι Νήσοι Λέσβος, Χίος και Ικαρία εμφανίζουν μέτρια ξηρασία με $-1 < SPI < -1,49$.

Αντίθετα το έτος με τη μικρότερη ένταση του φαινομένου της ξηρασίας είναι το έτος **1998-1999** κατά το οποίο η Νήσος Λήμνος εμφανίζει Υπερβολικά υγρό έτος με $SPI > 2$, η Νήσος Λέσβος Πολύ υγρό με $1,5 < SPI < 1,99$, η Νήσος Σάμος Μέτρια υγρό με $1 < SPI < 1,49$ και οι Νήσοι Ικαρία και Χίος εμφανίζουν Φυσιολογική κατάσταση με $-0,99 < SPI < 0,99$

Επίσης όπως βλέπουμε και στο παρακάτω διάγραμμα, η βροχόπτωση στην περιοχή μελέτης παρουσιάζει μια αυξητική τάση κατά τους χειμερινούς μήνες με τη μεγαλύτερη βροχόπτωση (peak) να εμφανίζεται τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο ενώ μειώνεται βαθμιαία κατά τους καλοκαιρινούς μήνες με τη χαμηλότερη βροχόπτωση να εμφανίζεται τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο.



Διάγραμμα 22: Μηνιαία Μεταβολή Βροχόπτωσης ανά σταθμό (1981-2004)

Τέλος, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι σε κάποια έτη υπάρχει μικρή διαφορά μεταξύ των υπολογισθέντων δεικτών SPI και RDI με αποτέλεσμα η ένταση του φαινομένου της ξηρασίας για το συγκεκριμένο σταθμό (Νήσο) και έτος, να αλλάζει κατηγορία ανάλογα με τον δείκτη (SPI ή RDI) που λαμβάνεται υπόψη. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο διαφορετικό τρόπο υπολογισμού μεταξύ SPI και RDI, καθώς στο υπολογισμό του πρώτου λαμβάνεται υπόψη μόνο η βροχόπτωση, ενώ στον υπολογισμό του δεύτερου λαμβάνεται υπόψη και η εξατμισοδιαπνοή (PET).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

6.1 Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων τα οποία προέκυψαν έπειτα από την επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων καθώς και τον υπολογισμό των δεικτών ξηρασίας για την περιοχή μελέτης, μπορούμε να εξάγουμε ορισμένα συμπεράσματα για το φαινόμενο της ξηρασίας, τα οποία συνοψίζονται όπως παρακάτω :

α. Οι Νήσοι Ικαρία και Σάμος εμφανίζουν μεγάλες τιμές βροχόπτωσης αλλά συγχρόνως εμφανίζουν και μεγάλες διακυμάνσεις στις τιμές. Οι Νήσοι Λέσβος, Χίος και Λήμνος εμφανίζουν μικρότερες τιμές βροχόπτωσης αλλά έχουν και μικρότερες διακυμάνσεις.

β. Για τη κοινή περίοδο μετρήσεων 1981-2004 η Νήσος Ικαρία εμφανίζει Υπερβολική Ξηρασία δηλαδή τιμές των δεικτών SPI-RDI <-2 συχνότερα, σε ποσοστό 8%, ενώ ακολουθούν οι Νήσοι Λέσβος, Χίος και Σάμος με ποσοστό 4%. Η Νήσος Λήμνος δεν εμφανίζει φαινόμενο υπερβολικής ξηρασίας, αλλά εμφανίζει φαινόμενο πολύ ξηρής περιόδου σε ποσοστό 4%.

γ. Το έτος με τη μεγαλύτερη ένταση του φαινομένου της ξηρασίας είναι το έτος **1989-1990**, καθώς οι Νήσοι Λέσβος και Χίος εμφανίζουν υπερβολικά ξηρό έτος, η Νήσος Σάμος εμφανίζει μέτρια ξηρό έτος, ενώ οι Νήσοι Λήμνος και Ικαρία εμφανίζουν Φυσιολογική κατάσταση. Επίσης τα έτη **1992-1993** και **2000-2001** εμφανίζεται το φαινόμενο της ξηρασίας αρκετά έντονο σε όλη τη περιοχή μελέτης.

δ. Το πιο υγρό έτος της κοινής περιόδου μετρήσεων είναι το έτος **1998-1999** κατά το οποίο η Νήσος Λήμνος εμφανίζει Υπερβολικά υγρό έτος, η Νήσος Λέσβος Πολύ υγρό, η Νήσος Σάμος Μέτρια υγρό και οι Νήσοι Ικαρία και Χίος Φυσιολογικό.

ε. Η βροχόπτωση παρουσιάζει μία αυξητική τάση από το μήνα Αύγουστο έως και τον Δεκέμβριο ενώ αρχίζει να μειώνεται από τον Ιανουάριο έως και τον Ιούλιο με τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές να εμφανίζονται τον Δεκέμβριο και Ιούλιο αντίστοιχα.

στ. Οι τιμές των δεικτών SPI και RDI εμφανίζουν ομοιομορφία σχεδόν σε όλη τη κοινή χρονική περίοδο μετρήσεων. Υπάρχουν όμως κάποια μεμονωμένα έτη στα οποία οι τιμές των δύο δεικτών εμφανίζουν μικρή διαφορά με αποτέλεσμα να αλλάζει η κατηγορία ξηρασίας ανάλογα τον δείκτη που θα ληφθεί υπόψη. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο διαφορετικό τρόπο υπολογισμού των δύο δεικτών καθώς στον υπολογισμό του δείκτη RDI λαμβάνεται υπόψη και η εξατμισοδιαπνοή (PET), ενώ στον υπολογισμό του δείκτη SPI λαμβάνεται υπόψη μόνο η βροχόπτωση.

6.2 Προτάσεις

Ολοκληρώνοντας την παρούσα Διπλωματική Εργασία και με βάση τα παραπάνω συμπεράσματα θα μπορούσαν να γίνουν κάποιες προτάσεις οι οποίες εκτιμάται ότι μπορούν να συμβάλλουν στην αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση του φαινομένου της Ξηρασίας τόσο στην περιοχή μελέτης όσο και γενικότερα. Οι προτάσεις αυτές είναι:

α. Αποδοτικότερη χρήση των Υδατικών Πόρων με ανάπτυξη σύγχρονων τεχνολογιών ή χρήση των οποίων θα επιφέρει εξοικονόμηση πόρων.

