ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας

ΤΕΥΧΟΣ 21

ΣΧΕΔΙΟ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΚΑΙ ΞΗΡΑΣΙΑΣ

(ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4 Β Φάσης)

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2013

ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ

ΕΡΓΟ: ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΧΕΔΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ ΑΤΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ, ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ 2000/60/ΕΚ, ΚΑΤ' ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ Ν. 3199/2003 ΚΑΙ ΤΟΥ ΠΔ 51/2007

ΣΥΜΠΡΑΞΗ:
ΝΑΜΑ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ & ΜΕΛΕΤΗΤΕΣ ΑΕ - ΓΑΜΜΑ4 ΕΠΕ - ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΣΙΔΕΡΗΣ - SPEED ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΕ - ΦΩΤΙΟΣ ΠΕΡΓΑΝΤΗΣ - ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΝΤΑΣΚΑΣ - ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΓΙΑΝΝΕΛΗΣ - ΧΡΗΣΤΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ - ΑΝΝΑ ΜΠΙΤΣΑΚΑΚΗ-ΤΣΟΥΚΙΑ - ΕΥΣΕΒΙΟΣ ΧΑΤΖΗΚΩΣΤΑΣ

ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ (GR07)

Β ΦΑΣΗ ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4: ΣΧΕΔΙΟ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΚΑΙ ΞΗΡΑΣΙΑΣ

Ημερομηνία πρώτης Δημοσίευσης: 13/07/2012

ΦΕΚ Έγκρισης Σχεδίου Διαχείρισης:1004 Β΄/24.04.2013

Τεύχη και Σχέδια που συνοδεύουν την παρούσα

Α/Α	Τίτλος	Κλίμακα	Αριθμός Τεύχους/ Σχεδίου
	ΤΕΥΧΗ		
1	Τεχνική Έκθεση		Β Π04-Τ.1

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πίνακες

Σχήματα

ΜΕΡΟΣ Α: ΓΕΝΙΚΑ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1. ΟΔΗΓΙΑ 2000/60/ΕΚ

Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων ή αλλιώς Οδηγία-Πλαίσιο για τα Νερά, μετά από μια μακρόχρονη περίοδο συζητήσεων και διαπραγματεύσεων μεταξύ των Κρατών Μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τέθηκε σε ισχύ στις 22 Δεκεμβρίου 2000.

Αποτελεί μια συνολική και καινοτόμο προσπάθεια προστασίας και διαχείρισης των υδατικών πόρων και αποτελεί το πιο βασικό θεσμικό εργαλείο που εισάγεται στον τομέα του νερού σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), με παρόμοια εργαλεία να υιοθετούνται και σε διεθνές επίπεδο εδώ και πολλά χρόνια, αντικατοπτρίζοντας την τάση προς ολοκληρωμένο περιβαλλοντικό σχεδιασμό και αειφορική διαχείριση, με στόχο τη μακροπρόθεσμη προστασία όλων των υδάτων (επιφανειακών και υπόγειων) και των οικοσυστημάτων και δημιουργεί ένα πλαίσιο το οποίο:

- αποτρέπει την περαιτέρω υποβάθμιση και προστατεύει και βελτιώνει την κατάσταση όλων των υδατικών πόρων.
- προωθεί τη βιώσιμη διαχείριση των υδάτων, μέσω της μακροπρόθεσμης προστασίας των διαθέσιμων υδατικών πόρων.
- ενισχύει την προστασία του υδατικού περιβάλλοντος με την εφαρμογή μέτρων για τη μείωση της απόρριψης ρυπαντικών ουσιών και την εξάλειψη της απόρριψης ορισμένων επικίνδυνων ρυπαντών που προσδιορίζονται και επικαιροποιούνται σε ειδικούς καταλόγους ουσιών προτεραιότητας.
- διασφαλίζει την προοδευτική μείωση της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων και την σταδιακή αποκατάσταση της ποιότητάς τους.
- συμβάλλει στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων ακραίων φαινομένων, πλημμύρων και ξηρασίας.

Για την επίτευξη του σκοπού αυτού θεσπίζεται μια σειρά ρυθμίσεων, που επιχειρούν:

- να επιτύχουν τη διατήρηση ή την αποκατάσταση της καλής κατάστασης των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων μέχρι το 2015.
- να ενοποιήσουν και να συμπληρώσουν την προηγούμενη αποσπασματική ευρωπαϊκή νομοθεσία για τα νερά.
- να προσεγγίσουν τη διαχείριση των υδατικών πόρων σε επίπεδο υδατικής περιφέρειας (περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού), η οποία νοείται αποτελούμενη από μία ή περισσότερες γειτονικές λεκάνες απορροής μαζί με τα συναφή υπόγεια και παράκτια ύδατα, ορίζοντας για την άσκησή της την αρμόδια αρχή.
- να ασκήσουν τη διαχείριση των υδατικών πόρων βάσει προγραμμάτων – σχεδίων διαχείρισης υδατικής περιφέρειας.
- να εξασφαλίσουν την κοινωνική συναίνεση μέσω προώθησης συμμετοχικών

διαδικασιών.

- να προωθήσουν ορθολογικές αναλύσεις κόστους

Ειδικότερα, επιμέρους δράσεις που απαιτούνται σε εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ και του ΠΔ 51/2007, περιλαμβάνουν:

- Προσδιορισμό των υδατικών διαμερισμάτων και καθορισμό και ένταξη υδατίνων σωμάτων σε αυτές (Άρθρο 3 ΠΔ 51/2007).
- Προσδιορισμό περιβαλλοντικών στόχων (Άρθρο 4 ΠΔ 51/2007).
- Εκτίμηση πιέσεων και ανάλυση επιπτώσεων (Άρθρο 5 ΠΔ 51/2007).
- Οικονομική ανάλυση (Άρθρο 8 ΠΔ 51/2007).
- Σύνταξη μητρώου προστατευόμενων περιοχών (Άρθρα 6, 7 ΠΔ 51/2007).
- Σύνταξη και εφαρμογή Προγραμμάτων Παρακολούθησης (Άρθρο 11 ΠΔ 51/2007).
- Σύνταξη Προγραμμάτων Μέτρων (Άρθρο 12 ΠΔ 51/2007).
- Σχέδια Διαχείρισης Υδατικών Διαμερισμάτων (Άρθρο 10 ΠΔ 51/2007).
- Δημοσιοποίηση των Σχεδίων Διαχείρισης και διαδικασίες διαβούλευσης (Άρθρο 15 ΠΔ 51/2007).
- Εκπλήρωση υποχρεώσεων στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Άρθρο 16 ΠΔ 51/2007).

Η Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60/ΕΚ απαιτεί την εφαρμογή όλων των προαναφερθέντων μέτρων και προγραμμάτων δράσεων σε συγκεκριμένους χρόνους με βάση ένα καθορισμένο χρονοδιάγραμμα 15ετούς διάρκειας (ολοκλήρωση 1ου κύκλου) έως την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων που θέτει. Η πορεία της εφαρμογής της Οδηγίας στην Ελλάδα από τη δημοσίευσή της μέχρι σήμερα φανερώνει μια χρονική υστέρηση και επιτάσσει την ανάγκη επίσπευσης των σχετικών διαδικασιών, ειδικότερα για να επιτευχθούν οι ποιοτικοί στόχοι της Οδηγίας για καλή κατάσταση των υδατίνων σωμάτων μέχρι το 2015.

Τα Σχέδια Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμού συντάσσονται σύμφωνα με τις διατάξεις του Άρθρου 10 του ΠΔ 51/2007 και τα περιεχόμενά τους θα πρέπει να καλύπτουν τις ελάχιστες απαιτήσεις του Παραρτήματος VII του ΠΔ 51/2007, συμπεριλαμβανομένου του Προγράμματος Μέτρων (Άρθρο 12, ΠΔ 51/2007) και του Προγράμματος Παρακολούθησης (Άρθρο 11, ΠΔ 51/2007) των υδάτων, ενώ απαραίτητη διαδικασία αποτελεί η δημοσιοποίηση των ΣΔΛΑΠ και η έκθεσή τους σε δημόσια διαβούλευση (Άρθρο 15, ΠΔ 51/2007). Είναι προφανές ότι στα ΣΔΛΑΠ περιγράφονται και αποτυπώνονται τα προγενέστερα στάδια εφαρμογής της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, τα οποία ενδεχόμενα επικαιροποιούνται κατά τη φάση σύνταξης των ΣΔΛΑΠ.

Το Σχέδιο Διαχείρισης Λεκάνης Απορροής Ποταμού αποτελεί το βασικό εργαλείο προγραμματισμού και τον κεντρικό μηχανισμό αναφοράς της Αρμόδιας Αρχής προς την ΕΕ. Οι στόχοι της Οδηγίας θα εκπληρωθούν μέσω των Σχεδίων Διαχείρισης, στα οποία θα καθοριστούν τα ρεαλιστικά μέτρα που πρόκειται να εφαρμοστούν προκειμένου να επιτευχθούν οι περιβαλλοντικοί στόχοι, αιτιολογώντας παράλληλα οποιαδήποτε παρέκκλιση. Οι επιπτώσεις από την εφαρμογή των Σχεδίων Διαχείρισης στην Ελλάδα δεν μπορεί παρά να είναι θετικές, σε μια κλιματικά μεταβαλλόμενη εποχή κατά την οποία οι υδατικοί πόροι της χώρας αντιμετωπίζουν αυξανόμενες πιέσεις. Ωστόσο η επιτυχής εφαρμογή τους προϋποθέτει τη δημιουργία της απαραίτητης υποδομής, επίπονη εργασία εκ μέρους όλων, μακροπρόθεσμο προγραμματισμό, εκτενείς συμμετοχικές διαδικασίες, αλλαγή νοοτροπίας, ενώ θα χρειαστεί και πολιτική βούληση. Η εφαρμογή τους θα προσφέρει τις βάσεις για την στήριξη μιας σταθερής πολιτικής διαχείρισης υδάτων, που θα οδηγήσει στην αποτελεσματική προστασία και στην ορθολογική χρήση των πολύτιμων υδατικών μας πόρων.

Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ, ενσωματώνει διάφορες Κοινοτικές Οδηγίες που σχετίζονται με τη διαχείριση του περιβάλλοντος και την προστασία των υδάτων σε διάφορα επίπεδα και που στην πλειονότητά τους αποτελούν θυγατρικές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, Οδηγίες (91/271/ΕΟΚ, 91/676/ΕΟΚ, 96/61/ΕΚ, 98/83/ΕΚ κλπ.) καθώς και νέες Οδηγίες μεταγενέστερες της 2000/60/ΕΚ (2006/7/ΕΚ, 2006/118/ΕΚ, 2008/105/ΕΚ, 2009/90/ΕΚ), που έχουν κατά κύριο λόγο συμπληρωματικό χαρακτήρα.

Το **θεσμικό πλαίσιο της χώρας** έχει εναρμονισθεί με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ, με τις ακόλουθες νομοθετικές διατάξεις:

- Το Νόμο 3199/9-12-2003 (ΦΕΚ 280 Α) για την ‘‘προστασία και διαχείριση των υδάτων – εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000’’, όπως αυτός τροποποιήθηκε με τους νόμους Ν. 3481/2006, Ν. 3587/2007, Ν. 3621/2007 και Ν. 3734/2009.
- Το Προεδρικό Διάταγμα υπ’ αριθμ. 51/2007 (ΦΕΚ 54Α/8-3-2007) ‘‘Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ «για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000’’, κατ’ εξουσιοδότηση των διατάξεων του Άρθρου 15, παράγρ. 1 του Νόμου 3199/2003.
- Κατ’ εξουσιοδότηση των διατάξεων του Νόμου 3199/2003, έχουν εκδοθεί 3 Κοινές Υπουργικές Αποφάσεις με θέματα: α) την ‘‘Οργάνωση της Κεντρικής Υπηρεσίας Υδάτων του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων’’ (ΚΥΑ 49139/24-11-2005, ΦΕΚ 1695Β΄/2-12-2005), β) την ‘‘Διάρθρωση της Διεύθυνσης Υδάτων της Περιφέρειας’’ (ΚΥΑ 47630/16-11-2005, ΦΕΚ 1688Β/1-12-2005), με την οποία συγκροτήθηκαν οι Διευθύνσεις Υδάτων των 13 Περιφερειών της χώρας και γ) τις ‘‘Κατηγορίες αδειών χρήσης υδάτων και εκτέλεσης έργων αξιοποίησής τους, διαδικασία έκδοσης, περιεχόμενο και διάρκεια ισχύος αυτών’’ (ΚΥΑ 43504/5-12-2005, ΦΕΚ 1784Β’/20-12-2005), καθώς επίσης και 2 Αποφάσεις Υπουργού ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (με αριθ. 26798/22-6-2005 & 34685/6-12-2005, ΦΕΚ 1736 Β΄/9-12-2005) για τη συγκρότηση και λειτουργία του Εθνικού Συμβουλίου Υδάτων.

- Κοινή Υπουργική Απόφαση 39626/2208/Ε130 (ΦΕΚ 2075Β/25-09-2009), σχετικά με τον καθορισμό μέτρων για την προστασία των υπόγειων νερών από την ρύπανση και την υποβάθμιση, με την οποία ενσωματώθηκε η Θυγατρική Οδηγία 2006/118/ΕΚ σχετικά με ‘‘την προστασία των υπόγειων υδάτων από τη ρύπανση και την υποβάθμιση’’, κατ’ εφαρμογή των διατάξεων του Άρθρου 17 της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ.
- Απόφαση Αριθμ. Οικ. 706/2010 (ΦΕΚ 1383Β/2-9-2010)της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων, σχετικά με τον Καθορισμό των Λεκανών Απορροής Ποταμών της χώρας και ορισμού των αρμόδιων Περιφερειών για τη διαχείριση και προστασία τους.
- Κοινή Υπουργική Απόφαση 51354/2641/Ε103/2010 (ΦΕΚ 1909Β/8-12-2010), σχετικά με τον Καθορισμό Προτύπων Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) για τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων και ουσιών προτεραιότητας στα επιφανειακά ύδατα, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της Οδηγίας 2008/105/ ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2008 ‘‘σχετικά με Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) στον τομέα της πολιτικής των υδάτων και σχετικά με την τροποποίηση και μετέπειτα κατάργηση των Οδηγιών του Συμβουλίου 82/176/ΕΟΚ, 83/513/ΕΟΚ, 84/156/ΕΟΚ, 84/491/ ΕΟΚ και 86/280/ΕΟΚ και την τροποποίηση της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου’’, καθώς και για τις συγκεντρώσεις ειδικών ρύπων στα εσωτερικά επιφανειακά ύδατα και άλλες διατάξεις.
- Κοινή Υπουργική Απόφαση 140384/2011 (ΦΕΚ 2017Β/9-9-2011), σχετικά με τον Ορισμό Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης της ποιότητας και της ποσότητας των υδάτων με καθορισμό των θέσεων (σταθμών) μετρήσεων και των φορέων που υποχρεούνται στην λειτουργία τους, κατά το άρθρο 4, παράγραφος 4 του Ν. 3199/2003.

2. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΜΒΑΣΗΣ

Με την από **13/04/2011** Σύμβαση, ανατέθηκε η εκπόνησης της παρούσας μελέτης του θέματος στη Σύμπραξη**: «ΝΑΜΑ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ & ΜΕΛΕΤΗΤΕΣ ΑΕ, ΓΑΜΜΑ4 ΕΠΕ, ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΣΙΔΕΡΗΣ, SPEED ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΕ, ΦΩΤΙΟΣ ΠΕΡΓΑΝΤΗΣ, ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΝΤΑΣΚΑΣ, ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΓΙΑΝΝΕΛΗΣ, ΧΡΗΣΤΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, ΑΝΝΑ ΜΠΙΤΣΑΚΑΚΗ-ΤΣΟΥΚΙΑ, ΕΥΣΕΒΙΟΣ ΧΑΤΖΗΚΩΣΤΑΣ»**. Η σύμβαση χρηματοδοτείται κατά 80% από το ΕΠΠΕΡΑΑ και κατά 20% από τους Εθνικούς πόρους.

Με την από 20/04/2011 απόφαση της Διεύθυνσης Προστασίας της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων του ΥΠΕΚΑ (αρ. πρωτ.: οικ. 145304), ορίστηκαν οι επιβλέποντες της μελέτης “Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Αττικής και Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ’ εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ 51/2007’’.

Η ομάδα των επιβλεπόντων αποτελείται από τους εξής:

1. Γεώργιο Κόκκινο, ΠΕ Πολιτικών Μηχανικών με Α΄ βαθμό στην ΕΓΥ.
2. Θεόδωρο Πλιάκα ΠΕ Χ.Β.Φ.Φ με Α΄ βαθμό στην Ε.Γ.Υ.
3. Χρυσούλα Νικολάρου, ΠΕ Γεωπόνων με Γ΄ βαθμό στην Ε.Γ.Υ.
4. Μαρία Χρυσή, ΠΕ Γεωλόγων με Γ' βαθμό στην Ε.Γ.Υ.
5. Σπύρο Τασόγλου, ΠΕ Γεωλόγων με Σ.Α.Χ. στην Ε.Γ.Υ.

Συντονιστής της ως άνω ομάδας επιβλεπόντων ορίζεται ο κ. Σπ. Τασόγλου.

3. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΣΥΜΒΑΣΗΣ

Τα αντικείμενα της μελέτης ‘‘Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Αττικής και Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ 51/2007’’, είναι:

1. Η κατάρτιση των Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Αττικής και Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, τα οποία θα περιέχουν όλες τις πληροφορίες που καθορίζονται στο Άρθρο 13 και στο Παράρτημα VII της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ (Άρθρο 10 και Παράρτημα VII του ΠΔ 51/2007).
2. Η διαμόρφωση Προγραμμάτων Μέτρων, βασικών και συμπληρωματικών, όπως προβλέπεται στο Άρθρο 11 και στο Παράρτημα VI της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ (Άρθρο 12 και Παράρτημα VIII του ΠΔ 51/2007) για την προστασία και την αποκατάσταση των υδατικών πόρων της περιοχής μελέτης, προκειμένου να επιτευχθούν οι περιβαλλοντικοί στόχοι, όπως αυτοί καθορίζονται στο Άρθρο 4 της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ και στο Άρθρο 4 του ΠΔ 51/2007.
3. Η εκπόνηση Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Σ.Μ.Π.Ε.) για τον εντοπισμό, περιγραφή και αξιολόγηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον από την εφαρμογή των προαναφερθέντων Προγραμμάτων Μέτρων και των Σχεδίων Διαχείρισης και τη διερεύνηση εναλλακτικών δυνατοτήτων, λαμβανομένων υπόψη των στόχων των Σχεδίων Διαχείρισης.
4. Η πληροφόρηση του κοινού και η δημόσια διαβούλευση των προκαταρκτικών Σχεδίων Διαχείρισης (Προσχεδίων Διαχείρισης) έξι μήνες πριν την ολοκλήρωσή τους, σύμφωνα με το Άρθρο 14 της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ και το Άρθρο 15 του ΠΔ 51/2007.
5. Ο έλεγχος και επικαιροποίηση των εκθέσεων εφαρμογής των Άρθρων 3, 5, 6 & 8 και των Παραρτημάτων I-V της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ στα Υδατικά Διαμερίσματα της περιοχής μελέτης, οι οποίες έχουν υποβληθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση και περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, την αναγνώριση των υδατικών συστημάτων και

τον χαρακτηρισμό τους σε τύπους, την ανάλυση των ανθρωπογενών πιέσεων και την εκτίμηση των επιπτώσεών τους, την οικονομική ανάλυση των χρήσεων ύδατος, το μητρώο προστατευόμενων περιοχών, τη διαμόρφωση των προγραμμάτων παρακολούθησης κλπ.

6. Ο οριστικός προσδιορισμός των ιδιαιτέρως τροποποιημένων και τεχνητών υδατικών συστημάτων της περιοχής μελέτης, καθώς επίσης και των τυχόν ‘‘εξαιρέσεων’’ από την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων του Άρθρου 4 της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ και του Άρθρου 4 του ΠΔ 51/2007.
7. Η πλήρης κάλυψη των υποχρεώσεων, σε σχέση με την υποβολή εκθέσεων και λοιπών στοιχείων στην ΕΕ σχετικά με τα Σχέδια Διαχείρισης, μέσω και του ηλεκτρονικού συστήματος WISE (Water Information System for Europe), σύμφωνα με τις προδιαγραφές που έχουν καθορισθεί από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος.
8. Η διαμόρφωση σχεδίου για την αντιμετώπιση φαινομένων λειψυδρίας και ξηρασίας, για κάθε Υδατικό Διαμέρισμα της περιοχής μελέτης, με βάση τις αρχές κυρίως του προληπτικού σχεδιασμού.

Η μελέτη διαρθρώνεται σε **τρεις φάσεις**, ως ακολούθως.

- **<u>Φάση 1:</u> Διαμόρφωση προκαταρκτικών Προγραμμάτων Μέτρων για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας, με βάση τα επικαιροποιημένα στοιχεία από τις εθνικές εκθέσεις που έχουν ήδη υποβληθεί στην ΕΕ, στο πλαίσιο της εφαρμογής των Άρθρων 3, 5 & 6 και των Παραρτημάτων Ι έως IV της Οδηγίας.**

  Στη Φάση αυτή θα προταθούν τα βασικά και συμπληρωματικά μέτρα για την προστασία και αποκατάσταση των υδατικών πόρων της περιοχής μελέτης και την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων του Άρθρου 4 της Οδηγίας, μετά από έλεγχο και επικαιροποίηση όλων των στοιχείων που περιλαμβάνονται στις εκθέσεις εφαρμογής των Άρθρων 3, 5 & 6 και των Παραρτημάτων Ι - IV της Οδηγίας, οι οποίες έχουν υποβληθεί στην ΕΕ.

- **<u>Φάση 2:</u> Διαμόρφωση των Προσχεδίων Διαχείρισης, με την οριστικοποίηση των Προγραμμάτων Μέτρων, διαμόρφωση σχεδίων αντιμετώπισης φαινομένων λειψυδρίας και ξηρασίας και εκπόνηση Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.**

  Στο πλαίσιο της Φάσης αυτής, θα καταρτιστούν:

  - Σχέδια για την αντιμετώπιση φαινομένων λειψυδρίας και ξηρασίας, για κάθε Υδατικό Διαμέρισμα της περιοχής μελέτης, με βάση τις αρχές κυρίως του προληπτικού σχεδιασμού.
  - Τα Προσχέδια Διαχείρισης, με βάση τα αποτελέσματα από τις δράσεις που περιλαμβάνονται στην 1η Φάση και μετά την αξιολόγηση και οριστικοποίηση

των προτεινόμενων Προγραμμάτων Μέτρων και τον επανασχεδιασμό των προγραμμάτων παρακολούθησης της ποιοτικής και ποσοτικής κατάστασης των επιφανειακών και υπογείων υδάτων που έχουν υποβληθεί στην ΕΕ (στο πλαίσιο της εφαρμογής του Άρθρου 8 και του Παραρτήματος V της Οδηγίας), για την αποτελεσματική επίβλεψη της αποτελεσματικότητάς των μέτρων που θα καθορισθούν.

- Στρατηγικές Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Σ.Μ.Π.Ε.) σε κάθε Υδατικό Διαμέρισμα της περιοχής μελέτης, για τον εντοπισμό, περιγραφή και αξιολόγηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον από την εφαρμογή των Προγραμμάτων Μέτρων και των Σχεδίων Διαχείρισης και τη διερεύνηση εναλλακτικών δυνατοτήτων, λαμβανομένων υπόψη των στόχων των Σχεδίων Διαχείρισης.

- **<u>Φάση 3:</u> Διαβούλευση με το κοινό και οριστικοποίηση των Σχεδίων Διαχείρισης, σύμφωνα με το Άρθρο 13 και το Παράρτημα VII της Οδηγίας.**

  Τα Σχέδια Διαχείρισης θα οριστικοποιηθούν και θα εγκριθούν μετά από την δημοσιοποίηση των Προσχεδίων Διαχείρισης και των Στρατηγικών Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Σ.Μ.Π.Ε.) που θα έχουν συνταχθεί, μετά από διαβούλευση με τους ενδιαφερόμενους και το κοινό και στη συνέχεια αξιολόγηση και ενσωμάτωση των παρατηρήσεων που θα υποβληθούν.

Οι εργασίες της **1ης Φάσης**, θα έχουν διάρκεια **9 μήνες**, οι εργασίες της **2ης Φάσης**, θα έχουν διάρκεια **6 μήνες** και οι εργασίες της **3ης Φάσης**, θα έχουν διάρκεια **6 μήνες**.

Το παρόν τεύχος αποτελεί παραδοτέο της 2ης Φάσης και περιλαμβάνει ανάλυση το Σχέδιο Αντιμετώπισης Φαινομένων Ξηρασίας και Λειψυδρίας στο Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας.

4. ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η Ομάδα Μελέτης αποτελείται από τους:

1. Μιχαήλ Καλούδη, Πολιτικό Μηχανικό
2. Γεώργιο Κάζο, Πολιτικό Μηχανικό
3. Ιωάννη Βαζίμα, Γεωλόγο MSc, DIC
4. Κωνσταντίνο Λαζαράκη, Πολιτικό Μηχανικό
5. Νικόλαο Κάρτσωνα, Πολιτικό Μηχανικό MSc
6. Παναγιώτη Πεδιαδίτη, Πολιτικό Μηχανικό
7. Ανδρονίκη Ερμίδου, Πολιτικό Μηχανικό
8. Δήμητρα Δημητρακοπούλου, Πολιτικό Μηχανικό MSc
9. Μάρθα-Λητώ Στεργιούλη, Πολιτικό Μηχανικό MSc

10. Συμεών Τσιμπίδη, Πολιτικό Μηχανικό
11. Ισμήνη-Μαρία Κυριαζοπούλου, Πολιτικό Μηχανικό MSc
12. Δημήτριο Καρπούζο, Δρ. Πολιτικό Μηχανικό, Λέκτορας ΑΠΘ
13. Ιριάννα Ρούση, Πολιτικό Μηχανικό MSc
14. Παναγιώτη Αυγερόπουλο, Γεωλόγο MSc
15. Γεράσιμο Γιαννάτο, Δρ. Υδρογεωλόγο
16. Νικόλαο Σιδέρη, Γεωλόγο
17. Ιουστίνα Λιακοπούλου, Γεωλόγο MSc
18. Χρήστο Τριχιά, Γεωλόγο
19. Δημήτρη Βάσιο, Γεωλόγο
20. Εύα Παπαδοπούλου, Γεωλόγο
21. Μαγδαληνή Κοσσίδα, Γεωλόγο MSc
22. Νικόλαο Διακουλάκη, Χημικό Μηχανικό MBA
23. Δανάη Διακουλάκη, Δρ. Χημικό Μηχανικό, Καθηγήτρια ΕΜΠ
24. Ευγενία – Ελένη Βογιατζιδάκη, Χημικό Μηχανικό, MSc
25. Γεωργία Σοφία Καμπυλαυκά, Πολιτικό Μηχανικό MSc
26. Κυριακή Μιχελάκου, Χημικό Μηχανικό, MSc
27. Γεώργιο Γιαννέλη, Οικονομολόγο
28. Αναστάσιο Σιδηρόπουλο, Οικονομολόγο
29. Γεωργία Μανωλοπουλου, Οικονομολόγο MSc
30. Μαρία Ναούμ, Οικονομολόγο
31. Κωνσταντίνο Μπούσουλα, Στατιστικό MSc, MPhil
32. Αθανάσιο Ντάσκα, Γεωπόνο–Πολιτικό Μηχανικό
33. Γεώργιο Παπανικολάου, Δρ. Γεωπόνο
34. Ευθύμιο Ιακωβάκη, Γεωπόνο
35. Φώτη Περγαντή, Βιολόγο MSc Οικολογίας
36. Γεώργιο Σοϊλεμέζογλου, Αγρονόμο-Τοπογράφο Μηχανικός
37. Βασιλική Κουτσικάκη, Οικολόγο
38. Νικόλαο Χρήστου, Αγρονόμο-Τοπογράφο Μηχανικό, MScE, PhD
39. Μιχαήλ Σαλαχώρη Αγρονόμο-Τοπογράφο Μηχανικό, MSc

40. Ερμή Πυρλή, Γεωλόγο MSc
41. Άννα Μπιτσακάκη-Τσουκία, Αρχιτέκτων Μηχανικό - Χωροτάκτη – Πολεοδόμο
42. Αρετή Καραμπούκαλου, Χωροτάκτη Πολεοδόμο Μηχανικό
43. Ευσέβιο Χατζηκώστα, Χημικό
44. Μιχάλη Κουππάρη, Δρ. Χημικό, Καθηγητή Χημείας Πανεπιστημίου Αθηνών
45. Γιώργο Χατζηνικολάου, Δρ. Βιολόγο, Ποταμολόγο
46. Prof Čedo Maksimovic, Δρ. Πολιτικό Μηχανικό-Υδραυλικό
47. Ian Roderick Davey, Γεωλόγο MSc
48. Prof Prvoslav Marjanović, Δρ. Περιβαλλοντολόγο–Οικολόγο
49. Prof Slobodan Petković, Δρ. Πολιτικό Μηχανικό-Υδραυλικό
50. Dr Petar Milanović, Δρ. Υδρογεωλόγο
51. Prof Sava Petković, Δρ. Πολιτικό Μηχανικό- Υδραυλικό

ΜΕΡΟΣ Β: ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ-ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

5. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

5.1 Γενικά

Η ξηρασία είναι ένα ακραίο μετεωρολογικό-κλιματικό φαινόμενο, που μπορεί να εμφανιστεί σε ανύποπτο χρόνο και με απροσδιόριστη διάρκεια, ενώ είναι αποτέλεσμα της συνδυασμένης δράσης πολλών παραμέτρων. Η ξηρασία δεν περιορίζεται σε συγκεκριμένες περιοχές, και δεν είναι πρόβλημα μόνο των ξηρών και ερημικών περιοχών. Αντιθέτως, η εμφάνιση ξηρασίας σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από σημαντικά ποσά βροχόπτωσης προκαλεί πολύ περισσότερα προβλήματα σε σχέση με αυτά που εμφανίζονται στις ξηρές περιοχές, καθότι τα οικοσυστήματα των περιοχών με ξηρό κλίμα έχουν συνηθίσει να επιβιώνουν με περιορισμένη υγρασία, ενώ αντίθετα, σε περιοχές με υγρό κλίμα, τα οικοσυστήματα είναι δυνατόν ακόμα και να καταστραφούν αν το ποσό της βροχόπτωσης περιοριστεί σε σημαντικό βαθμό.

Από τη μέχρι σήμερα μετεωρολογική έρευνα, φαίνεται ότι είναι ένα φαινόμενο, που τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει σημαντική αύξηση στη συχνότητα εμφάνισής του, σε πολλές χώρες του κόσμου, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα σημαντικές οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ο αριθμός των φυσικών καταστροφών που έχουν αναφερθεί έχει αυξηθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες παγκοσμίως. Για παράδειγμα, ο αριθμός των επεισοδίων ξηρασίας αυξήθηκε από 62 τη δεκαετία του 1960 σε 237 τη δεκαετία του 1980 (Centre for Research in the Epidemiology of Disasters, 1991, Blaikie et al., 1994). Η ξηρασία είναι από τις φυσικές καταστροφές που οι επιπτώσεις τους αρκετές φορές δεν καταγράφονται διότι τα στατιστικά τους στοιχεία συλλέγονται συνήθως από διεθνείς φιλανθρωπικούς οργανισμούς. Για να γίνει καταγραφή της ξηρασίας, θα πρέπει η χώρα που προσβάλλεται να ζητήσει βοήθεια από τη διεθνή κοινότητα. Έτσι, σοβαρές ξηρασίες που συνέβησαν σε Αυστραλία, Ουρουγουάη, Βραζιλία, Καναδά, Ισπανία, Ιταλία και ΗΠΑ δε συμπεριλαμβάνονται στα παραπάνω στατιστικά στοιχεία (Wilhite, 1996). Μάλιστα, είναι η «ακριβότερη» φυσική καταστροφή στον κόσμο (Wilhite, 2000) και μπορεί να θεωρηθεί ως ο πιο σοβαρός κλιματικός κίνδυνος του 20^{ου} αιώνα (Obasi 1994) έχοντας προκαλέσει απώλειες δισεκατομμυρίων δολαρίων (Bruce, 1994). Ενδεικτικά, η ξηρασία του 1988 στις ΗΠΑ προκάλεσε ζημιές της τάξης των 40 δισεκατομμυρίων δολαρίων (Riebsame et al., 1990), αποτελώντας έτσι την ακριβότερη καταστροφή της Αμερικανικής ιστορίας. Τέλος, η ξηρασία θεωρείται από πολλούς η πιο περίπλοκη και λιγότερο κατανοητή φυσική καταστροφή, επηρεάζοντας περισσότερους ανθρώπους από ότι οποιαδήποτε άλλη (Hagman, 1984). Για παράδειγμα, οι ξηρασίες της δεκαετίας του 1980 στην υποσαχάρια Αφρική υπολογίζεται ότι έβλαψαν περισσότερους από 40 εκατομμύρια ανθρώπους (Office of Foreign Disaster Assistance, 1990).

Η ξηρασία είναι μία σχετική κατάσταση, εφόσον η εμφάνισή της είναι συνάρτηση πολλών παραμέτρων και διαφέρει από τις άλλες ακραίες μετεωρολογικές καταστάσεις σε πολλά σημεία. Πρώτον, είναι δύσκολο να οριστεί η έναρξη και η λήξη ενός επεισοδίου ξηρασίας, και αυτό γιατί παρουσιάζει υστέρηση στην εμφάνιση από τη στιγμή που θα παρατηρηθεί απουσία βροχοπτώσεων, ενώ τα καταστροφικά της αποτελέσματα μπορούν να συνεχιστούν και μετά την εμφάνιση κάποιων βροχοπτώσεων - για το λόγο αυτό θεωρείται ως «έρπον φαινόμενο» (Tannehill, 1947). Δεύτερον, δεν μπορεί να υπάρξει ένας κοινός παγκόσμιος επιστημονικός ορισμός για την ξηρασία - κάθε περιοχή πρέπει να έχει το δικό της ορισμό ανάλογα με την κλιματολογία και την τοπογραφία που τη χαρακτηρίζει. Αυτό εξηγεί και το πλήθος των ορισμών που έχουν καταγραφεί στη διάρκεια των τελευταίων χρόνων (World Meteorological Organization (WMO), 1975; Meteorological Office, 1991; Wilhite and Glantz, 1985). Επιπρόσθετα, ο ορισμός της ξηρασίας αλλάζει ανάλογα με το αντικείμενο της κάθε επιστήμης. Για την Μετεωρολογία, ξηρασία είναι η ελάττωση της βροχόπτωσης σε σχέση με την «κανονική» τιμή της για μεγάλο χρονικό διάστημα. Για την γεωργία σημαίνει μη παραγωγική σοδειά, που είναι αποτέλεσμα της έλλειψης του νερού στα κρίσιμα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας. Για την υδρολογία και την υδρογεωλογία σημαίνει πτώση της στάθμης των λιμνών, ποταμών και του υδροφόρου ορίζοντα κάτω από κάποιο όριο για μία ορισμένη χρονική περίοδο, ενώ για την οικονομία ή την πολιτική, η ξηρασία εμφανίζεται μόνο όταν υπάρχουν οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις (Αναγνωστοπούλου, 2003).