β. Μελέτη για πρόσθετες εναλλακτικές υποδομές υδροδότησης σε περιοχές όπου η ζήτηση είναι ιδιαίτερα αυξημένη. Μερικές από τις υποδομές αυτές θα μπορούσαν να είναι οι τεχνικές αφαλάτωσης, οι τεχνικές ανακύκλωσης των λυμάτων, η συλλογή των ομβρίων υδάτων κ.α.

γ. Ορθή τιμολόγηση της κατανάλωσης του νερού με θέσπιση μέτρων τα οποία θα ενθαρρύνουν την αποδοτικότερη χρήση του νερού τόσο σε αστικό περιβάλλον όσο και για τη χρήση του νερού στη γεωργία.

δ. Δημιουργία παρατηρητηρίων σε Εθνικό και Ευρωπαϊκό επίπεδο, με σκοπό την παρακολούθηση του φαινομένου της ξηρασίας και την δημιουργία συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης για την πιθανή εμφάνιση του έτσι ώστε να λαμβάνονται έγκαιρα συγκεκριμένα μέτρα αντιμετώπισης του.

ε. Καλλιέργεια πνεύματος οικονομίας του νερού μέσα από συνεχείς ενημερώσεις που θα ευαισθητοποιούν τους πολίτες ως προς την σημασία του νερού και τις επιπτώσεις που επιφέρουν η λειψυδρία και η ξηρασία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Βαγγέλης Χ., 2012. Διδακτορική Διατριβή με θέμα: Εκτίμηση και προληπτικός σχεδιασμός αντιμετώπισης της Ξηρασίας, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ.
2. Σταυριανού Κ., 2009. Επιστημονική Διατριβή με θέμα: Αλλαγές στις χρήσεις γης και στο Φυσικό περιβάλλον στη Σάμο κατά τον 20ο Αιώνα, Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ.
3. Τσακίρης Γ., Υδατικοί Πόροι Ι : Τεχνική Υδρολογία, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1995
4. Alley W.M., 1984. The Palmer Drought Severity Index: Limitation and assumptions. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23(7): 1100-1109.
5. Angew C.T., 2000. Using the SPI to identify Drought. *Drought Network News*, 12(1): 6-12.
6. Foley J.C, 1957. Droughts in Australia. *Bureau of Meteorology Bulletin 48*, Commonwealth of Australia, Melbourne, Australia.
7. Gibbs W.J. and Maher J.V., 1967. Rainfall deciles as drought indicators. *Bureau of Meteorology Bulletin 48*, Commonwealth of Australia, Melbourne, Australia.
8. Hayes M.J., Alvord C. and Lowrey J., 2007. Drought Indices. Feature Article, *Intermountain West Climate Summary*, 3(6): 2-6.
9. Mckee T.B., Doesken N.J. and Kliest J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scale. *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology*, American Meteorological Society. Anaheim (CA), 17-22 January 1993, AMS, pp. 179-184.
10. Mishra A.K. and Singh V.P., 2010. A review of Drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391(1-2): 202-216.
11. NDMC, 2008. *The Near East Drought Planning Manual: Guidelines for Drought Mitigation and Preparedness Planning*. University of Nebraska.
12. Niemeyer S., 2008. New Drought Indices. *Proceedings of the 1st International Conference "Drought Management: Scientific and technological innovations"* (Option Mediterraneennes, Series A, No 80), 12-14 June 2008, Zaragoza (Spain), pp 267-274.

13. Palfai I., 1990. Description and Forecasting of Drought in Hungary. International Commission on Irrigation and Drainage (ICID), Rio De Janeiro, pp. 151-158.
14. Palmer W.C., 1965. Meteorological Drought. US Department of Commerce, Weather Bureau, Research Paper No 45, Washington D.C., 58 p.
15. Report from the commission to the European Parliament and the Council, (2011). Third Follow up Report to the Communication on water scarcity and droughts in the European Union COM (2007) 414 final, 21 March 2011, Brussels.
16. Shafer B.A. and Dezman L.E., 1982. Development of Surface Water Supply Index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas. Proceedings of the Western Snow Conference, Reno (NV), 19-23 Apr, 1982, Colorado State University, pp 164-175.
17. Tsakiris G. and Vangelis H., 2005. Establishing a Drought Index Incorporating Evapotranspiration. *European Water*, 9/10: 3-11.
18. Tsakiris G., Loukas A., Pangalou D., Vangelis H., Tigkas D., Rossi G. and Cancelliere A., 2007. Drought Characterization (Chapter 7). In: Drought Management Guidelines Technical Annex, A. Iglesias, M. Moneo, A. Lopez-Francos (Eds.), CIHEAM/EC MEDAWater (Series B: Etudes et Recherches, No. 58, Options Mediterraneennes), Zaragoza, ISBN:2-85352-359-4, pp. 85-102.
19. Tucker C.J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote sensing of Environment*, 8(2): 127-150.
20. UNCCD, 2013. High level meeting on National Drought Policy (HMNDP) , CIGG, Geneva, 11-15 Mar 2013: Science Document: Best Practices on National Drought Management Policy.
21. WMO, 2006. Drought monitoring and early warning: concepts, progress and future challenges. Weather and climate information for sustainable agricultural development. WMO-No. 1006, ISBN: 92-63-11006-9, WMO, 24p.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

1. <http://www.northaegean.gr>
2. <http://www.vorioaigaio.gov.gr>
3. <http://www.wikipedia.org>
4. <http://www.statistics.gr>
5. <http://www.lesvos.gr>
6. <http://www.anel-sa.gr>
7. <http://www.geo.uio.no/edc/index.htm>

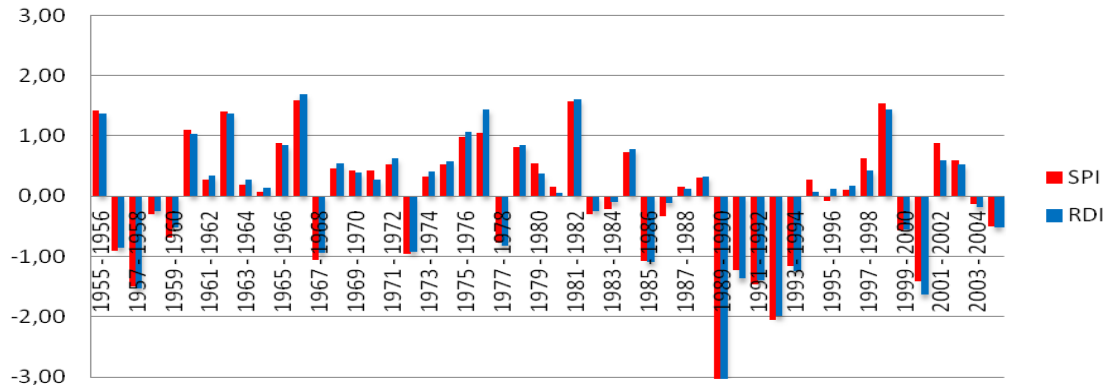
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ SPI-RDI