Με βάση τα παραπάνω είναι επιτακτική η αναγκαιότητα ολοκληρωμένων μελετών πάνω στο φαινόμενο της ξηρασίας. Λέγοντας ολοκληρωμένη, εννοείται πως η μελέτη ενός τέτοιου φαινομένου δεν είναι δυνατόν να βασιστεί μόνο σε ένα αντικείμενο έρευνας (π.χ. μετεωρολογία), αλλά απαιτείται η συνεργασία πολλών διαφορετικών τομέων (όπως είναι υδρολογία, γεωργία, οικονομία) έτσι ώστε να επιτευχθεί διερεύνηση σε βάθος του φαινομένου με σκοπό την κατανόηση, αξιολόγηση και ερμηνεία των αιτιών δημιουργίας του, καθώς και των επιπτώσεών του.

5.2 Ορισμοί Ξηρασίας και Λειψυδρίας

Η ξηρασία είναι ένα επαναλαμβανόμενο φαινόμενο του κλίματος που χαρακτηρίζεται από προσωρινά ελλείμματα ύδατος σε σχέση με την κανονική παροχή, σε μια παρατεταμένη χρονική περίοδο – μια εποχή, ένα χρόνο ή πολλά χρόνια. Ο όρος είναι σχετικός, καθώς οι ξηρασίες διαφέρουν σε έκταση, διάρκεια και ένταση (Ε.Ε., MEDAWater, MEDROPLAN, 2006). Είναι γεγονός ότι μέχρι στιγμής δεν έχει δοθεί ένας περιεκτικός και ευρέως αποδεκτός ορισμός της ξηρασίας. Η ξηρασία ορίζεται διαφορετικά από περιοχή σε περιοχή ή ακόμη, ανάλογα με το στόχο του κάθε ερευνητή. Ίσως ο πιο γενικός από τους προτεινόμενους ορισμούς είναι αυτός των Berman and Rodier (1985): «ξηρασία είναι η μείωση της διαθεσιμότητας του νερού σε μια συγκεκριμένη περιοχή και για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα». Τα χαρακτηριστικά της εξαρτώνται και από άλλους παράγοντες, όπως είναι οι υψηλές θερμοκρασίες, οι ισχυροί άνεμοι και η χαμηλή σχετική υγρασία (Oladipo, 1985). Επίσης, η ξηρασία εξαρτάται από το χρόνο εμφάνισής της (π.χ. αν η απουσία βροχόπτωσης συμβαίνει κατά τα στάδια ανάπτυξης των φυτών) αλλά και από την αποτελεσματικότητα των βροχοπτώσεων (π.χ.

ένταση βροχόπτωσης, αριθμός επεισοδίων βροχής). Έτσι, κάθε επεισόδιο ξηρασίας μπορεί να θεωρηθεί μοναδικό, με τα δικά του χαρακτηριστικά.

Τέλος, είναι σημαντικό να τονιστεί η διαφορά που υπάρχει ανάμεσα στην ανυδρία (aridity) και την ξηρασία (drought). Η πρώτη περίπτωση, η οποία συναντάται στη βιβλιογραφία και ως ξηρότητα, αναφέρεται σε ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα του κλίματος, μία μόνιμη κατάσταση, να παρουσιάζει μειωμένη βροχόπτωση, η οποία δεν φτάνει για τη διατήρηση της βλάστησης (Wallen, 1967; Ελληνική Μετεωρολογική Εταιρία, 1998). Αντίθετα, η ξηρασία (drought) αναφέρεται σε μία παροδική κατάσταση του κλίματος που χαρακτηρίζεται από σημαντική ελάττωση του υετού σε μία περιοχή (Αναγνωστοπούλου, 2003). Επισημαίνεται ότι και τα 2 φαινόμενα προκαλούνται από φυσικά αίτια, σε αντίθεση με τη λειψυδρία ή την ερημοποίηση, όπου ανθρωπογενείς παράγοντες συμβάλλουν αποφασιστικά στη δημιουργία τους (Ε.Ε., MEDAWater, MEDROPLAN, 2006).

Ενώ ως ξηρασία νοείται μια προσωρινή μείωση των διαθέσιμων υδάτινων πόρων λόγω, επί παραδείγματι, μειωμένων βροχοπτώσεων, ως «λειψυδρία» νοείται η κατάσταση κατά την οποία η ζήτηση νερού υπερβαίνει τους (σε συνθήκες αειφορίας) εκμεταλλεύσιμους υδάτινους πόρους. Μέχρι σήμερα, τουλάχιστον το 11% του ευρωπαϊκού πληθυσμού και το 17% του ευρωπαϊκού εδάφους έχουν γνωρίσει κρούσματα λειψυδρίας. Οι πρόσφατες τάσεις υποδηλώνουν μια σημαντική επέκταση της λειψυδρίας σε ολόκληρη την Ευρώπη.

5.3 Χαρακτηριστικά και Τύποι Ξηρασίας

Τρία είναι τα βασικά χαρακτηριστικά των επεισοδίων ξηρασίας: η ένταση, η διάρκεια και η χωρική κατανομή.

Η **ένταση** της ξηρασίας αναφέρεται, κυρίως, στη μείωση της βροχόπτωσης και στη σοβαρότητα των επιπτώσεων της μείωσης αυτής. Γενικά, μπορεί να καθοριστεί με τον υπολογισμό διάφορων δεικτών ξηρασίας, οι οποίοι υπολογίζονται σε σχέση με τις κανονικές τιμές της βροχόπτωσης. Εκτενέστερη περιγραφή και ανάλυση των δεικτών ξηρασίας γίνεται σε επόμενο κεφάλαιο της παρούσης μελέτης.

Το δεύτερο βασικό χαρακτηριστικό της ξηρασίας είναι η **διάρκεια**. Ένα επεισόδιο ξηρασίας, μπορεί να παρουσιάζει ένα μικρό χρονικό διάστημα υστέρησης της εμφάνισής του (1-3 μήνες) σε σχέση με την πρώτη ελάττωση ή την πλήρη απουσία της βροχόπτωσης, ενώ στη συνέχεια μπορεί να διατηρείται για μήνες ή και για χρόνια, παρά το γεγονός ότι στο διάστημα αυτό μπορεί να καταγραφούν βροχοπτώσεις, μικρής όμως σημαντικότητας. Ο Μαχαίρας (1992) ταξινόμησε την ξηρασία σε τρεις τύπους σύμφωνα με την διάρκεια εμφάνισής τους: στη μόνιμη ξηρασία, στην περιοδική ή εποχική ξηρασία και στην τυχαία ξηρασία. Η μόνιμη ξηρασία οδηγεί στη δημιουργία ερήμων και οφείλεται στους υποτροπικούς αντικυκλώνες, στην ηπειρωτικότητα και στις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Οι έρημοι της Καλιφόρνιας, της Χιλής και της Σαχάρας αποτελούν παραδείγματα μόνιμης ξηρασίας. Η εποχική ξηρασία προκαλείται από την ετήσια κύμανση των υποτροπικών δυναμικών αντικυκλώνων, ενώ τα πραγματικά αίτια της τυχαίας ξηρασίας δεν είναι γνωστά, αφού η κυκλοφορία της ατμόσφαιρας μπορεί να παρουσιάζει ανώμαλη συμπεριφορά όχι μόνο σε μια περιοχή όπου εμφανίζεται η ξηρασία αλλά και σε πολλές άλλες οι οποίες μπορεί να χαρακτηρίζονται από πλημμύρες ή κανονικές συνθήκες βροχοπτώσεων.

Το τρίτο χαρακτηριστικό της ξηρασίας είναι η **χωρική κατανομή**. Οι περιοχές, που επηρεάζονται από ακραία φαινόμενα ξηρασίας, αυξάνουν σταδιακά όσο η ξηρασία διατηρείται για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Μεγάλες χώρες, όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, η Κίνα, η Βραζιλία , η Ινδία σπάνια επηρεάζονται ολόκληρες από κάποιο επεισόδιο ξηρασίας. Αντίθετα, δεν είναι σπάνιο να παρατηρηθεί ξηρασία σε ολόκληρο το πλάτος και μήκος των μικρών χωρών, όπως είναι η Ελλάδα. Η γνώση της χωρικής κατανομής της ξηρασίας ανά περιοχή έχει πολύ μεγάλη σημασία και μάλιστα ακόμα μεγαλύτερη ανά λεκάνη απορροής που αποτελεί την κύρια διαχειριστική μονάδα των υδατικών πόρων.

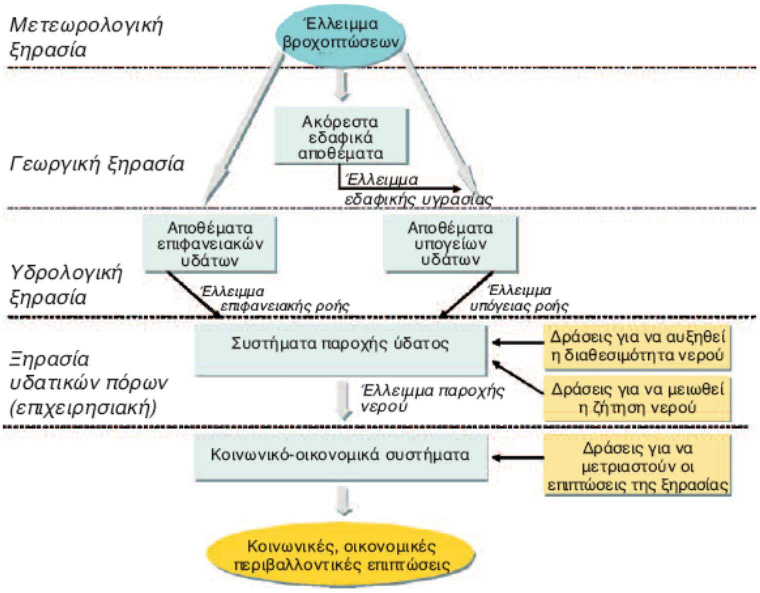
Η πιο γνωστή και ευρέως χρησιμοποιούμενη κατηγοριοποίηση της ξηρασίας αρχικά προτάθηκε από τους Dracup et al. (1980) και ολοκληρώθηκε αργότερα από τους Wilhite and Glantz (1985). Η κατηγοριοποίηση αυτή, η οποία έχει υιοθετηθεί και από την Αμερικάνικη Μετεωρολογική Ένωση (American Meteorological Society, 2004), διακρίνει τους εξής τύπους: μετεωρολογική, υδρολογική, γεωργική και κοινωνικοοικονομική ξηρασία. Οι τρεις πρώτες κατηγορίες αναφέρονται ως περιβαλλοντικές ξηρασίες, ενώ η κοινωνικοοικονομική ξηρασία θεωρείται επιχειρησιακή (water resources systems) ξηρασία (Wilhite, 2000). Στο Σχήμα 5-1 φαίνεται η σχέση των διαφορετικών κατηγοριών ξηρασίας με την εξέλιξη του φαινομένου. Ωστόσο, η ξηρασία είναι ένα μοναδικό φυσικό φαινόμενο, του οποίου η επίδραση αντικατοπτρίζεται σε διάφορους τομείς. Για αυτό, η διαφοροποίηση απορρέει από τους προσβαλλόμενους τομείς και όχι από το ίδιο το φαινόμενο (Tsakiris and Pangalou, 2009). Μάλιστα, οι διάφορες μορφές ξηρασίας δεν παρουσιάζονται πάντα ξεχωριστά, αλλά συχνά συνδυάζονται ή διαδέχονται η μία την άλλη. Ειδικότερα:

Η **μετεωρολογική ξηρασία** (meteorological drought) προσδιορίζει το βαθμό έλλειψης βροχοπτώσεων από το όριο που δείχνει τις κανονικές συνθήκες (π.χ. το μέσο) σε μια χρονική περίοδο, και τη διάρκεια της περιόδου με μειωμένες βροχοπτώσεις. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (WMO, 1986), σε κάθε περιοχή, η ξηρασία καθορίζεται ως το 60% ή λιγότερο του κανονικού ετήσιου υετού για περισσότερο από δύο συνεχόμενα έτη σε έκταση μεγαλύτερη του 50% της περιοχής. Άλλοι ορισμοί της μετεωρολογικής ξηρασίας βασίζονται στον αριθμό ημερών βροχόπτωσης κάτω από κάποιο συγκεκριμένο όριο. Τέτοιοι ορισμοί δεν είναι εφικτοί σε περιοχές, όπου η κατανομή της βροχόπτωσης παρουσιάζει έντονη εποχιακή διακύμανση, ενώ η εμφάνιση ξηρασίας είναι συχνό φαινόμενο. Συνεπώς, η μετεωρολογική ξηρασία εξαρτάται από την περιοχή. Μάλιστα, οι ατμοσφαιρικές συνθήκες, που έχουν ως αποτέλεσμα την έλλειψη βροχόπτωσης, είναι αρκετά μεταβλητές από περιοχή σε περιοχή. Επίσης, η μετεωρολογική ξηρασία, εκτός από βροχοπτώσεις λιγότερες από τις κανονικές, μπορεί επίσης να υποδηλώνει υψηλότερες θερμοκρασίες, ταχείς ανέμους, χαμηλή σχετική υγρασία, αυξημένη εξατμισοδιαπνοή, λιγότερες νεφώσεις και περισσότερη ακτινοβολία με αποτέλεσμα μειωμένη κατακράτηση ακτινοβολίας, μικρότερη απορροή, μειωμένη διήθηση και λιγότερη αναπλήρωση των υπογείων υδάτων.

Η **γεωργική ξηρασία** (agricultural drought) συνδέει τη μετεωρολογική ξηρασία με τις επιπτώσεις στη γεωργία, εστιάζοντας κυρίως στην έλλειψη βροχόπτωσης, στη διαφορά μεταξύ πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, στην εδαφική υγρασία, στο εδαφικό νερό, κ.α. Η ανάγκη ενός φυτού σε νερό εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του είδους του, το στάδιο ανάπτυξης στο οποίο βρίσκεται, καθώς επίσης και από τις φυσικές και βιολογικές ιδιότητες του εδάφους. Πιο συγκεκριμένα, η γεωργική ξηρασία για την περίπτωση της ξηρικής γεωργίας ορίζεται ως έλλειψη της εδαφικής υγρασίας, μετά από μια μετεωρολογική ξηρασία, η οποία έχει αρνητικές επιπτώσεις στην παραγωγή και στην ανάπτυξη της βλάστησης. Ενώ για την περίπτωση της αρδευόμενης γεωργίας, η γεωργική ξηρασία ορίζεται ως έλλειψη ύδατος στις περιφέρειες άρδευσης λόγω ξηρασίας στους επιφανειακούς ή υπόγειους υδατικούς πόρους που χρησιμοποιούνται για γεωργικές χρήσεις. Για παράδειγμα, μία σημαντική ξηρή περίοδος κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου μπορεί να έχει μικρές ή και ανύπαρκτες επιπτώσεις σε κάποιες αγροτικές περιοχές. Αν όμως αυτή η κατάσταση συνεχιστεί και κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, τότε οι επιπτώσεις είναι σημαντικές γιατί τα χαμηλά ποσά βροχόπτωσης σε συνδυασμό με την χαμηλή υγρασία του εδάφους, που είναι αποτέλεσμα της ξηρασίας κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου, έχουν ως συνέπεια την έλλειψη υγρασίας στο έδαφος κατά την εαρινή περίοδο και τις αρνητικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών.

Η **υδρολογική ξηρασία** (hydrological drought) αφορά στις επιπτώσεις της έλλειψης βροχόπτωσης σε ένα υδρολογικό σύστημα. Αναφέρεται στην ελάττωση της παροχής σε επιφανειακά και υπόγεια ύδατα. Η υδρολογική ξηρασία, συνήθως, παρουσιάζει υστέρηση στην εμφάνισή της σε σχέση με τη μετεωρολογική και τη γεωργική ξηρασία επειδή χρειάζεται περισσότερος χρόνος για να φανούν τα ελλείμματα των βροχοπτώσεων στα στοιχεία του υδρολογικού συστήματος. Η μεν μετεωρολογική εμφανίζεται αμέσως μόλις καταγραφεί η έλλειψη της βροχής, ενώ η γεωργική εξαρτάται από την υγρασία του εδάφους. Το νερό του υδρολογικού κύκλου χρησιμοποιείται για διαφορετικούς σκοπούς (άρδευση, ύδρευση, υδροηλεκτρική ενέργεια) με αποτέλεσμα κατά τη διάρκεια μιας περιόδου ξηρασίας να υπάρχει μεγάλος ανταγωνισμός μεταξύ των διαφορετικών χρηστών. Η υδρολογική ξηρασία μπορεί να μετρηθεί ως όριο στα επίπεδα της ροής του ρέματος, της λίμνης και των υπογείων υδάτων. Επισημαίνεται ότι ο Whipple (1966) ορίζει ένα έτος ως υδρολογικά ξηρό όταν η απορροή σε μια λεκάνη απορροής είναι κάτω από κάποιο όριο. Το όριο αυτό είναι διαφορετικό για κάθε λεκάνη απορροής και για κάθε υδατικό μέσο.

Η **κοινωνικο-οικονομική ξηρασία** (socioeconomic drought) σχετίζεται με τα αποθέματα και τις απαιτήσεις ορισμένων οικονομικών αγαθών ή υπηρεσιών σε συνδυασμό με τις τρεις προηγούμενες μορφές ξηρασίας (μετεωρολογική, γεωργική και υδρολογική). Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι ανάγκες των αγαθών γίνονται τόσο πιο έντονες όσο τα αποθέματα μειώνονται, γεγονός που έχει σοβαρές επιπτώσεις στην κοινωνική και οικονομική κατάσταση μιας περιοχής. Το μέγεθος των αρνητικών επιπτώσεων των επεισοδίων ξηρασίας εξαρτάται εκτός από την ελάττωση των βροχοπτώσεων, την ένταση και τη διάρκεια τους, και από την αποτελεσματικότητα των μέτρων περιορισμού που έχουν προσαρμοστεί στα συστήματα υδροδότησης και στα κοινωνικό-οικονομικά συστήματα. Συνεπώς, ο ορισμός της κοινωνικό-οικονομικής ξηρασίας χρησιμοποιείται ώστε να αναδείξει τις επιπτώσεις της έλλειψης νερού στον πληθυσμό και την οικονομία υπό το πρίσμα οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών κριτηρίων.



Σχήμα 5-1: Το φαινόμενο της ξηρασίας: οι μορφές της και οι σχέσεις μεταξύ των διαφόρων τύπων

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

5.4 Ανάλυση Ξηρασίας-Λειψυδρίας με βάση την Πλατφόρμα "DPSIR"

Στην ανάλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων γίνεται συχνά χρήση της πλατφόρμας "DPSIR: Drivers-Pressure-State-Impact-Response (Κίνητρα-Πιέσεις-Φυσική κατάσταση-Επιπτώσεις-Ανταπόκριση) (Aubry and Elliott, 2006; Bidone and Lacerda, 2004; Borja A. et al ,2006; Hameedi, 2005; Jorge et al, 2002; Marsili-Libelli et al., 2004).

Τα αίτια της εμφάνισης ξηρασίας σε μια περιοχή (κίνητρα) δεν είναι δυνατόν να καθοριστούν με βεβαιότητα αλλά σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία διατυπώθηκαν διάφορες υποθέσεις (Bryant 1991). Επίσης, για τη βελτίωση της πρόβλεψης της ξηρασίας έχουν αναλυθεί οι ατμοσφαιρικές αιτίες που την προκαλούν (Namias, 1983; Ropelewski and Halpert, 1987, 1989). Είναι πιθανό η εμφάνιση της ξηρασίας να είναι αποτέλεσμα της συνδυασμένης δράσης ορισμένων παραμέτρων ή να μην ευθύνεται καμία από αυτές και να πρόκειται για ένα τυχαίο γεγονός. Οι κύριες θεωρίες που ερμηνεύουν την εμφάνιση κάποιων επεισοδίων ξηρασίας είναι οι εξής: Αλλαγές στην κυκλοφορία της ατμόσφαιρας, Φαινόμενο El – Niño, Αστρονομικοί Παράγοντες.

- Επιπτώσεις της ξηρασίας

Η ξηρασία σπάνια προκαλεί υλικές ζημιές, όπως οι πλημμύρες, οι ανεμοστρόβιλοι και οι τυφώνες. Οι επιπτώσεις της είναι χωρίς ιδιαίτερη δομή και παρουσιάζονται διάσπαρτες σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές, σε αντίθεση με τις ζημιές που προκύπτουν από τις άλλες φυσικές καταστροφές. Για το λόγο αυτό, ο ποσοτικός προσδιορισμός των ζημιών που μπορεί να προκαλέσει η ξηρασία είναι δύσκολο να εκτιμηθεί. Πιο συγκεκριμένα, οι περίοδοι ξηρασίας συμβάλλουν σε σημαντικές απώλειες των γεωργικών καλλιεργειών (Karl and Koscielny, 1982; Austin et al., 1998; Quiring and Papakryiakou, 2003), καταστροφές στα φυσικά οικοσυστήματα (Kogan, 1995, 1997) αυξάνουν τον κίνδυνο πυρκαγιάς δασών (Orwing and Abrams, 1997; Abrams et al., 1998; Pausas, 2004) και προκαλούν διαδικασίες υποβάθμισης εδάφους και ερημοποίησης (Schlesinger et al., 1990; Glantz, 1994; Bruins and Berliner, 1998; Nicholson et al., 1998; Pickup, 1998), κοινωνική ανησυχία (Morales et al., 2000), υποσιτισμό και πτώχευση (Garcia, 1984; Kanti, 1998). Επίσης, λόγω της κλιματικής αλλαγής και της αυξανόμενης ερημοποίησης (Mabbutt, 1985; Le Houerou, 1996; Geist and Lambin, 2004) η ικανότητα υπολογισμού των συνεπειών της ξηρασίας είναι ζωτικής σημασίας. Έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες ξηρασίας λόγω της κλιματικής αλλαγής (Byun and Wilhite, 1999) και έχει δοθεί προτεραιότητα στην ανάπτυξη σχεδίων παρακολούθησης ξηρασίας (drought monitoring plans) σε πολλές από αυτές (Wilhite, 1997; Svoboda et al., 2002). Παρόλο που ο πλήρης ορισμός των επιπτώσεων της ξηρασίας είναι περίπλοκος, οι κύριες συνέπειες είναι δυνατόν να ταξινομηθούν γενικά σε τρεις κατηγορίες: οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές. Κάθε κατηγορία περιλαμβάνει αρκετές επιπτώσεις, ανάλογα με τον επηρεαζόμενο τομέα. Στον Πίνακα 5-1 αναφέρεται μια λίστα των κύριων επιπτώσεων της ξηρασίας.

Πίνακας 5-1: Σύνοψη των κύριων επιπτώσεων που πρέπει να ληφθούν υπόψη σε κάθε τομέα.

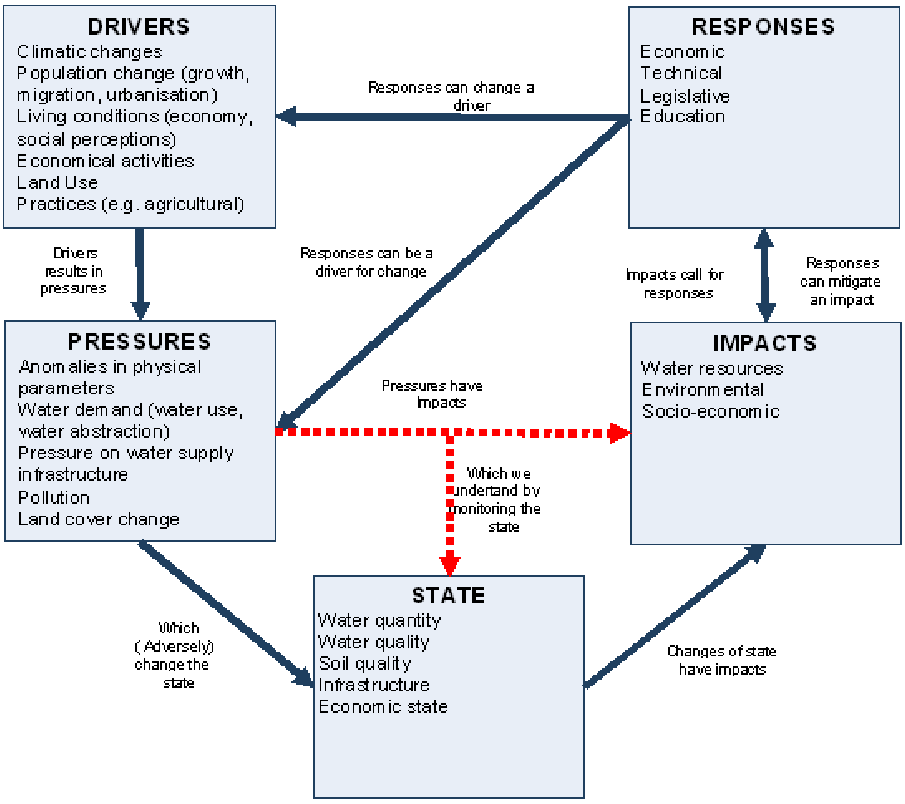
Τομέας	Επίπτωση
Περιβαλλοντικός	Μείωση της παροχής ύδατος και της ποιότητας του επιφανειακού και του υπογείου νερού. Ζημιά στα οικοσυστήματα και στους υδροτόπους, στη βιοποικιλότητα και ασθένειες (διάβρωση του εδάφους, σκόνη, μειωμένη φυτοκάλυψη, κ.λπ). Αυξημένες πυρκαγιές. Έλλειψη τροφής και πόσιμου νερού. Αύξηση της συγκέντρωσης άλατος (σε ρέματα, υπόγεια στρώματα και αρδευόμενες περιοχές). Απώλειες σε φυσικές και τεχνητές λίμνες (ψάρια, τοπία, κ.λπ.). Ζημιές στη ζωή των ποταμών και των υδροτόπων (χλωρίδα, πανίδα). Ζημιά στην ποιότητα του αέρα (για παράδειγμα ρυπαντική σκόνη).
Οικονομικός	Μειωμένη παραγωγή στη γεωργία, δασοκομία, αλιεία, υδροηλεκτρική ενέργεια, τουρισμό, βιομηχανία, και οικονομικές δραστηριότητες που εξαρτώνται από τους τομείς αυτούς. Ανεργία που προκαλείται από τη μείωση της παραγωγής. Οικονομική ζημιά λόγω μειωμένης πλευστότητας στα ρέματα, στα ποτάμια και στα κανάλια. Ζημιά στον τομέα του τουρισμού λόγω μειωμένης διαθεσιμότητας νερού στα συστήματα υδροδότησης ή/και στα υδάτινα σώματα. Πίεση σε οικονομικούς φορείς (μεγαλύτερη επικινδυνότητα δανεισμού, μείωση κεφαλαίων, κ.λπ). Μείωση εισοδήματος σε εταιρείες υδάτων λόγω μειωμένης διανομής ύδατος. Δαπάνες σε μέτρα εκτάκτου ανάγκης για τη βελτίωση των πόρων και μείωση των απαιτήσεων (πρόσθετες δαπάνες για μεταφορά και απομάκρυνση νερού, δαπάνη διαφήμισης για μείωση της χρήσης νερού, κ.λπ).
Κοινωνικός	Ζημιά στη δημόσια υγεία και ασφάλεια, λόγω των επιπτώσεων στην ποιότητα του αέρα και των υδάτων ή των αυξημένων πυρκαγιών. Αυξημένη κοινωνική ανισότητα, λόγω των επιπτώσεων στις διαφορετικές κοινωνικό-οικονομικές ομάδες. Αλλαγές στις πολιτικές προοπτικές. Οχλήσεις λόγω περιορισμού της παροχής ύδατος. Επιπτώσεις στον τρόπο ζωής (ανεργία, μειωμένη ικανότητα οικονομίας, δυσκολίες στην προσωπική φροντίδα, επαναχρησιμοποίηση του ύδατος στο σπίτι, απαγόρευση πλυσίματος αυτοκινήτων και σπιτιών, ανησυχία για το μέλλον, μείωση της διασκέδασης, απώλεια περιουσίας). Ανισότητα των επιπτώσεων της ξηρασίας και της κατανομής των μέτρων περιορισμού της. Εγκατάλειψη δραστηριοτήτων και μετανάστευση (σε ακραίες περιπτώσεις).

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

Έχει αποδειχθεί ότι παρόμοιες προσεγγίσεις είναι πολύ αποτελεσματικές στην αποτίμηση της επικινδυνότητας της ξηρασίας. Η παροχή όσο το δυνατόν περισσότερων πληροφοριών για κάθε συνέπεια, όπως κοινωνικές ομάδες που επηρεάζονται, εκτιμώμενη ζημιά, κλπ, είναι χρήσιμη. Συχνά διαφορετικές ομάδες έχουν διαφορετικές αντιλήψεις για τη ζημιά από την ξηρασία. Τέτοια περίπτωση είναι οι ομάδες που έχουν αντικρουόμενες οικονομικές ή περιβαλλοντικές προτεραιότητες. Ένα χρήσιμο χαρακτηριστικό λοιπόν της αποτίμησης των επιπτώσεων της ξηρασίας είναι ο προσδιορισμός της ομάδας ενδιαφέροντος και το επίπεδο συμφωνίας μεταξύ των μελών της ομάδας.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι, αφού οι συνέπειες της ξηρασίας εμφανίζονται με κάποια καθυστέρηση σε σχέση με την έναρξη ενός επεισοδίου και διαρκούν για αρκετό καιρό μετά τη λήξη του επεισοδίου, υπάρχει η δυνατότητα να εφαρμοστούν αποτελεσματικά μέτρα ανακούφισης, πολύ περισσότερο από ότι σε άλλα ακραία υδρολογικά φαινόμενα (πχ. πλημμύρες), με την προϋπόθεση όμως την έγκαιρη αντίληψη μιας επερχόμενης ξηρασίας και την παρακολούθησή της (Rossi, 2003).

Τα κίνητρα (drivers) της λειψυδρίας είναι, όπως αναφέρονται στο 2nd Interim Report on water scarcity and droughts (WS&D), “ανισσορoπία(ιες) ανάμεσα στη παροχή και ζήτηση νερού”. Συνεπώς, προβλήματα λειψυδρίας μπορούν να προκύψουν είτε από αύξηση των απολήψεων νερού, ή από μείωση των διαθέσιμων υδατικών πόρων. Πολλές αλληλοεξαρτώμενες παράμετροι συντελούν στη δημιουργία ελλειμμάτων: ανθρώπινες δραστηριότητες, περιβαλλοντικές, κλιματική αλλαγή. Προκειμένου για την πληρέστερη κατανόηση της λειψυδρίας είναι απαραίτητη η χαρτογράφηση όλων των συνιστωσών και των αντιπροσωπευτικών μεταβλητών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον χαρακτηρισμό του φαινομένου, όπως απεικονίζονται στο Σχήμα 5-2 ενσωματωμένες στην πλατφόρμα DPSIR. Τα κίνητρα (drivers) όπως η κλιματική αλλαγή, η πληθυσμιακή αλλαγή, οι οικονομικές δραστηριότητες, το βιοτικό επίπεδο κ.λ.π., δημιουργούν πιέσεις (pressures) όπως αύξηση της ζήτησης νερού, μόλυνση, αλλαγές των χρήσεων γης κ.λ.π, οι οποίες επηρεάζουν αρνητικά την κατάσταση (state) των υδάτων (ποσοτική και ποιοτική) και του εδάφους, επιφέροντας επιπτώσεις (impacts) στους υδάτινου πόρους, το περιβάλλον, την οικονομία και την κοινωνία, οι οποίες ενεργοποιούν μέτρα ανταπόκρισης και μετριασμού (response) οικονομικά, τεχνικά, νομοθετικά, επιμορφωτικά. Ενδιάμεσες αλληλεπιδράσεις των συνιστωσών είναι επίσης αναμενόμενες.



Σχήμα 5-2: Ανάλυση Λειψυδρίας με βάση την πλατφόρμα “DPSIR”

Πηγή: Kossida et al., 2009

Οι επιπτώσεις της λειψυδρίας συνοψίζονται στο 2nd Interim Report ως ακολούθως:

1. Οικονομικές:

- Ελλείψεις στην δημόσια παροχή νερού με επιπτώσεις σε διάφορους τομείς όπως ο τουρισμός
- Μείωση της ενέργειας αφενός λόγω αύξησης της θερμοκρασίας του νερού που είναι ακατάλληλο για χρήση ως νερό ψύξης, και αφετέρου λόγω μειωμένης στάθμης του διαθέσιμου νερού στους ταμιευτήρες που χρησιμοποιείται για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας.
- Μείωση της παραγωγής αγροτικών προϊόντων, κ.λ.π
- Δυσκολίες στην προήγηση λόγω μείωσης της στάθμης των ποταμών
- Έξοδα για μεταφορά/εισαγωγή νερού και διάνοιξη νέων γεωτρήσεων

1. Κοινωνικές:

- Αύξηση της τιμής του νερού λόγω του κόστους των μέτρων μετριασμού
- Μετανάστευση βιομηχανικών μονάδων

- Διακοπές στην παροχή του νερού που δυσχεραίνουν τις καθημερινές ατομικές συνήθειες

2. Περιβαλλοντικές

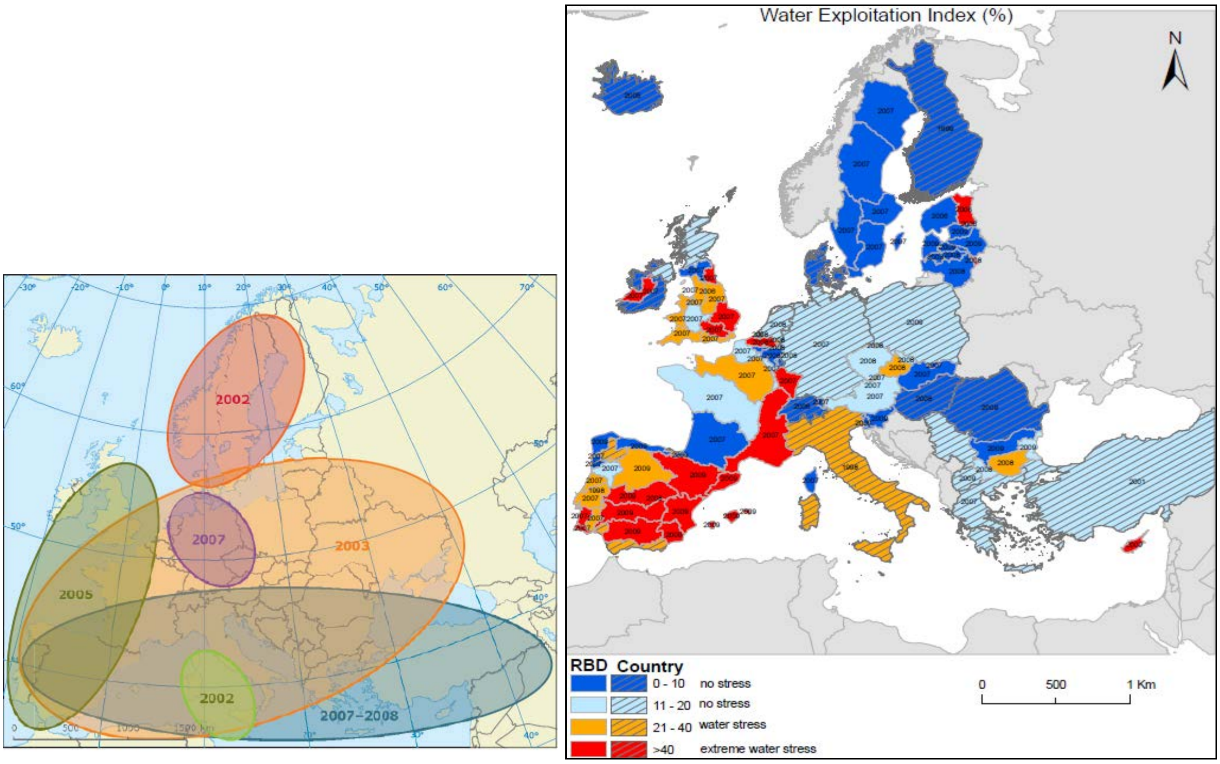
- Υφαλμύρινση των υπόγειων υδάτων λόγω υπεράντλησης
- Διακινδύνευση της οικολογικής παροχής των ποταμών
- Αύξηση της συγκέντρωσης ρυπαντών λόγω περιορισμένης δυνατότητας διάλυσής τους
- Αύξηση της διάβρωσης και του κινδύνου ερημοποίησης

Οι οικονομικές επιπτώσεις της λειψυδρίας είναι δύσκολο να αποτιμηθούν με ακρίβεια καθώς οι οικονομικοί τομείς επηρεάζονται ποικιλοτρόπως, ενώ παράλληλα επιφέρονται και περιβαλλοντικές ζημίες των οποίων η ακριβείς κοστολόγηση είναι δύσκολη.