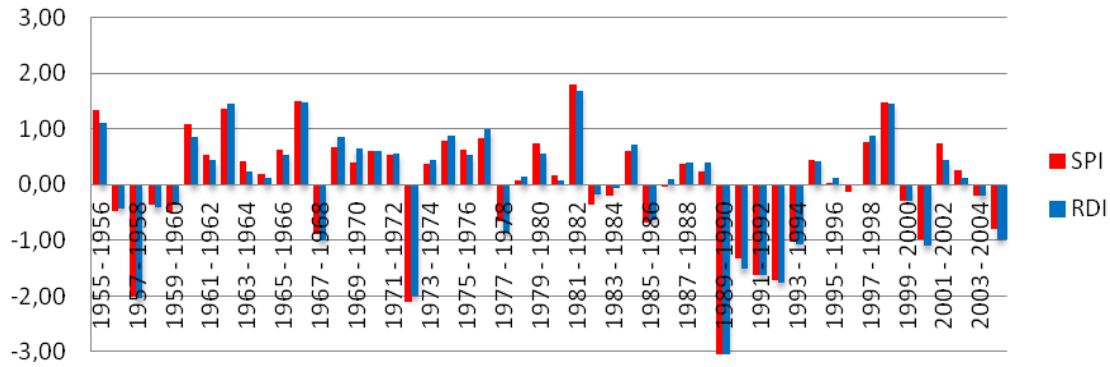
ΝΗΣΟΣ ΛΕΣΒΟΣ

1955-2004

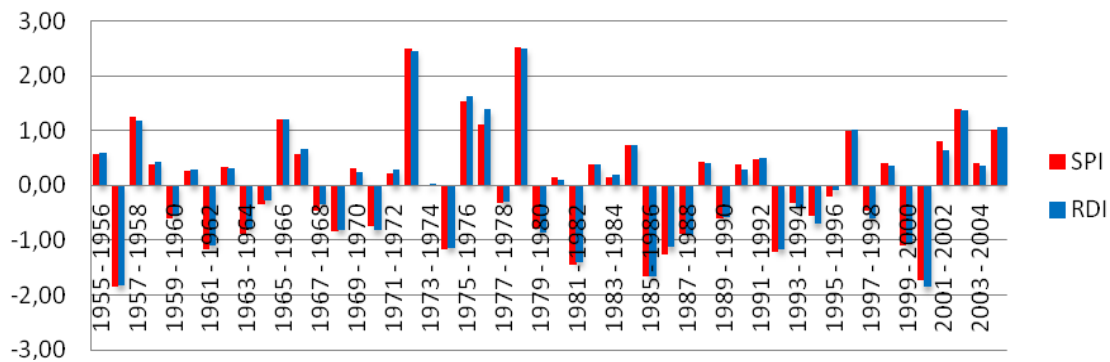
ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI



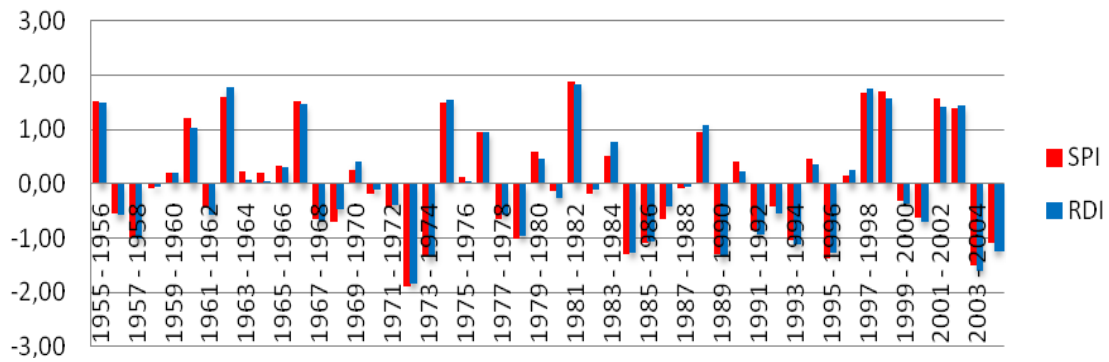
ΕΞΑΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΟΚΤ-ΜΑΡ)



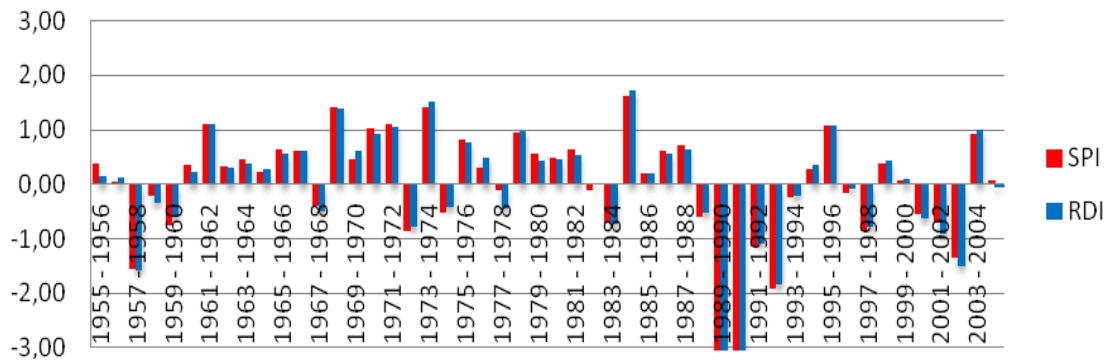
ΕΞΑΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΑΠΡ-ΣΕΠ)



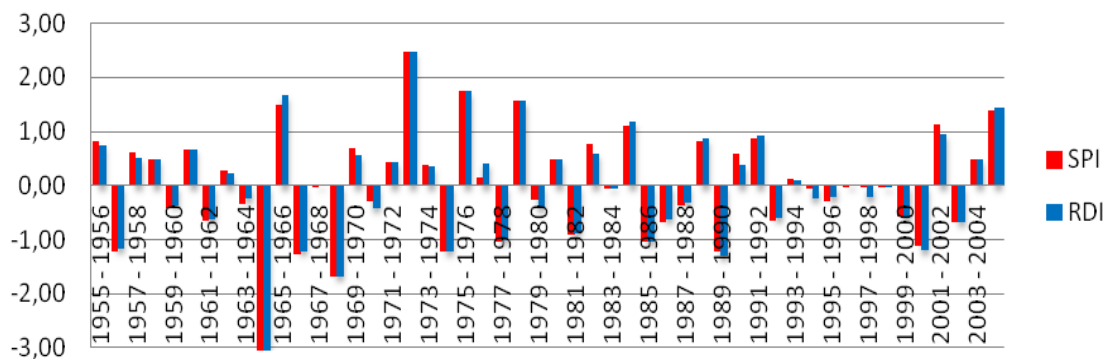
ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΟΚΤ-ΔΕΚ)



ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΙΑΝ-ΜΑΡ)



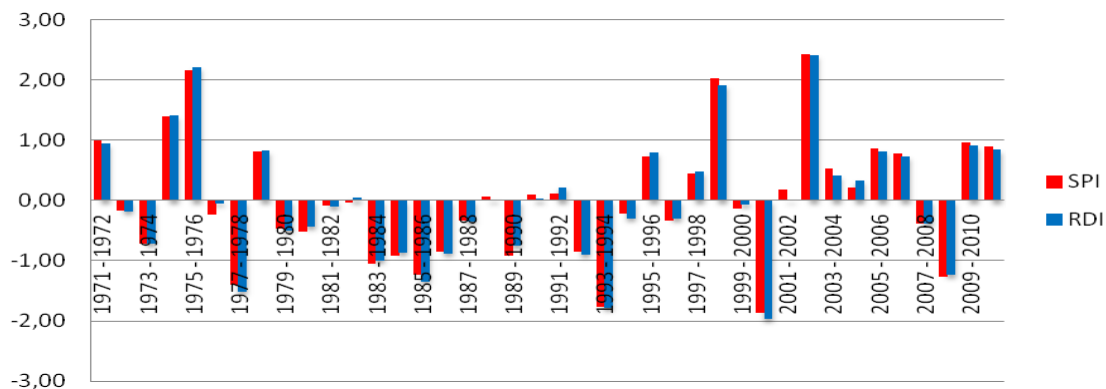
ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΑΠΡ-ΙΟΥΝ)



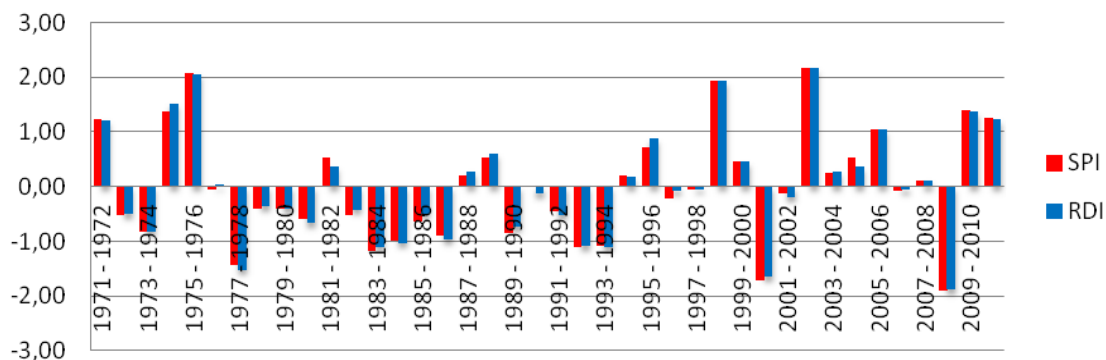
ΝΗΣΟΣ ΛΗΜΝΟΣ

1971-2010

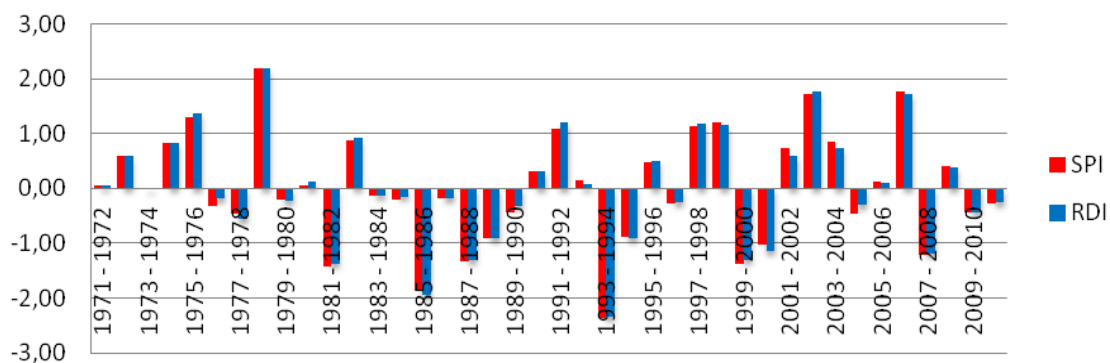
ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI



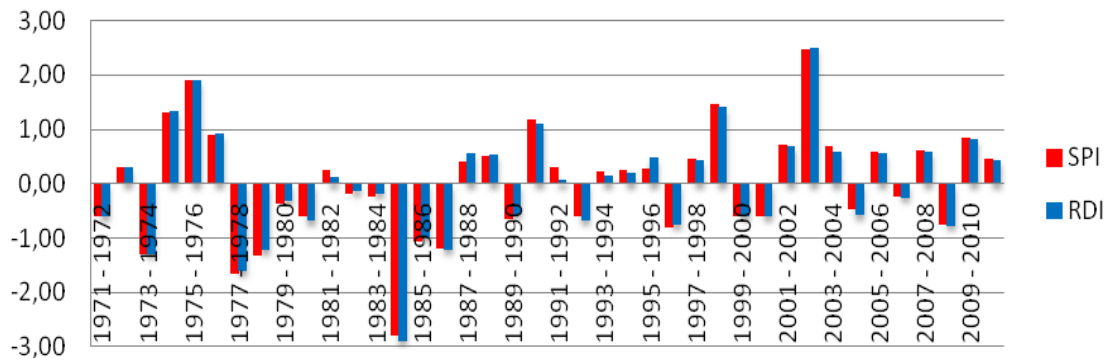
ΕΞΑΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΟΚΤ-ΜΑΡ)



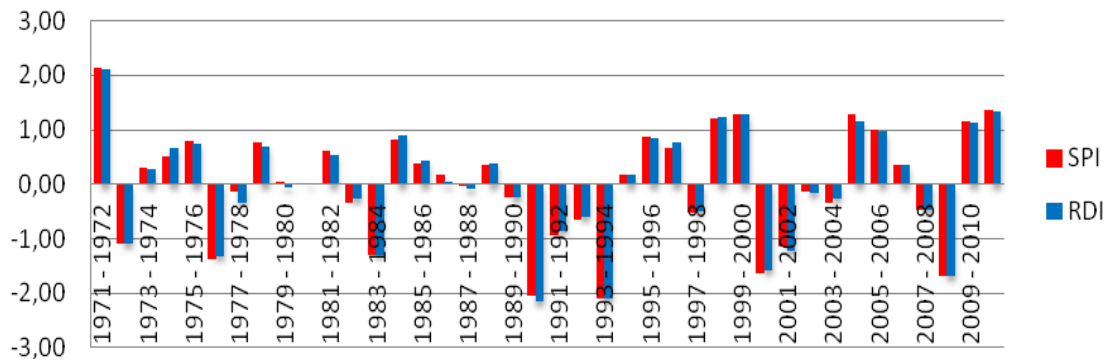
ΕΞΑΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΑΠΡ-ΣΕΠ)



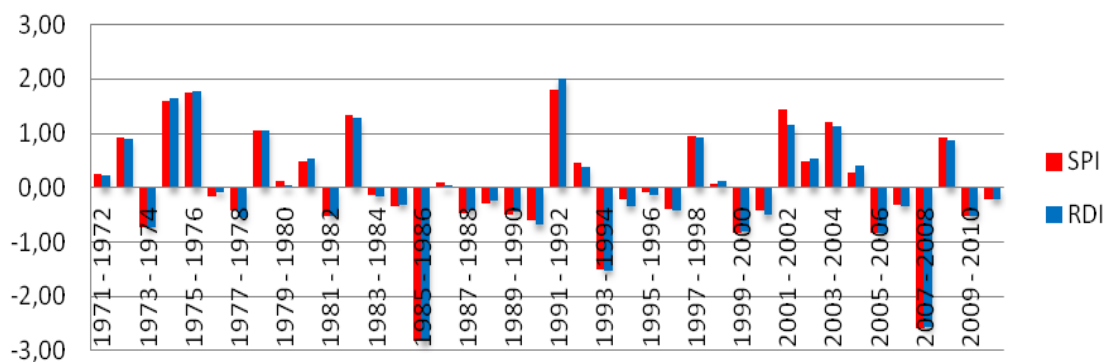
ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΟΚΤ-ΔΕΚ)



ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΙΑΝ-ΜΑΡ)



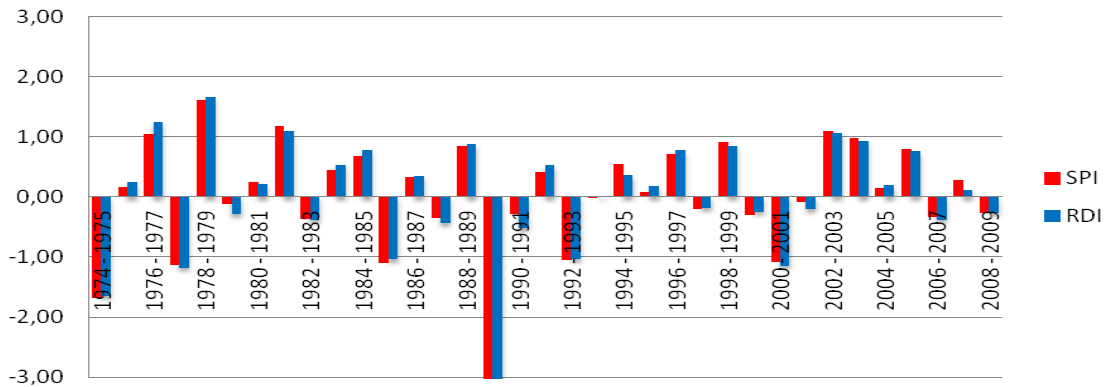
ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΑΠΡ-ΙΟΥΝ)



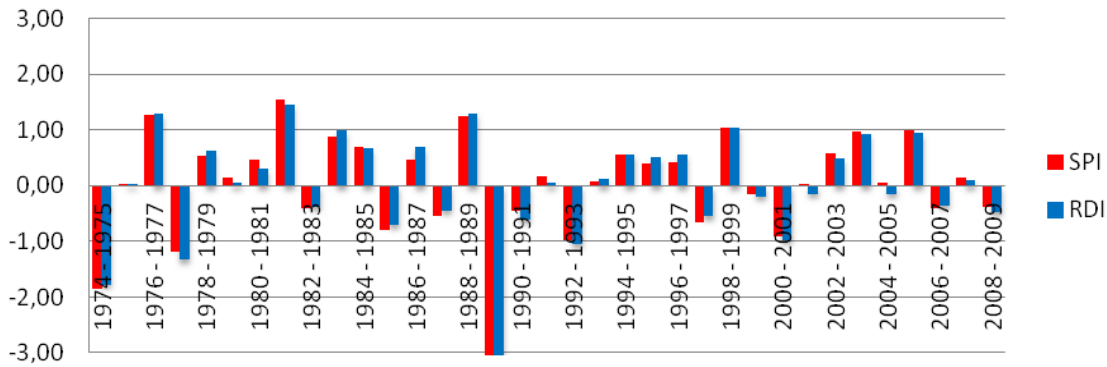
ΝΗΣΟΣ ΧΙΟΣ

1974-2008

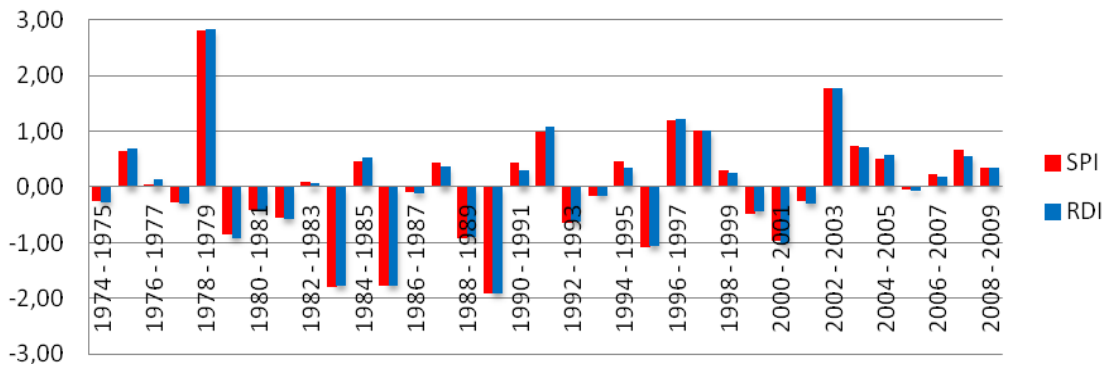
ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI



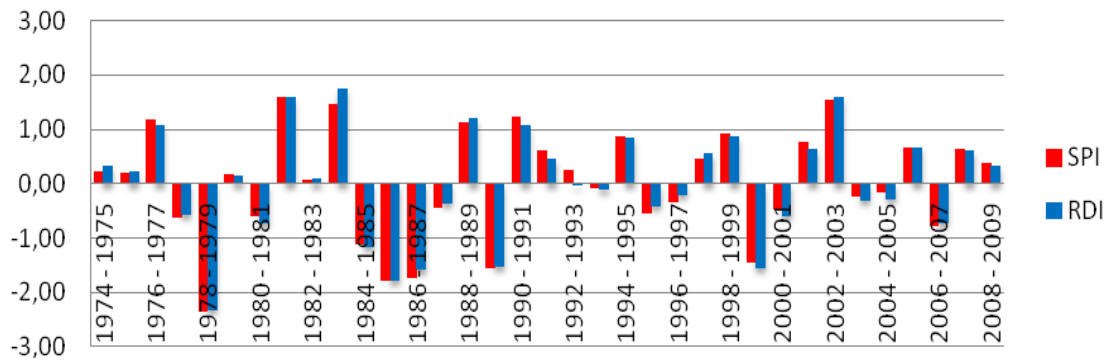
ΕΞΑΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΟΚΤ-ΜΑΡ)



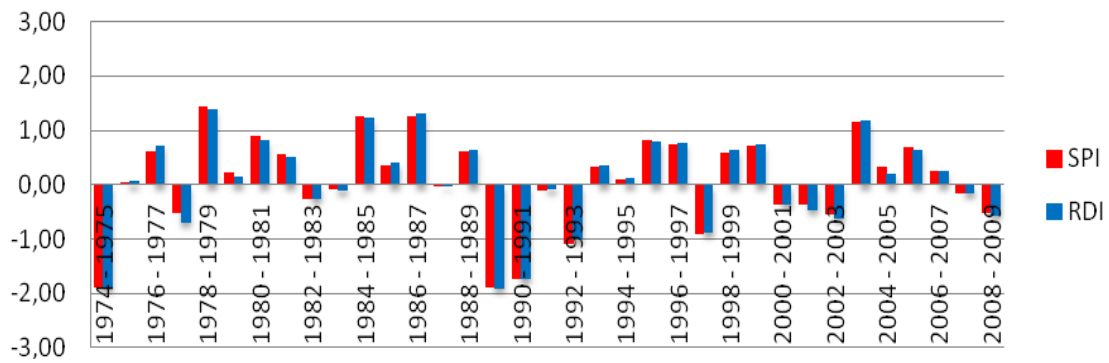
ΕΞΑΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΑΠΡ-ΣΕΠ)



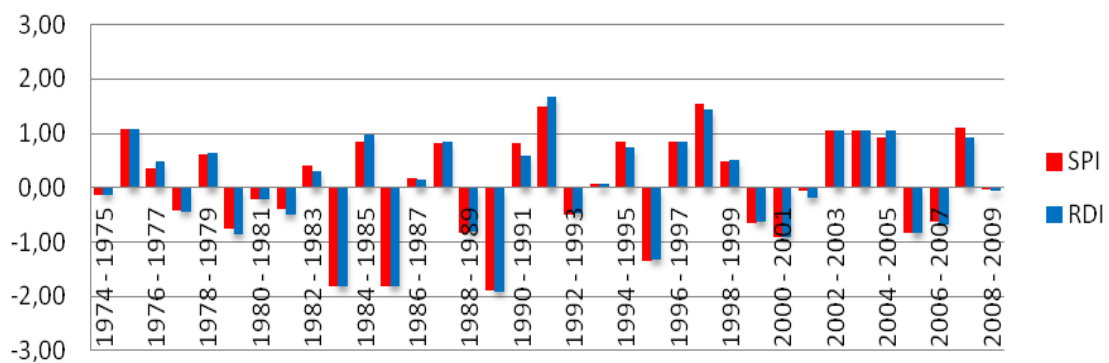
ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΟΚΤ-ΔΕΚ)



ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΙΑΝ-ΜΑΡ)



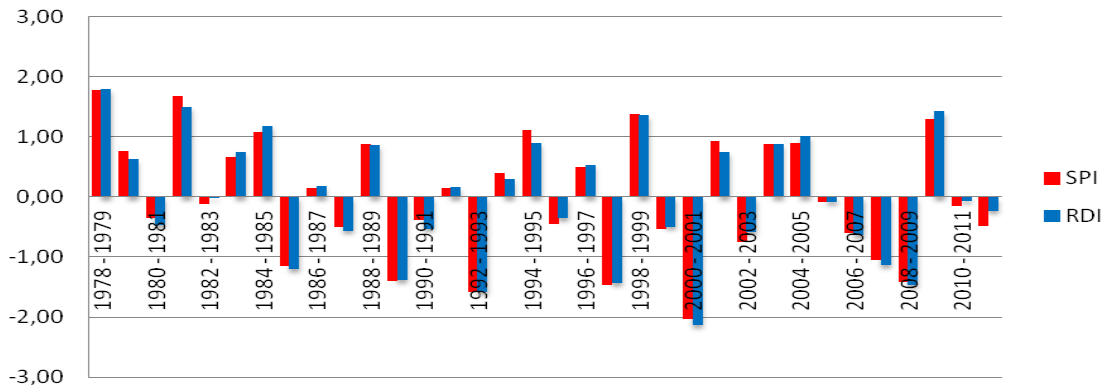
ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΑΠΡ-ΙΟΥΝ)