5.5 Νομικό και θεσμικό πλαίσιο για τη διαχείριση της ξηρασίας στην Ευρώπη

Η ξηρασία είναι ένα επαναλαμβανόμενο γνώρισμα του Ευρωπαϊκού κλίματος που δεν περιορίζεται στην περιοχή της Μεσογείου. Μπορεί να συμβεί τόσο σε περιοχές με ξηρό γενικά κλίμα, όσο και σε περιοχές που χαρακτηρίζονται συνήθως από υψηλά ύψη βροχής (European Environment Agency, 2001). Μεγάλες Ευρωπαϊκές εκτάσεις έχουν εμφανίσει ξηρασία κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα. Τα περιστατικά ξηρασίας έχουν επιδεινωθεί στις περισσότερες Ευρωπαϊκές περιοχές κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών σε συχνότητα, διάρκεια ή ένταση (Nastos and Zerefos, 2009). Κλιματικά μοντέλα συμπεραίνουν σε μελλοντική γενική αύξηση της ξηρασίας λόγω μείωσης της βροχόπτωσης. Χρησιμοποιώντας μια υψηλής ανάλυσης προσομοίωση, οι Jones et al. (1996) προέβλεψαν ότι μέχρι το τέλος του 21^{ου} αιώνα, η Ευρώπη θα αντιμετωπίσει αύξηση της έντασης, της διάρκειας και της χωρικής εξάπλωσης των ξηρασιών στην περιοχή της Μεσογείου. Αν επιβεβαιωθούν οι προβλέψεις για μείωση της βροχής στη Μεσόγειο (New et al., 2002), οι συνέπειες θα είναι σοβαρές για την περιοχή, λόγω της ανεπάρκειας των υδάτινων πόρων, της υψηλής ζήτησής τους για γεωργικές, βιομηχανικές και τουριστικές δραστηριότητες αλλά και λόγω των φαινομένων της διάβρωσης και της ερημοποίησης (López, Bermúdez and Sánchez, 1997). Παρόλα αυτά, πρέπει να επισημανθεί ότι μοντέλα τόσο μεγάλων εκτάσεων παρουσιάζουν περιορισμούς εξαιτίας της μεγάλης κλίμακας ανάλυσης η οποία δεν μπορεί να προσομοιώσει ικανοποιητικά το φαινόμενο της ξηρασίας σε περιοχές με υψηλή διακύμανση βροχοπτώσεων, όπως είναι αυτές με Μεσογειακό κλίμα.

Τα πρόσφατα σοβαρά και παρατεταμένα επεισόδια ξηρασίας έχουν φανερώσει την τρωτότητα της Ευρώπης σε αυτή τη φυσική καταστροφή με αποτέλεσμα την αφύπνιση του κόσμου, των κυβερνήσεων και των αντίστοιχων οργανισμών, πρώτον για τα πολλά κοινωνικοοικονομικά προβλήματα που απορρέουν από την έλλειψη νερού και δεύτερον για την ανάγκη λήψης κατάλληλων μέτρων. Την τελευταία τριακονταετία, ο αριθμός και η ένταση των κρουσμάτων ξηρασίας στην ΕΕ αυξήθηκε με ραγδαίους ρυθμούς. Ο αριθμός των περιοχών και των κατοίκων που επλήγησαν από ξηρασία αυξήθηκε κατά 20% περίπου μεταξύ του 1976 και του 2006. Ένα τα πλέον εκτεταμένα φαινόμενα ξηρασίας παρατηρήθηκε το 2003, στη διάρκεια της οποίας επλήγησαν περισσότεροι από 100 εκατομμύρια κάτοικοι, καθώς και το ένα τρίτο της επικράτειας της ΕΕ. Το κόστος των ζημιών στην ευρωπαϊκή οικονομία ήταν τουλάχιστον 8,7 δισεκατομμύρια ευρώ. Το συνολικό κόστος των φαινομένων ξηρασίας την τελευταία τριακονταετία ανέρχεται σε 100 δισεκατομμύρια ευρώ. Την ίδια περίοδο τετραπλασιάστηκε το μέσο ετήσιο κόστος.



Σχήμα 5-3: Εμφάνιση ξηρασίας και λειψυδρίας στην Ευρώπη

(α) Επισκόπηση κύριων επεισοδίων Ξηρασίας στην Ευρώπη για την περίοδο 2000-2009

Πηγή: ΕΕΑ (2010)

(β) Επισκόπηση Λειψυδρίας στην Ευρώπη με βάση το Δείκτη WEI σε επίπεδο Υδατικού Διαμερίσματος ή Χώρας

Πηγή: Kossida et al. (2012)

Κρίνεται λοιπόν επιτακτική η υλοποίηση μιας προληπτικής προσέγγισης για την αντιμετώπιση των φαινομένων ξηρασίας και λειψυδρίας με την προετοιμασία ολοκληρωμένων σχεδίων, στα οποία τα μέτρα περιορισμού είναι σαφώς καθορισμένα από όλους τους φορείς για την υλοποίησή τους. Υπό το πρίσμα αυτό, μια ξεκάθαρη ανάθεση αρμοδιοτήτων ανάμεσα στους διαφορετικά εμπλεκόμενους φορείς είναι το σημείο κλειδί. Επομένως μια νομική πράξη, η οποία θα προσδιορίζει τις ευθύνες είναι απαραίτητη σε κάθε χώρα. Μια τέτοια πράξη θα μπορούσε να είναι μέρος της εθνικής στρατηγικής για τους υδατικούς πόρους ή/και στρατηγική καταπολέμησης της ερημοποίησης (στα πλαίσια της συνθήκης των Ηνωμένων Εθνών). Καμία δράση διαχείρισης, νομοθεσία ή στρατηγική δεν μπορεί να αποκριθεί από μόνη της σε όλες τις πλευρές και δεν μπορεί να επιτύχει όλους τους σκοπούς για την αποτελεσματική διαχείριση της ξηρασίας. Πολλαπλές προσπάθειες συνεργασίας χρειάζονται για την αντιμετώπιση των πολυδιάστατων επιπτώσεων της ξηρασίας στην κοινωνία. Άλλες σημαντικές πλευρές που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι:

- Η συμμετοχή των άμεσα ενδιαφερομένων
- Η διαχείριση και οι αλλαγές στη νομοθεσία για τις άδειες νερού που επιτρέπουν ανταλλαγή νερού κατά τις ξηρασίες
- Ο προσδιορισμός προτύπων αποτελεσματικότητας για την ενίσχυση της οικονομίας νερού και ποινές όταν υπάρχει έλλειψη σεβασμού προς αυτή.

Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, η Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα Ύδατα 2000/60 προσδιορίζει σαφώς το σχεδιασμό ως το κύριο εργαλείο εγγύησης της προστασίας των υδάτινων σωμάτων και υποδηλώνει το περιορισμό των γεγονότων πλημμύρας και ξηρασίας ως το βασικό αντικείμενο. Εν τούτοις, δεν λαμβάνει υπόψη κριτήρια και δράσεις αντιμετώπισης της επικινδυνότητας της ξηρασίας, οι αναφορές στην ξηρασία είναι σπάνιες και ασαφείς και συχνά παραπλανητικές και τα μέτρα περιορισμού θεωρούνται μόνο προαιρετικά (συμπληρωματικά). Οι περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες δεν έχουν εκδώσει ένα νομικό πλαίσιο για την αντιμετώπιση της επικινδυνότητας της ξηρασίας και οι δράσεις εκτάκτου ανάγκης διαχειρίζονται από Αντιπροσωπείες Πολιτικής Προστασίας ή κάποιες νομικές πράξεις που αναφέρονται σε ανάκαμψη από φυσικές καταστροφές. Τα μαθήματα που πήραμε κατά τη διάρκεια των πιο πρόσφατων ξηρασιών (2003, 2007) έχουν δείξει την ανεπάρκεια των νομικών συστημάτων, την προώθηση του σχεδιασμού μέτρων περιορισμού της ξηρασίας και της αντικατάστασης των επιχορηγήσεων για την κάλυψη των ζημιών με ασφάλειες. Η Ισπανία είναι ένα παράδειγμα θεσμικής υποστήριξης για τις πρωτοβουλίες αυτές. Η επιτυχία των περισσότερων περιπτώσεων οφείλεται στην υδατική διαχείριση σε επίπεδο λεκάνης, επιτρέποντας το συντονισμό των στρατηγικών, των φυσικών και των τεχνικών θεμάτων. Για παράδειγμα, στην Ισπανία υπάρχει ξεκάθαρη ανταλλαγή γνώσεων μεταξύ των εμπλεκόμενων σωμάτων, όπως επίσης και ξεκάθαρος ορισμός των περιεχομένων των σχεδίων διαχείρισης της ξηρασίας. Ο Νόμος 10/2001 εφαρμόζει μια προληπτική προσέγγιση για την αντιμετώπιση της επικινδυνότητας:

- προσδιορίζει τη βάση ανάπτυξης ενός συστήματος υδρολογικών δεικτών για τη συνεχή καταγραφή και πρόγνωση γεγονότων ξηρασίας
- δίνει την ευθύνη στις Αρχές Διαχείρισης της Λεκάνης για την προετοιμασία των σχεδίων διαχείρισης της ξηρασίας και στις δημοτικές αντιπροσωπείες υδάτων για την προετοιμασία των σχεδίων εκτάκτου ανάγκης για διαχείριση ξηρασίας, και
- αναθέτει ευθύνες για την ανακήρυξη της ξηρασίας

Αναγνωρίζοντας την έλλειψη νομικού-θεσμικού πλαισίου σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, η Ε.Ε. εξέδωσε το 2007 Ανακοίνωση για την αντιμετώπιση του προβλήματος της λειψυδρίας και της ξηρασίας στην Ευρώπη (COM(2007) 414 final, {SEC(2007)993}{SEC(2007)996}). Η Ανακοίνωση επισημαίνει ότι για να αντιμετωπιστεί η λειψυδρία και η ξηρασία, πρώτη προτεραιότητα είναι η μετάβαση προς μια οικονομία που χρησιμοποιεί αποτελεσματικά και ορθολογικά τους υδάτινους πόρους της. Η εξοικονόμηση υδάτινων πόρων συνεπάγεται και την εξοικονόμηση ενέργειας, δεδομένου ότι η άντληση, η μεταφορά και η επεξεργασία του νερού έχει υψηλό ενεργειακό κόστος. Στο πλαίσιο αυτό, είναι απαραίτητο να βελτιωθεί η διαχείριση της ζήτησης νερού. Όπως και η ενέργεια, το νερό είναι αναγκαίο για όλες τις ανθρώπινες, οικονομικές και κοινωνικές δραστηριότητες. Ως εκ τούτου, πρέπει να εξεταστεί ένα ευρύ φάσμα επιλογών πολιτικής. Επιπλέον η Ανακοίνωση θέτει 7 τομείς πολιτικής και προτείνει δέοντα μέτρα για τη επίτευξή τους:

1. Σωστή τιμολόγηση του νερού
2. Αποδοτικότερη κατανομή του νερού και των σχετικών με το νερό χρηματοδοτικών πόρων
   - Βελτίωση του σχεδιασμού χρήσης γης
   - Χρηματοδότηση της ορθολογικής χρήσης του νερού
3. Βελτίωση της διαχείρισης των κινδύνων ξηρασίας
   - Επεξεργασία σχεδίων διαχείρισης των κινδύνων ξηρασίας
   - Σύσταση παρατηρητηρίου και συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης για τα φαινόμενο Ξηρασίας
   - Περαιτέρω βελτιστοποίηση της χρήσης του ταμείου αλληλεγγύης της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του ευρωπαϊκού μηχανισμού πολιτικής προστασίας
4. Μελέτη πρόσθετων υποδομών υδροδότησης
5. Προώθηση των τεχνολογιών και πρακτικών που προάγουν την αποδοτική χρήση των υδάτινων πόρων
6. Προαγωγή μιας νοοτροπίας για την εξοικονόμηση νερού στην Ευρώπη
7. Βελτίωση των γνώσεων και συγκέντρωση δεδομένων
   - Σύστημα πληροφοριών σχετικά με τη λειψυδρία και τη ξηρασία ανά την Ευρώπη
   - Ευκαιρίες όσον αφορά την έρευνα και την τεχνολογική ανάπτυξη

Η Επιτροπή έχει δημοσιεύσει από το 2008 τρεις ετήσιες εκθέσεις παρακολούθησης όσον αφορά την ανακοίνωση σχετικά με τη λειψυδρία και τις ξηρασίες στην Ευρωπαϊκή Ένωση COM(2007) 414, παρουσιάζοντας την σημειούμενη πρόοδο όσον αφορά την επίτευξη των καθορισμένων κατευθύνσεων (COM(2008) 875 final, 19.12.2008;

COM(2010) 228 final, 18.5.2010; COM(2011) 133 final, 21.3.2011). Νέες δράσεις πολιτικής αναμένεται να προταθούν στο τέλος του 2012 στα πλαίσια της Έκθεσης "Blueprint for Water" όπου και θα δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στο πρόβλημα της ξηρασίας και λειψυδρίας και την ποσοτική κατάσταση των υδατικών πόρων της Ευρώπης.

5.6 Στόχοι του Σχεδίου Διαχείρισης Ξηρασίας-Λειψυδρίας (ΣΔΞΛ)

Οι χώρες που βρέχονται από την Μεσόγειο θάλασσα συχνά αντιμετωπίζουν ξηρασίες, μικρής ή μεγάλης κλίμακας, με σοβαρές περιβαλλοντικές και κοινωνικο-οικονομικές επιπτώσεις. Το φαινόμενο δεν μπορεί να προβλεφθεί καθώς κάνει βαθμιαία την εμφάνισή του και οι επιπτώσεις του γίνονται αισθητές προς τους πολίτες μίας χώρας, όταν είναι πλέον σε εξέλιξη. Επομένως, οι χώρες αυτές θα πρέπει να είναι έτοιμες ανά πάσα στιγμή να αντιμετωπίσουν μία επερχόμενη ξηρασία, έχοντας ένα επιχειρησιακό σχέδιο αντιμετώπισης της ξηρασίας. Η εμπειρία έχει δείξει ότι μέτρα της τελευταίας στιγμής δεν αποφέρουν το επιθυμητό αποτέλεσμα που είναι η αντιμετώπιση της ξηρασίας με τις ελάχιστες επιπτώσεις.

Όσον αφορά την Ελλάδα, το κύριο χαρακτηριστικό που πρέπει να επισημανθεί είναι η άνιση κατανομή των βροχοπτώσεων τόσο χωρικά όσο και χρονικά. Αυτό οφείλεται στο γεωγραφικό και γεωμορφολογικό ανάγλυφο της χώρας καθώς και στις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν. Πιο συγκεκριμένα, η δυτική Ελλάδα και το ανατολικό Αιγαίο εμφανίζουν μεγαλύτερα ύψη βροχής σε σχέση με το κεντρικό και νότιο Αιγαίο, ενώ οι ορεινές περιοχές εμφανίζουν μεγαλύτερα ύψη βροχής και χιονιού σε σχέση με τις πεδινές περιοχές. Ακόμη, το καλοκαίρι καταγράφονται τα μικρότερα ύψη βροχής σε σχέση με τις άλλες εποχές. Η Αναγνωστοπούλου (2003) απέδειξε ότι, σύμφωνα με την παρουσία ή την απουσία των επεισοδίων ξηρασίας, η Ελλάδα μπορεί να διαιρεθεί σε τέσσερις κύριες περιοχές: στη δυτική και ηπειρωτική Ελλάδα, στη νότια και νοτιοανατολική Ελλάδα (Κρήτη και Δωδεκάνησα), στην ανατολική νησιωτική Ελλάδα (νησιά ανατολικού Αιγαίου και βορειοανατολική Ελλάδα) και τέλος στον κεντρικό άξονα της Ελλάδας, ο οποίος περιλαμβάνει την κεντρική Μακεδονία, την ανατολική ηπειρωτική Ελλάδα, τις Σποράδες και τις Κυκλάδες. Ακόμη, χρονικά, εκτός από τη μόνιμη ξηρασία που εμφανίζεται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού σχεδόν σε ολόκληρη την Ελλάδα, και οι υπόλοιπες εποχές εμφανίζουν ιδιαίτερα επεισόδια ξηρασίας. Επιπλέον, σύμφωνα με την Αναγνωστοπούλου (2003), τα χαρακτηριστικά της ξηρασίας για την ελληνική περιοχή είναι τα εξής:

- Ως ξηρή ημέρα στην Ελλάδα καθορίζεται εκείνη η ημέρα όπου το ύψος βροχόπτωσης είναι μικρότερο ή ίσο των 0.1mm.
- Επεισόδιο ξηρασίας στην Ελλάδα, κυρίως κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου, ορίζεται εκείνο το χρονικό διάστημα όπου θα πρέπει οι συνεχόμενες ημέρες ξηρασίας να είναι περισσότερες από 10.
- Ως εξαιρετική ξηρασία μπορεί να καθοριστούν εκείνα τα επεισόδια ξηρασίας όπου παρατηρούνται συνεχόμενοι μήνες με τιμές του δείκτη Standardized Precipitation

Index (SPI) < -2.0.