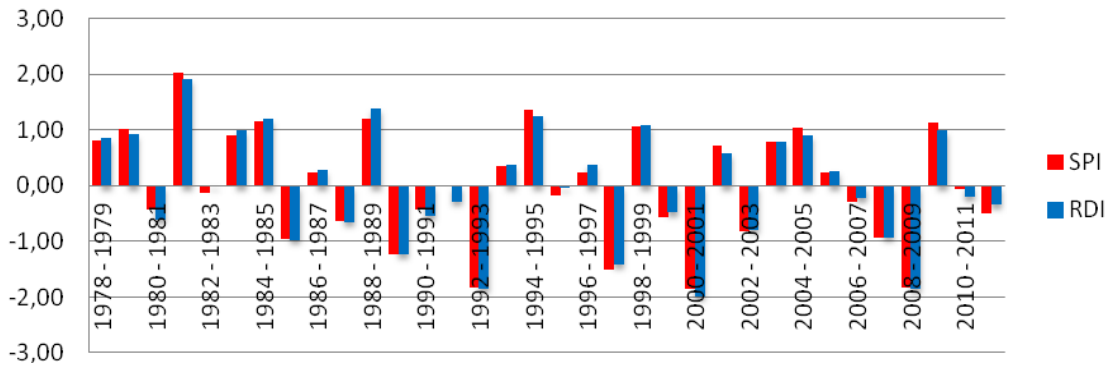
ΝΗΣΟΣ ΣΑΜΟΣ

1978-2011

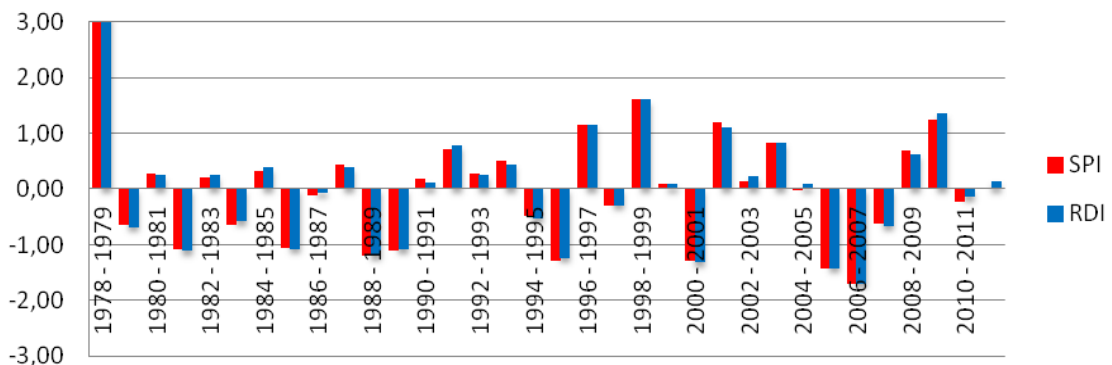
ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI



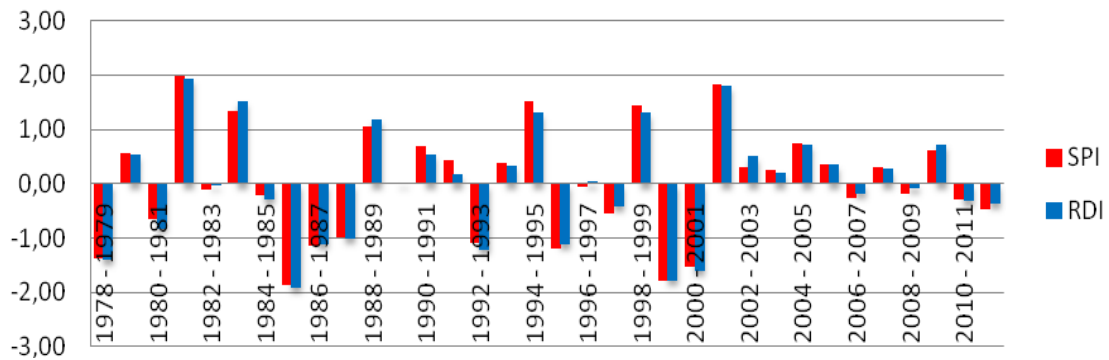
ΕΞΑΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΟΚΤ-ΜΑΡ)



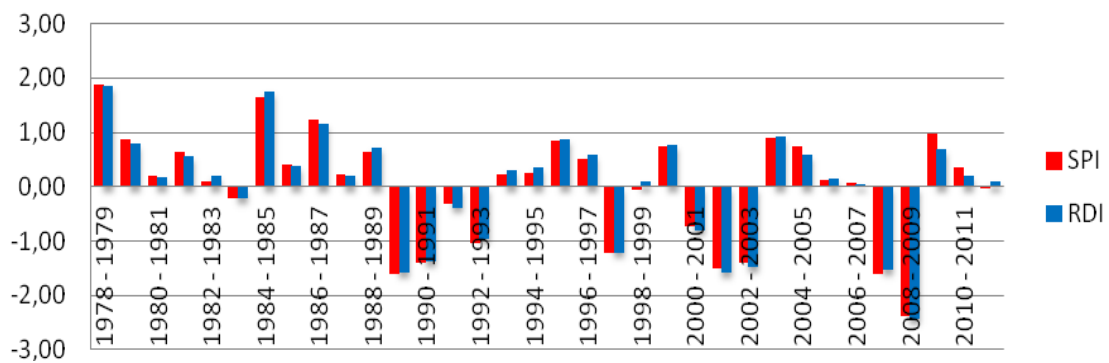
ΕΞΑΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΑΠΡ-ΣΕΠ)



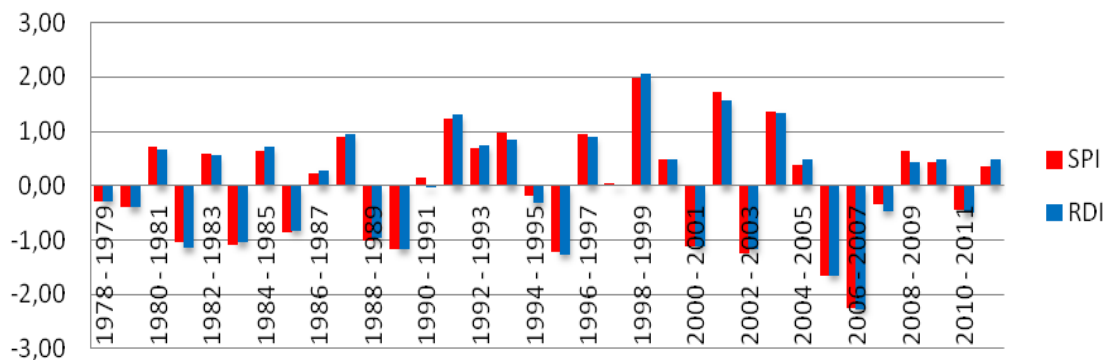
ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΟΚΤ-ΔΕΚ)



ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΙΑΝ-ΜΑΡ)



ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΑΠΡ-ΙΟΥΝ)



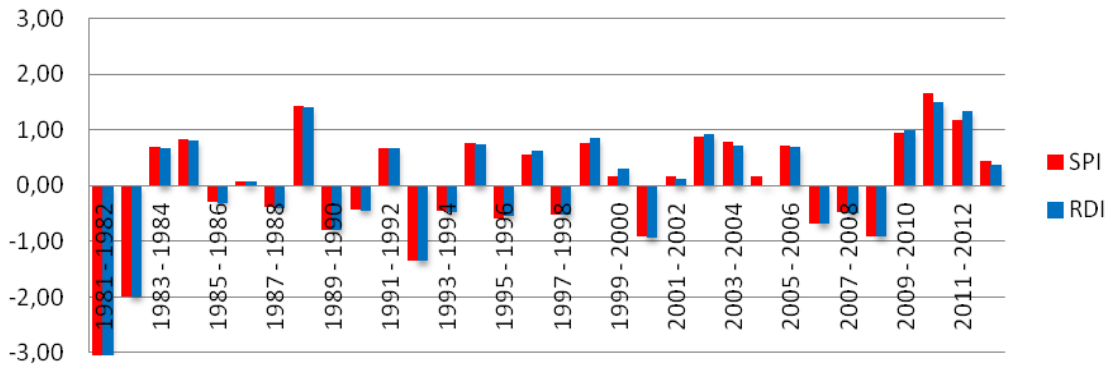
ΝΗΣΟΣ ΙΚΑΡΙΑ

1981-2012

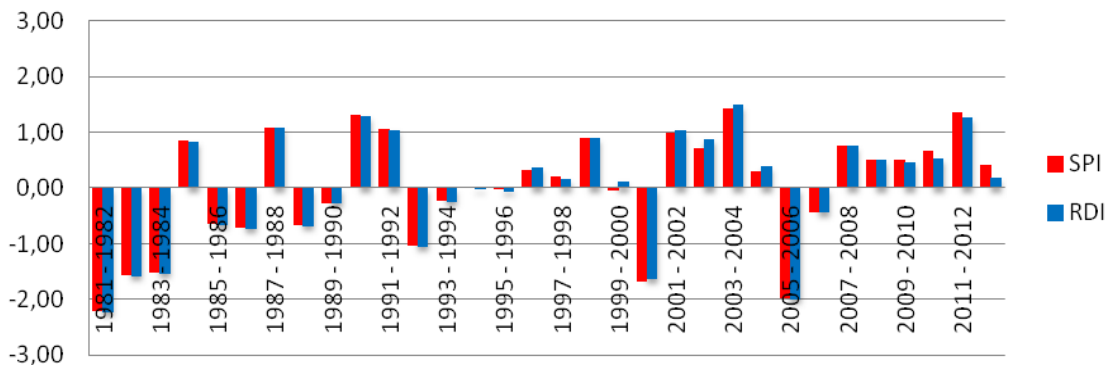
ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI



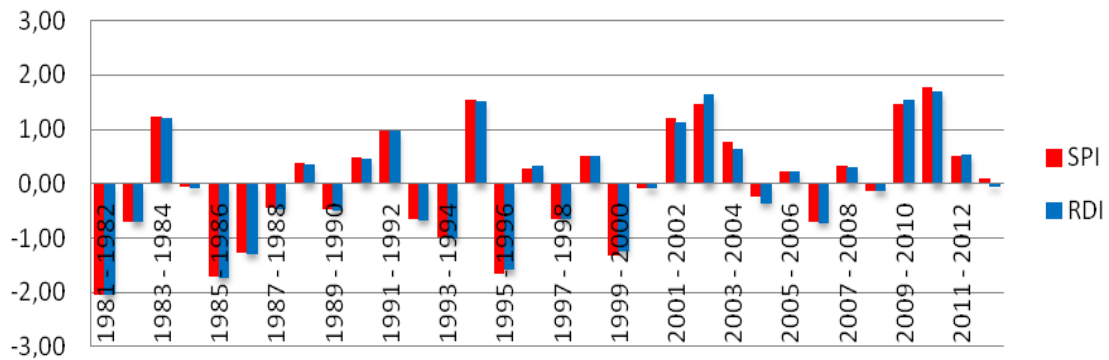
ΕΞΑΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΟΚΤ-ΜΑΡ)



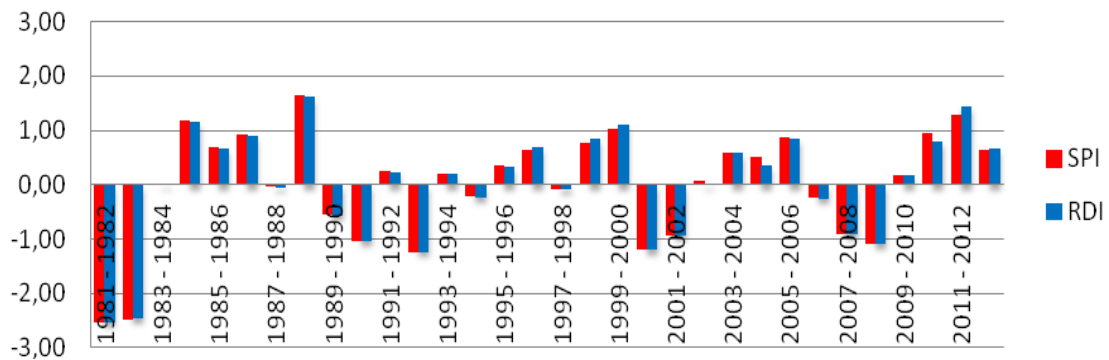
ΕΞΑΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΑΠΡ-ΣΕΠ)



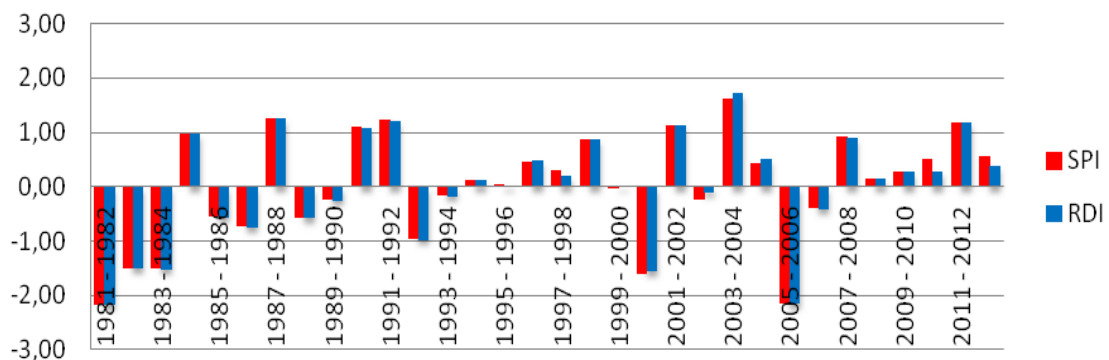
ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΟΚΤ-ΔΕΚ)



ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΙΑΝ-ΜΑΡ)



ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗ SPI-RDI (ΑΠΡ-ΙΟΥΝ)



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

ΧΑΡΤΕΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ 1981-2004