Με βάση τα παραπάνω, κύριος στόχο του παρόντος Σχεδίου Ξηρασίας-Λειψυδρίας είναι να ποσοτικοποιήσει την ξηρασία και λειψυδρία του Υδατικού Διαμερίσματος της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (ΥΔ07), να εξετάσει πιθανές μεθοδολογίες για την πρόβλεψη μελλοντικών φαινομένων και να προτείνει μέτρα αντιμετώπισης για τα διάφορα επίπεδα επικινδυνότητας. Πιο αναλυτικά, η παρούσα μελέτη στοχεύει στα ακόλουθα:

I. Καταγραφή των φαινομένων ξηρασίας και των χαρακτηριστικών τους (διάρκεια, ένταση, χωρική κατανομή) που εκδηλώθηκαν στο παρελθόν με βάση ιστορικές χρονοσειρές από το 1980-2010. Ανάπτυξη μεθοδολογίας για την πληρέστερη αποτύπωση/χαρτογράφηση της ξηρασίας και της λειψυδρίας προκειμένου να υπάρχει διαθέσιμο στους διάφορους φορείς και χρήστες ένα απλό και κατανοητό εργαλείο επισκόπησης σε κατάλληλη κλίμακα και να χρησιμοποιηθεί επιπλέον στον προσδιορισμό της επικινδυνότητας σε επόμενο στάδιο.

II. Προσδιορισμός ζωνών τρωτότητας (drought and water scarcity vulnerability mapping) λαμβάνοντας υπόψη φυσικές (κλιματική αλλαγή, χρήσεις γης κ.λ.π.) και κοινωνικο-οικονομικές παραμέτρους (ζήτηση νερού) προκειμένου να αποτελέσει πρώτη βάση για τη μελλοντική αξιολόγηση της επικινδυνότητας

III. Εκτίμηση της επίδρασης των φαινομένων της ξηρασίας και λειψυδρίας στην επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας (Άρθρο 4)

IV. Καθορισμός του δείκτη ξηρασίας SPI (Standardised Precipitation Index - Τυποποιημένος Δείκτης Κατακρήμνισης) με βάση τη βροχόπτωση (για διάφορα χρονικά βήματα) και αντίστοιχων ορίων προκειμένου να χαρακτηριστούν οι συνθήκες ξηρασίας, η έλευση του φαινομένου (εντοπισμός της έναρξης και του τέλους του φαινομένου) και οι τιμές κατωφλίων για τον καθορισμό κλίμακας και επιπέδων απόκρισης. Καθορισμός δείκτη WEI (Water Exploitation Index) για την ποσοτικοποίηση της λειψυδρίας ο οποίος λαμβάνει υπόψη και ανθρωπογενείς παράγοντες (απολήψεις, ζήτηση νερού). Οι παραπάνω δείκτες εντάσσονται στη μεθοδολογική πλατφόρμα Drivers-Pressure-State-Impact-Response DPSIR (κίνητρα, πιέσεις, φυσική κατάσταση, επιπτώσεις, ανταπόκριση) σύμφωνα με τις προτάσεις του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (ΕΟΠ) προκειμένου να είναι δυνατός ο προσδιορισμός των σχέσεων μεταξύ αυτών.

V. Προσδιορισμός μέτρων για την πρόληψη και αντιμετώπιση των επιπτώσεων (περιβαλλοντικών, κοινωνικο-οικονομικών κ.λ.π.) της ξηρασίας και της λειψυδρίας τα οποία θα προταθούν στη διαμόρφωση των βασικών και συμπληρωματικών μέτρων του ‘Αρθρου 11. Ιδιαίτερη έμφαση έχει δοθεί στα μέτρα διαχείρισης της ζήτησης, αποτελεσματικότητας και επαναχρησιμοποίησης τα οποία προτείνονται και στο Παράρτημα VI B της Οδηγίας. Τα μέτρα αυτά είναι συνδεδεμένα με τις διάφορε κλίμακες ταξινόμησης ξηρασίας (Ξηρασία, Σημαντική Ξηρασία, Εξαιρετική Ξηρασία) και τα διάφορα επίπεδα απόκρισης (alert, pre-alert κ.λ.π.). Στα μέτρα αυτά εντάσσονται και προτάσεις για χρήση εναλλακτικών πηγών νερού (alternative water resources) ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζονται (π.χ. αρδευτική). Επιπλέον, στα μέτρα αυτά εντάσσονται εκπαιδευτικά μέτρα, προτάσεις για μέτρα ενημέρωσης, ευαισθητοποίησης και εκπαίδευσης των χρηστών νερού στοχευόμενα στην εξοικονόμησης ύδατος, στην ορθολογική χρήση αυτού και στην αντιμετώπιση των φαινομένων λειψυδρίας.

VI. Προτάσεις για τη δημιουργία μηχανισμού έγκαιρης προειδοποίησης (early warning system) όπως αυτό προτείνεται και από την Ανακοίνωση της Ε.Ε. 18/07/2007. Το «παρατηρητήριο» αυτό έχει προδιαγραφεί ώστε να είναι δυνατή η ενσωμάτωση του μελλοντικά στο European Drought Observatory EDO του Joint Research Center (JRC) http://edo.jrc.ec.europa.eu/php/index.php?action=view&id=2 και βασίζεται στο δείκτη Standardised Precipitation Index SPI (Τυποποιημένος Δείκτης Κατακρήμνισης).

Η παρούσα μελέτη έχει λάβει υπόψη το Κείμενο Κατευθυντήριων Γραμμών No 24 για την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην επίτευξη των στόχων της Οδηγίας (Guidance Document No24: River Basin Management in a Changing Climate) και την Ανακοίνωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής της 18/07/20007 για την αντιμετώπιση του προβλήματος λειψυδρίας και ξηρασίας στην Ευρώπη, τις υπό εξέλιξη προτάσεις του CIS Working Group on Water Scarcity and Drought και του Technical Working Group on the Water Exploitation Index (WEI+), καθώς και επιπλέον Οδηγίες και Τεχνικές Εκθέσεις που έχουν προταθεί από Ευρωπαϊκούς φορείς, από τα διάφορα κράτη-μέλη (κυρίως των μεσογειακών χωρών), και από πολιτείες των Η.Π.Α., ενσωματώνοντας έτσι στην πρόληψη και αντιμετώπιση των επιπτώσεων πληθώρα εμπειριών: Ενδεικτικά αναφέρονται οι παρακάτω σχετικές Οδηγίες, Τεχνικές Εκθέσεις και Σχέδια Διαχείρισης που μελετήθηκαν:

- DG ENV- WFD CIS Water Scarcity and Droughts Expert Network (2008). Drought Management Plan Report Including Agricultural, Drought Indicators and Climate Change Aspects. Technical Report - 2008 – 023. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: http://circa.europa.eu/Public/irc/env/wfd/library?l=/framework_directive/scarcity_droughts/version_report_fvpdf/_EN_1.0_&a=i (τελευταία είσοδος13/05/2011)
  - Περιέχει Οδηγίες καθώς και παραδείγματα από εφαρμογές στην Ισπανία, Πορτογαλία, Γαλλία, Ιταλία, Ην. Βασίλειο, Φιλανδία, Ολλανδία.
- Working Documents of the Working Group on WS&D (http://circa.europa.eu/Public/irc/env/wfd/library?l=/framework_directive/scarcity_droughts/ ; http://circa.europa.eu/Members/irc/env/wfd/library?l=/working_groups/scarcity_drought&vm=detailed&sb=Title)
- Ευρωπαϊκή Ένωση - Γραφείο Συνεργασίας Ευρωπαϊκής Βοήθειας, Ευρω-Μεσογειακό Περιφερειακό Πρόγραμμα για Τοπική Διαχείριση Υδάτων

(MEDAWater), Μεσογειακή Ετοιμότητα και Σχεδιασμός Περιορισμού της Ξηρασίας (MEDROPLAN), (2007). Οδηγίες Διαχείρισης της Ξηρασίας.

- MedWSD (2007). “Mediterranean Water Scarcity and Drought Report”, Technical Report - 009 – 2007, produced by the MEDITERRANEAN WATER SCARCITY & DROUGHT WORKING GROUP (MED WS&D WG), April 2007.
- MED Joint Process WFD/EUWI Water Scarcity Drafting Group (2006). Technical report “Water Scarcity Management in the Context of WFD”, 2006.
- The Portuguese Presidency, (2007). “WATER SCARCITY AND DROUGHT, A Priority of the Portuguese Presidency”, Edition: Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, 2007
- Garrote L., Iglesias A., Flores F. (2009). Development of Drought Management Plans in Spain, chap. 13 in: Coping with Drought Risk in Agriculture and Water Supply Systems-Drought Management and Policy Development in the Mediterranean. Advances in Natural and Technological Hazards Research, vol. 26, 2009.
- Environment Agency (2010). Drought Plans for UK regions: Anglian, Midlands, NW, SE, SW, Thames, Yorkshire and NE, Wales,
- Joseph W. Dellicarpini and David R. Vallee (2002). The development of a Drought Management Plan for Rhode Island; Including an analysis of local drought characteristics. NOAA/National Weather Service Forecast Office
- National Drought and Mitigation Centre: Drought Management Plans for 36 States in USA: http://www.drought.unl.edu/plan/stateplans.htm

6. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

6.1 Επιλογή Δεικτών Ξηρασίας και Λειψυδρίας

Δείκτης ονομάζεται ένας σταθμισμένος συνδυασμός δύο ή περισσοτέρων ενδείξεων. Ένας δείκτης σχεδιάζεται, ώστε να είναι η περίληψη του συστήματος. Για παράδειγμα, ένας «περιβαλλοντικός δείκτης» μπορεί να περιέχει δεδομένα για την ποιότητα του αέρα, την ποιότητα των υδάτων, την ποιότητα του εδάφους, κ.λπ. Ένα άλλο παράδειγμα είναι οι Οικονομικές Ενδείξεις που χρησιμοποιούνται για να προβλέψουν οικονομική δραστηριότητα, όπως ο ρυθμός ανάπτυξης του ΑΕΠ. Ένας δείκτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να οδηγήσει σε ένα συγκεκριμένο γεγονός ή συμπέρασμα (Ε.Ε., MEDAWater, MEDROPLAN, 2006).

Ο χαρακτηρισμός της ξηρασίας είναι περίπλοκος και υπάρχει ένα μεγάλο φάσμα μετεωρολογικών ή υδρολογικών δεικτών που μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Η ξηρασία είναι ένα τρισδιάστατο φαινόμενο που μπορεί να αξιολογηθεί με βάση την ένταση, τη διάρκεια και τη γεωγραφική έκταση. Επιπλέον, το μεγάλο πλήθος ορισμών της ξηρασίας, η μεγάλη μεταβλητότητα που εμφανίζει σε σχέση με την τοπογραφία και το κλίμα της κάθε περιοχής και οι πολύπλοκες φυσικές διεργασίες που την προκαλούν, επέβαλλαν τη δημιουργία δεικτών ξηρασίας, έτσι ώστε να είναι εφικτή η αναγνώριση των χαρακτηριστικών της, καθώς επίσης και η δυνατότητα αξιολόγησής της όχι μόνο σε τοπικό επίπεδο αλλά και σε μία ευρύτερη περιοχή.

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

- να μπορούν να υπολογιστούν από διαθέσιμα δεδομένα από συστήματα συλλογής δεδομένων,
- να έχουν άμεση σχέση με τρωτά κοινωνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά συστήματα, και
- να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για προβλέψεις και συστήματα έγκαιρης καταγραφής.

Γενικά, ένας δείκτης ξηρασίας είναι δόκιμος όταν παρουσιάζει μία ξεκάθαρη, απλή και ποιοτική ανάλυση των κύριων χαρακτηριστικών της ξηρασίας: την ένταση, τη διάρκεια και τη χωρική έκτασή της (Hayes, 2000). Πολλοί είναι οι δείκτες ξηρασίας που έχουν αναπτυχθεί

Στον Πίνακα 6-1 αναφέρονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των κυριότερων δεικτών ξηρασίας.

Πίνακας 6-1: Συνοπτικά χαρακτηριστικά των κυριότερων δεικτών ξηρασίας

Δείκτες Ξηρασίας	Δεδομένα	Κατηγορία χρήσης
Deciles (Δέκατα)	Βροχοπτώσεις	Μετεωρολογικός
Standard Precipitation Index (SPI) (Τυποποιημένος Δείκτης Κατακρήμνισης)	Βροχοπτώσεις	Μετεωρολογικός, χρησιμοποιείται για παρακολούθησης και πρόβλεψη
Rainfall Anomaly Index (Δείκτης Ανωμαλίας Βροχόπτωσης)	Βροχοπτώσεις	Μετεωρολογικός, ευαίσθητος σε ακραία γεγονότα
Drought Reconnaissance Index (Δείκτης Αναγνώρισης Ξηρασίας)	Βροχοπτώσεις, Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή	Μετεωρολογικός
Run Analysis (Χωρική Ανάλυση Χρονοσειρών)	Βροχοπτώσεις, Παροχή Υδατορευμάτων	Μετεωρολογικός και υδρολογικός, για χωρο-χρονική ανάλυση ιστορικών γεγονότων
Palmer Drought Severity Index (PDSI) (Δείκτης Σοβαρότητας Ξηρασίας Palmer)	Βροχοπτώσεις, Θερμοκρασία, Εδαφική Υγρασία (Διαθέσιμο Περιεχόμενο Ύδατος)	Μετεωρολογικός, αποτελεσματικός στη γεωργία, χρησιμοποιείται για ιστορικές αναλύσεις και ανάλυση επικινδυνότητας
Palmer Hydrological Drought Severity Index (PHDI) (Υδρολογικός Δείκτης Σοβαρότητας Ξηρασίας Palmer)	Βροχοπτώσεις, Θερμοκρασία, Συνθήκες Εδαφικής Υγρασίας	Υδρολογικός, αποτελεσματικός στην παρακολούθηση
Palmer Moisture Anomaly Index (Z Index) (Δείκτης Ανωμαλίας Υγρασίας Palmer)	Βροχοπτώσεις, Θερμοκρασία, Συνθήκες Εδαφικής Υγρασίας	Γεωργικός
Surface Water Supply Index (SWSI) (Δείκτης Παροχής Εδαφικού Ύδατος)	Χιονοπτώσεις, Βροχοπτώσεις, Παροχή Υδατορευμάτων, Υδατικά Αποθέματα	Υδρολογικός, αποτελεσματικός όταν υπάρχει σημαντική ποσότητα χιονιού
Crop Moisture Index (CMI) (Δείκτης Υγρασίας Καλλιέργειας)	Βροχοπτώσεις, Θερμοκρασία, Συνθήκες Εδαφικής Υγρασίας	Γεωργικός
Soil Moisture Anomaly Index (SMAI) (Δείκτης Ανωμαλίας Εδαφικής Υγρασίας)	Συνθήκες Εδαφικής Υγρασίας, Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή, Δυνητική Απορροή	Υδρο-γεωργικός
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) (Δείκτης Κανονικοποιημένης Διαφοράς Βλάστησης)	Δορυφορικές Εικόνες	Φυσικών πόρων, γεωργικός

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

Στον Πίνακα 6-2 αναφέρονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των κυριότερων δεικτών λειψυδρίας.

Πίνακας 6-2: Συνοπτικά χαρακτηριστικά των κυριότερων δεικτών λειψυδρίας

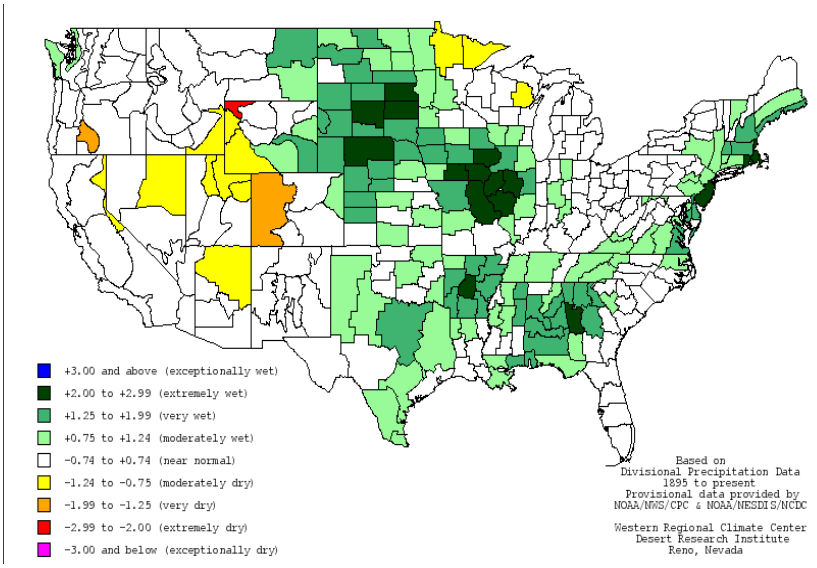
Δείκτης	Αναφορά	Χωρική κλίμακα	Δεδομένα που απαιτούνται
Water Exploitation Index (WEI)	EEA	Χώρα, ορισμένες λεκάνες απορροής	annual freshwater abstractions long term annual availability (LTAA)
Intensity of use of water resources	OECD, 2001	Χώρα, περιοχή	annual freshwater abstractions total renewable water resources
Index of Watershed Indicators (IWI)	EPA, 2002	Λεκάνη απορροής	15 condition and vulnerability indicators
Exploitation index of renewable resources	Plan Bleu	Χώρα	
Water Stress Index (WSI) per source	EWP Water Stewardship Programme	Περιοχή αναφοράς	water abstraction/ consumption as percentage of available water per source (%) with the water abstraction volume per source in [m3/month or season] and average [m3/year]
Water discharge index (WDI)	EWP Water Stewardship Programme	Περιοχή αναφοράς	total amount of water discharge [m3/time period] in relation to total amount of available water body [m^3/time period
Indicator of water scarcity	Heap et al., 1998	Χώρα, περιοχή	annual freshwater abstractions desalinated water resources internal renewable water resources external renewable water resources ratio of the ERWR that can be used
Water availability index WAI	Meigh et al., 1999	Περιοχή	time-series of surface runoff (monthly) time-series of groundwater resources (monthly) water demands of domestic, agricultural and industrial sector
Vulnerability of Water Systems	Gleick, 1990	Λεκάνη απορροής	storage volume (of dams) total renewable water resources consumptive use proportion of hydroelectricity to total electricity groundwater withdrawals groundwater resources time-series of surface runoff
Water Resources Vulnerability Index (WRVI)	Raskin, 1997	Χώρα	annual water withdrawals total renewable water resources GDP per capita national reservoir storage volume time-series of precipitation percentage of external water resources
Water Poverty Index (WPI)	Sullivan, 2002	Χώρα, περιοχή	internal renewable water resources external renewable water resources access to safe water, access to sanitation irrigated land, total arable land, total area GDP per capita under-5 mortality rate UNDP education index Gini coefficient domestic water use per capita, GDP per sector Water quality variables, use of pesticides Environmental data (ESI)

6.2 Υπολογισμός του Δείκτη SPI (Standardized Precipitation Index)

Οι McKee et al. (1993) από το Colorado State University δημιούργησαν τον δείκτη SPI με σκοπό να οριστεί, να καταγραφεί και να προβλεφθεί η ξηρασία. Πολλά ερευνητικά κέντρα (National Drought Mitigation Center -NDMC, Western Regional Climate Center -WRCC) χρησιμοποιούν σήμερα το δείκτη SPI για την καταγραφή και παρακολούθηση των διαφόρων επεισοδίων ξηρασίας. Η φύση του επιτρέπει τον εντοπισμό ενός σπάνιου επεισοδίου ξηρασίας ή ενός εξαιρετικά υγρού επεισοδίου που μπορεί να παρατηρηθεί σε οποιοδήποτε περιοχή και οποιαδήποτε χρονική στιγμή, αρκεί να υπάρχουν επαρκή δεδομένα βροχοπτώσεων. Ο δείκτης βασίζεται στις παρατηρήσεις βροχόπτωσης για μια ορισμένη χρονική περίοδο. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η περίοδος τόσο πιο αξιόπιστα είναι τα αποτελέσματα του SPI (Wu et al., 2005; Cancelliere and Bonaccorso, 2009). Σύμφωνα με τους McKee et al. (1993) η περίοδος πρέπει να είναι διάρκειας τουλάχιστον 30 ετών. Μαθηματικά, ο SPI είναι ο αριθμός των τυπικών αποκλίσεων που, το άθροισμα βροχοπτώσεων για μια περίοδο (3, 6, 9, 12 μήνες κλπ), απέχει από τη μέση τιμή μιας μακροχρόνιας χρονοσειράς, εάν υποθέταμε πως οι βροχοπτώσεις ακολουθούσαν κανονική κατανομή. Επειδή όμως αυτό δε συμβαίνει, γίνεται πρώτα ένας μετασχηματισμός, όπως θα δούμε παρακάτω.

- Χρονικές κλίμακες SPI

Η κατανόηση ότι η έλλειψη βροχόπτωσης έχει διαφορετικά αποτελέσματα στο υπόγειο νερό, στην ικανότητα κατακράτησης νερού, στην υγρασία του εδάφους, στην εμφάνιση του χιονιού και στα επιφανειακά ύδατα οδήγησαν τους McKee et al (1993) να αναπτύξουν τον Standardized Precipitation Index (SPI). Ο SPI σχεδιάστηκε για να υπολογίζει την έλλειψη βροχόπτωσης σε διάφορες χρονικές κλίμακες ώστε να αντικατοπτρίζονται οι συνέπειες της ξηρασίας σε διαφορετικούς τομείς υδάτινων πόρων. Οι συνθήκες της εδαφικής υγρασίας, που ενδιαφέρουν τις αγροτικές εφαρμογές, ανταποκρίνονται στις διακυμάνσεις της βροχόπτωσης σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα, ενώ οι συνθήκες στα υπόγεια και επιφανειακά νερά, που ενδιαφέρουν τη διαχείριση υδάτινων πόρων, ανταποκρίνονται σε πιο μακροχρόνιες καταστάσεις. Πιο συγκεκριμένα, οι μικρές χρονικές κλίμακες αναφέρονται στη γεωργική και στη μετεωρολογική ξηρασία, ενώ οι μεγαλύτερες αφορούν την υδρολογική ξηρασία (Heim, 2002). Για αυτό το λόγο, οι McKee et al. (1993) υπολόγισαν τον SPI σε 3-, 6-,12-, 24- και 48-μηνες χρονικές κλίμακες. Μάλιστα, ο SPI 3- ή 6-μηνών έχει αποδειχθεί ότι έχει μεγάλη σχέση με την εδαφική υγρασία (Sims et al., 2002; Ji and Peters, 2003), που είναι καθοριστική για τη βλάστηση και τη γεωργία και άρα ελέγχεται η γεωργική, όπως επίσης και η μετεωρολογική ξηρασία (McKee et al., 1993; Hayes et al., 1999), ενώ ο SPI 12-μηνών σχετίζεται με τους υδάτινους πόρους (ταμιευτήρες, ποτάμια, υπόγεια νερά) και συνεπώς, ελέγχεται η υδρολογική ξηρασία (Szalai et al., 2000; Hayes et al., 1999).



Σχήμα 6-1: Ο SPI-12μηνών για τον Ιούνιο του 2010 στις ΗΠΑ.

Πηγή: http://www.wrcc.dri.edu/cgi-bin/spiFmap.pl?spi12

- **Κλίμακα ταξινόμησης επεισοδίων ξηρασίας με βάση το SPI**

Ο SPI υπολογίζεται από τη διαφορά της βροχόπτωσης από τη μέση τιμή για μία ορισμένη χρονική περίοδο διαιρώντας την με την τυπική απόκλιση. Επειδή όμως η βροχόπτωση δεν έχει κανονική κατανομή, γίνεται μία ρύθμιση η οποία επιτρέπει στον δείκτη SPI να έχει κανονική κατανομή. Τα δεδομένα προσαρμόζονται σε μια πιθανοτική κατανομή Probability Density Function (PDF) και έπειτα, αυτή μετασχηματίζεται σε μία κανονικοποιημένη μεταβλητή z, η οποία είναι η τιμή του SPI. Επομένως, η μέση τιμή του SPI για μία χρονική περίοδο και για συγκεκριμένη περιοχή είναι 0 και η τυπική απόκλιση είναι 1. Όπως και ο Palmer Index, ο SPI είναι αδιάστατος δείκτης, όπου θετικές τιμές υποδεικνύουν βροχοπτώσεις υψηλότερες από το 50% των παρατηρήσεων και αντίστοιχα, αρνητικές τιμές υποδεικνύουν βροχοπτώσεις χαμηλότερες από το 50% των παρατηρήσεων. Αυτή η κανονικοποίηση του δείκτη SPI αποτελεί πλεονέκτημα, έτσι ώστε τα υγρότερα και ξηρότερα επεισόδια να μπορούν να αναπαρασταθούν με τον ίδιο τρόπο.

Οι χαρακτηρισμοί των επεισοδίων ξηρασίας, βασιζόμενοι στην κλίμακα ταξινόμησης του δείκτη SPI κατά McKee et al. (1993), δίνονται στον Πίνακα 4-1. Αυτή η ταξινόμηση είναι μετά τις τροποποιήσεις από το National Drought Mitigation Center με βάση και τις επισημάνσεις του Agnew (2000), ο οποίος πρότεινε μια διαφορετική ταξινόμηση. Ωστόσο, η εικονιζόμενη είναι η πιο συνήθης (National Drought Mitigation Center, Guttman). Ο πίνακας αυτός περιέχει επίσης τις αντίστοιχες πιθανότητες εμφάνισης κάθε κατηγορίας. Επίσης, καθορίστηκαν τα κριτήρια ενός επεισοδίου ξηρασίας σε οποιαδήποτε χρονική κλίμακα. Ένα επεισόδιο ξηρασίας αρχίζει όταν ο δείκτης SPI παίρνει αρνητική τιμή, συνεχίζει με αρνητικές τιμές και γίνεται έντονο όταν ο δείκτης πάρει τιμή μικρότερη ή ίση με το –1.5. Το επεισόδιο τελειώνει όταν ο δείκτης πάρει θετική τιμή. Έτσι κάθε επεισόδιο ξηρασίας έχει τη διάρκειά του, η οποία καθορίζεται από μία αρχή, ένα τέλος και μια ένταση για κάθε μήνα που το επεισόδιο συνεχίζεται.

Πίνακας 6-3: Ταξινόμηση ξηρασίας με βάση τον δείκτη SPI και αντιστοιχούσες πιθανότητες εμφάνισης.

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

Πηγή: Κωτσοβίνος και Αγγελίδης

Το συσσωρευμένο απόθεμα της ξηρασίας μπορεί να μετρηθεί ως το άθροισμα των δεικτών SPI για όλους τους μήνες σε ένα επεισόδιο ξηρασίας (Hayes, 1999). Μάλιστα, οι McKee et al. (1993) όρισαν το μέγεθος Drought Magnitude (DM) :

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

Όπου για j ξεκινάει η τιμή του SPI του 1ου μήνα της ξηρασίας και συνεχίζει να αυξάνει ως τον τελευταίο μήνα (x) της ξηρασίας, για οποιαδήποτε χρονική κλίμακα. Η μονάδα του DM είναι μήνες και αν ο SPI κάθε μήνα ήταν ίσος με -1, το DM θα ήταν ίσο με τη διάρκεια της ξηρασίας.

Συνεπώς, μέσω του SPI μπορούν να καθοριστούν η ένταση, η διάρκεια και το μέγεθος της ξηρασίας, καθώς επίσης και το έλλειμμα βροχόπτωσης, το ποσοστό σε σχέση με τη μέση (κανονική) τιμή και την πιθανότητα υπέρβασης του εκάστοτε επεισοδίου.

- Πιθανοτικές κατανομές για τον υπολογισμό του SPI

Υπάρχουν διάφορες πιθανοτικές κατανομές που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του SPI. Αυτό είναι σημαντικό καθώς διαφορετικές κατανομές παράγουν διαφορετικές τιμές SPI, ακόμη και με τα ίδια δεδομένα. Οι McKee et al. (1993) αρχικά εφάρμοσαν τη Γάμμα κατανομή. Ο Guttman (1999) μελέτησε διάφορες κατανομές, καταλήγοντας πως η Pearson III είναι η καλύτερη για τον SPI. Μαζί του συμφωνεί και ο Vicente-Serrano (2006) για μελέτη στην Ιβηρική χερσόνησο, ανεξάρτητα της χρονικής κλίμακας που υπολογίζεται ο SPI. Οι Lana et al. (2001) συμπέραναν πως η Poisson-Γάμμα κατανομή ταιριάζει καλύτερα στην Καταλονία. Από την άλλη, οι Livada and Assimakopoulos (2006) πρότειναν ως καλύτερη τη 2-παραμετρική θεωρητική Weibull κατανομή για δεδομένα βροχοπτώσεων από όλη την Ελλάδα, ενώ οι Kotsovinos and Angelidis πρότειναν τη χρήση Λογαριθμοκανονικής και Κανονικής κατανομής. Συνεπώς, το θέμα αυτό παραμένει ανοικτό, καθώς και άλλες έρευνες έχουν αναγνωρίσει άλλες κατανομές ως πιο κατάλληλες για την εκτίμηση πιθανότητας μηνιαίων βροχοπτώσεων (Linsley et al., 1982; Legates, 1991; Husak et al., 2007). Εντούτοις, πολλά ερευνητικά κέντρα, πανεπιστήμια και οργανισμοί (π.χ. National Drought Mitigation Center, National Agricultural Decision Support System, University of Nebraska - Lincoln) έχουν υιοθετήσει την 2-παραμετρική **Γάμμα κατανομή** για τον υπολογισμό του SPI και επίσης, έχει διανεμηθεί το υπολογιστικό πακέτο για τον SPI (software) με βάση αυτή την κατανομή σε 60 περίπου χώρες (Wu et al., 2007). Αυτή η κατανομή χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα μελέτη. Θα πρέπει να επισημανθεί όμως ότι σύμφωνα με τους Barger et al. (1959) για βροχοπτώσεις πολύ μικρών χρονικών κλιμάκων - της τάξης 1-,2-,3-εβδομάδων - η Γάμμα κατανομή δεν είναι αρκετά αξιόπιστη και το πρόβλημα γίνεται εντονότερο για πολύ ξηρές περιοχές ή εποχές, όταν και έχουμε μεγάλες πιθανότητες μηδενικών βροχοπτώσεων. Το ίδιο πρόβλημα έχει τονιστεί και από τους Lloyd-Hughes and Saunders (2002) και Sonmez et al. (2005). Επομένως, σε αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει να γίνεται προσεκτική χρήση και ερμηνεία του SPI. Μάλιστα, οι Wu et al. (2007) προτείνουν ότι τότε θα πρέπει να δίνεται μεγαλύτερη βαρύτητα στη διάρκεια της ξηρασίας από ότι μόνο τη δριμύτητα.

Ο Thom (1958) απέδειξε ότι τα κλιματικά δεδομένα των βροχοπτώσεων ακολουθούν Γάμμα κατανομή. Η Γάμμα κατανομή είναι από τις πιο διαδεδομένες κατανομές της τεχνικής υδρολογίας. Είναι θετικά ασύμμετρη και ορίζεται μόνο για θετικές τιμές της μεταβλητής (Κουτσογιάννης, 1997). Η συχνότητα ή το κλάσμα της πιθανότητας δίνεται από τη σχέση:

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

Όπου

α >0, α είναι παράμετρος σχήματος (shape)

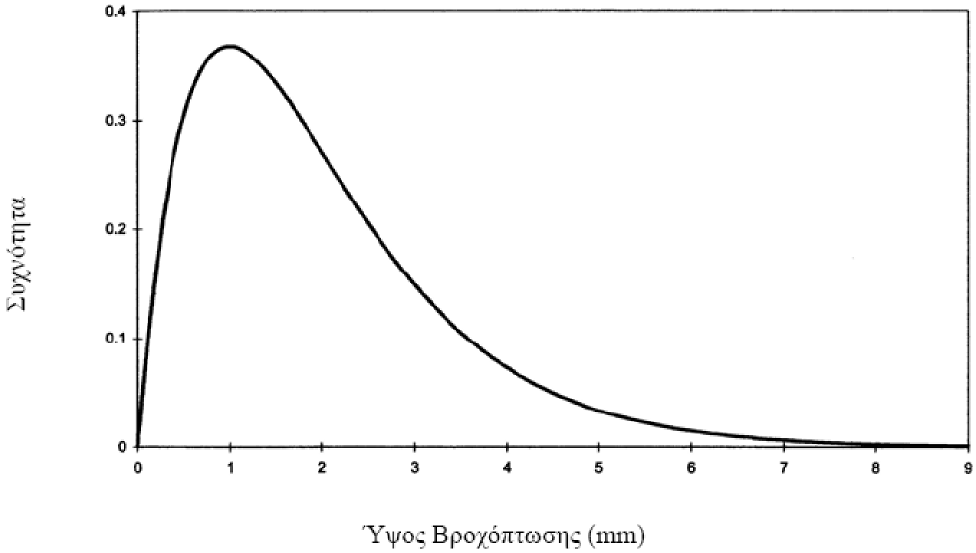
β >0, β είναι παράμετρος κλίμακας (scale)

x >0, x είναι το ποσό βροχόπτωσης

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

Γ(α) είναι η συνάρτηση Γάμμα, που ορίζεται ως:

Η Γάμμα κατανομή έχει 2 παραμέτρους: την παράμετρο σχήματος α και την παράμετρο κλίμακας β. Για α=1 η κατανομή ταυτίζεται με την εκθετική, η οποία είναι ειδική περίπτωση της Γάμμα, ενώ για μεγάλες τιμές του α (πάνω από 15-30) η Γάμμα κατανομή πλησιάζει προς την κανονική (Κουτσογιάννης, 1997).



Σχήμα 6-2: Η μορφή της Γάμμα κατανομής για α=2 και β=1

Πηγή: Αναγνωστοπούλου (2003).

Στο Σχήμα 6-2 απεικονίζεται η κατανομή Γάμμα με παραμέτρους α=2 και β=1. Η κατανομή αυτή είναι ασύμμετρη και το μεγαλύτερο μέρος της βρίσκεται αριστερά και φθίνει σταδιακά, όπως είναι και η κατανομή της συχνότητας της βροχόπτωσης.

Στον υπολογισμό του δείκτη SPI περιλαμβάνεται το κλάσμα της πιθανότητας της κατανομής Γάμμα για το ύψος βροχής κάποιου σταθμού.

Οι παράμετροι α και β του κλάσματος της πιθανότητας της κατανομής Γάμμα υπολογίζονται για κάθε σταθμό ξεχωριστά και για οποιοδήποτε χρονικό διάστημα χρειάζεται (3 μήνες, 12 μήνες, 48 μήνες κ.ο.κ). Σύμφωνα με τον Thom (1958), οι παράμετροι αυτοί υπολογίζονται από τις σχέσεις:

$$\alpha = \frac{1}{4A}\left(1+\sqrt{1+\frac{4A}{3}}\right), \qquad \beta = \frac{\overline{x}}{a},$$

$$\text{όπου} \quad A = \ln(\overline{x}) - \frac{\Sigma \ln(x)}{n}$$

και n είναι το πλήθος τιμών της χρονοσειράς.

Έχοντας ήδη τις χρονοσειρές των μηνιαίων βροχοπτώσεων κάθε σταθμού, για τον υπολογισμό του SPI1month, χρειάστηκε να δημιουργηθούν νέες χρονοσειρές για τον υπολογισμό του SPI3, SPI6, SPI9, SPI12, SPI14 months όπου οι τιμή του κάθε μήνα είναι το άθροισμα της τιμής αυτού του μήνα και των προηγούμενων μηνών. Για παράδειγμα, ο SPI12 months για τον Ιανουάριο του 1981, χρησιμοποιεί για τον υπολογισμό του το άθροισμα των υψών βροχόπτωσης για τους μήνες: Φεβρουάριος 1980 έως και Ιανουάριος 1981. Το ίδιο έγινε για όλους τους υπόλοιπους μήνες, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν οι νέες χρονοσειρές για τους SPI3 – SPI24 months. Έπειτα, χρησιμοποιώντας τις παραπάνω σχέσεις του Thom και μέσω του λογισμικού Excel, υπολογίστηκαν οι παράμετροι α και β για τις 6 χρονοσειρές (1, 3, 6, 9, 12, 24 μηνών) κάθε σταθμού. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι επειδή δεν ορίζεται ο λογάριθμος του 0 και υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις μηδενικής βροχής (x=0), θεωρήθηκε σε αυτές τις περιπτώσεις ότι υπήρξε βροχόπτωση 0,0001 mm, δηλαδή αμελητέα.

Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα των παραμέτρων χρησιμοποιούνται για να βρεθεί μια αθροιστική πιθανότητα ενός γνωστού επεισοδίου βροχής για ένα ορισμένο μήνα και για χρονικό διάστημα που επιθυμείται (3 μήνες, 12 μήνες, 48 μήνες κ.ο.κ) για τον καθορισμένο σταθμό. Η αθροιστική πιθανότητα δίνεται από την σχέση:

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

Για $t = x/\hat{\beta}$ η εξίσωση αυτή παίρνει τη μορφή της ελλιπούς συνάρτησης Γάμμα:

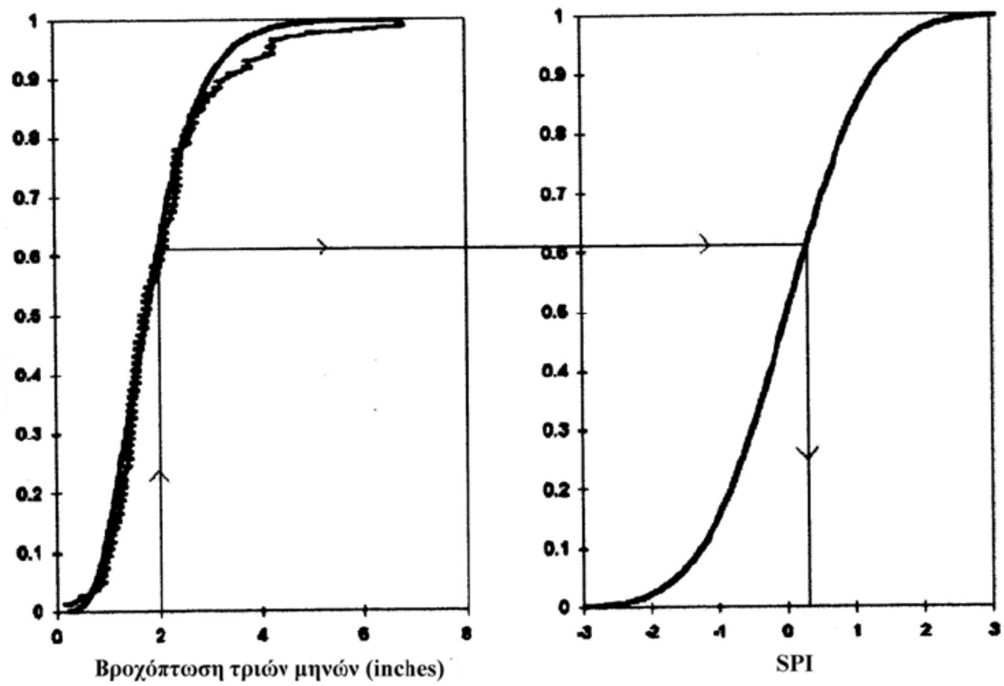
$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})}\int_0^x t^{\hat{a}-1}e^{-t}dt$$

Επειδή η συνάρτηση Γάμμα δεν ορίζεται για x=0, ενώ η κατανομή της βροχής μπορεί να πάρει την τιμή μηδέν, η αθροιστική πιθανότητα παίρνει τελικώς τη μορφή (Lloyd-Hughes, 2002):

$$H(x) = q + (1-q)G(x)$$

όπου q είναι η πιθανότητα εμφάνισης μηδενικής βροχόπτωσης. Εάν m είναι το πλήθος των περιπτώσεων με μηδενική βροχόπτωση κατά τη διάρκεια της χρονοσειράς, τότε ο Thom (1958) έδειξε ότι το q μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση q=m/n. Άλλες προσεγγίσεις για το χειρισμό των μηδενικών βροχοπτώσεων είναι η αντικατάστασή τους από μια πολύ μικρή ποσότητα (π.χ. 1mm) (Loukas and Vasiliades, 2004) ή η χρήση της Poisson-Γάμμα κατανομής αντί της Γάμμα κατανομής, όπως προτείνεται από τους Lana and Burgueno (2000). Εδώ χρησιμοποιήθηκε η προσέγγιση της H(x). Ο Thom (1958) χρησιμοποίησε πίνακες της ελλιπούς συνάρτησης Γάμμα για να ορίσει την αθροιστική πιθανότητα G(x), ενώ αντίθετα οι McKee et al. (1993) ανέπτυξαν κάποιον αλγόριθμο για να καθορίσουν την αθροιστική πιθανότητα. Στην παρούσα εργασία, για την εύρεση της G(x) χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Minitab v.16, έχοντας γνωστές από πριν τις παραμέτρους α (σχήματος) και β (κλίμακας).

Η αθροιστική πιθανότητα, H(x), στη συνέχεια, μετασχηματίζεται σε μία κανονικοποιημένη μεταβλητή z, της οποίας η μέση τιμή είναι μηδέν, ενώ η τυπική απόκλιση ισούται με τη μονάδα. Η τιμή αυτή είναι ο δείκτης SPI. Η μετατροπή αυτή αποτελεί μετατροπή ίσης πιθανότητας σύμφωνα με τους Panofsky and Brier (1958). Οι δύο ερευνητές είχαν τη βασική ιδέα της μετατροπής μιας τιμής από κάποια κατανομή (π.χ. γάμμα κατανομή) σε κατανομή με καθορισμένη μορφή (π.χ. κανονική). Η μετατροπή αυτή γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε η πιθανότητα να υπάρχει μία τιμή μικρότερη από ένα καθορισμένο όριο της πρώτης κατανομής να είναι ίση με την αντίστοιχη πιθανότητα της μετατρεπόμενης κατανομής.



Σχήμα 6-3: Μετατροπή ίσης πιθανότητας από γνωστή κατανομή (Γάμμα κατανομή) σε κανονική κατανομή (SPI). Στο αριστερό διάγραμμα εμφανίζονται ποσά βροχόπτωσης τριών μηνών (σε inches).

Πηγή: Αναγνωστοπούλου (2003)

Η μέθοδος αυτή παρουσιάζεται στο Σχήμα 6-3, όπου το ποσό της βροχόπτωσης για τρεις μήνες (Ιανουάριο μέχρι Μάρτιο) μετατρέπεται σε μία τιμή του SPI με μέση τιμή το μηδέν και τυπική απόκλιση ίση με ένα. Στο αριστερό σχήμα απεικονίζονται οι πραγματικές τιμές της βροχόπτωσης για τους τρεις μήνες (άξονας X) Ιανουάριο μέχρι και Μάρτιο, για το χρονικό διάστημα από 1911 έως 1995. Η διακεκομμένη γραμμή επίσης ορίζει την εμπειρική κατανομή της αθροιστικής πιθανότητας (άξονας Y) για την περίοδο μελέτης. Η εμπειρική αθροιστική πιθανότητα υπολογίζεται όπως προτείνουν οι Panofsky and Brier (1958), όταν τα δεδομένα της βροχόπτωσης τοποθετούνται με αύξουσα σειρά μεγέθους. Η ομαλοποιημένη καμπύλη στο αριστερό διάγραμμα αντιστοιχεί στην κατανομή της αθροιστικής πιθανότητας της κατανομής Γάμμα που ακολουθούν τα δεδομένα της βροχόπτωσης. Η ομαλή καμπύλη στο δεξιό διάγραμμα ορίζει την κατανομή της αθροιστικής πιθανότητας της κανονικοποιημένης μεταβλητής z, χρησιμοποιώντας την ίδια κλίμακα με το αριστερό διάγραμμα, ενώ στον άξονα X βρίσκονται οι κανονικοποιημένες τιμές της μεταβλητής z (ή οι τιμές του δείκτη SPI). Για παράδειγμα, για να βρεθεί η τιμή του δείκτη SPI, που αντιστοιχεί σε 2 ίντσες βροχόπτωσης, ακολουθείται η εξής διαδικασία: Από το αριστερό διάγραμμα βρίσκουμε την τιμή 2 ίντσες στον άξονα των X, φέρουμε παράλληλη προς τον άξονα Y έως την καμπύλη. Από το σημείο αυτό φέρουμε παράλληλη προς τον άξονα X και προεκτείνουμε έως την καμπύλη του δεξιού διαγράμματος. Τέλος, από το σημείο τομής της παράλληλης με την καμπύλη του δεύτερου διαγράμματος φέρουμε κάθετη στον άξονα X με σκοπό να προσδιορίσουμε την τιμή του SPI. Στη περίπτωση αυτή, η τιμή του SPI είναι περίπου +0.3 (Αναγνωστοπούλου, 2003).

Επειδή, όμως, αυτός ο τρόπος μετατροπής είναι επίπονος εφόσον πρέπει να δημιουργηθούν τα αντίστοιχα διαγράμματα για όλους τους σταθμούς, για όλα τα χρονικά διαστήματα και για κάθε μήνα κάθε έτους, η τιμή του SPI είναι πιο εύκολο να υπολογιστεί, χρησιμοποιώντας τις παρακάτω σχέσεις (Edwards and McKee, 1997):

$$z = SPI = -\left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right) \qquad \text{για } 0 < H(x) < 0.5$$

$$z = SPI = +\left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right) \qquad \text{για } 0.5 < H(x) < 1.0$$

όπου

$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(H(x))^2}\right)} \qquad \text{για } 0 < H(x) < 0.5$$

$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(1{,}0 - H(x))^2}\right)} \qquad \text{για } 0.5 < H(x) < 1.0$$

και

$c_o = 2{,}515517$	$c_1 = 0{,}802853$	$c_2 = 0{,}010328$
$d_1 = 1{,}432788$	$d_2 = 0{,}189269$	$d_3 = 0{,}001308$

Οι σχέσεις αυτές χρησιμοποιήθηκαν μέσω του λογισμικού Excel και προέκυψαν οι τιμές του SPI1month και των SPI3, SPI6, SPI9, SPI12, SPI24 months κάθε μήνα για όλους τους σταθμούς. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ο SPI (ή z) αντιστοιχεί σε μια τιμή τυπικής απόκλισης που είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από τη μέση τιμή. Αυτό δεν ισχύει απόλυτα σε μικρές χρονικές κλίμακες, εξαιτίας του γεγονότος ότι τα ύψη βροχοπτώσεων σε αυτή την περίπτωση παρουσιάζουν κάποια λοξότητα.

6.3 Υπολογισμός του Δείκτη WEI (Water Exploitation Index)

Ο δείκτης Water Exploitation Index (WEI) χρησιμοποιείται από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (ΕΟΠ, European Environment Agency) για την επισκόπηση της λειψυδρίας σε πανευρωπαϊκό επίπεδο και οορίζεται ως ο λόγος (%) της συνολικής ετήσιας απόληψης νερού (Total Water Abstraction) προς τη μέση υπερετήσια υπερετήσια διαθεσιμότητα υδατικών πόρων της 20ετίας (LTAA Water Resources Availability) (http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/water-exploitation-index-wei-3)

Με βάση τον δείκτη αυτό έχουν καθοριστεί τα εξής επίπεδα :

- για τιμές του WEI < 20%: δεν υπάρχει πίεση νερού (no water stress)
- για τιμές του WEI 20% - 40%: υπάρχει πίεση νερού (water stress)
- για τιμές του WEI > 40% : υπάρχει σημαντική πίεση νερού (severe water stress)

Πρόσφατα ο ΕΟΠ σε συνεργασία με τη Γ.Γ. Περιβάλλοντος της Ε.Ε. (DG Environment) και το Working Group on Water Scarcity & Drought (WG WSD), τροποποίησαν το δείκτη WEI προτείνοντας τον WEI+. Ο δείκτης αυτός αποτελεί μια βελτίωση του WEI με στόχο να ληφθούν υπόψη οι επιστροφές νερού (returned water) και να επαναπροσδιοριστούν οι κλίμακες πίεσης και τα όρια τους λαμβάνοντας υπόψη την οικολογική παροχή. Η μορφή του δείκτη WEI+. δεν έχει ακόμα οριστικοποιηθεί από το WG WSD and TWG on WEI+. Η τρέχουσα μορφή που προτάθηκε και εγκρίθηκε από τους Water Directors (Μάιος 2012) (http://circa.europa.eu/Members/irc/env/wfd/library?l=/working_groups/scarcity_drought/final_products_wds/development_2012doc/_EN_1.0_&a=i)

είναι ο λόγος (%) της καθαρής απόληψης νερού (συνολική απόληψη μείον επιστροφές νερού) προς τους ανανεώσιμους διαθέσιμους πόρους σε συγκεκριμένο χρονικό βήμα (π.χ. μηνιαίο, ετήσιο):

WEI+ = (TWA – R) / RWR, όπου

TWA (Total Water Abstraction): Συνολική ποσότητα απόληψης νερού από όλους τους καταναλωτές νερού (ύδρευση, βιομηχανία, κτηνοτροφία, γεωργία κ.λ.π.) και από όλα τα υδατικά σώματα (υπόγεια και επιφανειακά) στην περιοχή αναφοράς (π.χ. λεκάνη απορροής, περιοχή λεκάνης απορροής)

R (Returned Water): Όγκος επιστροφών νερού που επιστρέφουν στο συνολικό σύστημα, hm3 (π.χ. νερό που χρησιμοποιείται για ψύξη στη βιομηχανία –cooling water, νερό για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, νερό από επεξεργασμένα λύματα κ.λ.π.)

RWR (Renewable Water Resources): Συνολική ανανεώσιμη ποσότητα νερού που είναι διαθέσιμη, hm3.

Με βάση την εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου σε λεκάνες χωρίς ανθρωπογενείς παρεμβάσεις ισχύει:

$$ExIn + P - Eta - \Delta S = Qnat$$

όπου:

P (Precipitation): Συνολική κατακρήμνιση που πέφτει από την ατμόσφαιρα στην επιφάνεια της γης (βροχή, χιόνι, χαλάζι), hm3

ETa (Actual Evapotranspiration): Ο συνολικός όγκος νερού που εξατμίζεται απευθείας από το έδαφος, τους υγρότοπους και τα φυσικά υδάτινα σώματα και που διαπνέεται από τις φυτοκαλυμμένες επιφάνειες, hm3

ExIn (External Inflow): Συνολική απορροή που εισέρχεται από γειτονικές λεκάνες (επιφανειακά ή υπόγεια), που συνεισφέρουν στο υδατικό δυναμικό (αρνητική για εκροές προς γειτονικές λεκάνες), hm3 .

D (Internal flow): Συνολική επιφανειακή και υπόγεια απορροή στην λεκάνη απορροής που εκφράζεται ως η διαφορά των κατακρημνίσεων με τη πραγματική εξατμοδιαπνοή της λεκάνης απορροής, hm3.

ΔS (Change in Storage): Ο ρυθμός αλλαγής της συνολικής αποθήκευσης νερού σε κάποιο συγκεκριμένο χρονικό βήμα (> 0, εάν η αποθήκευση αυξάνεται) σε όλα τα υδάτινα σώματα (υπόγεια και επιφανειακά), στο έδαφος (ως εδαφική υγρασία) και τους ταμιεύτηρες. Μπορεί να διακριθεί σε ΔSnat (στα φυσικά σώματα) και ΔSart (σε τεχνητούς ταμιευτήρες), hm3.

Qnat (Natural Runoff): Η συνολική απορροή που εκρέει από τα επιφανειακά και υπόγεια σώματα προς γειτονικές λεκάνες ή τη θάλασσα, hm3.

Με βάση τα παραπάνω και σύμφωνα με την εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου, προτείνονται 2 εναλλακτικοί τρόποι υπολογισμού της παραμέτρου RWR στην περίπτωση λεκανών ανεπηρέαστων από ανθρωπογενείς παρεμβάσεις :

Επιλογή 1. $RWR = ExIn + P - Eta - \Delta S$

Επιλογή 2. $RWR = Qnat$

* Στις επιλογές αυτές το ΔS αφορά τα φυσικά υδάτινα σώματα, και το Qnat είναι ίσο με τη παρατηρούμενη φυσική απορροή.

Προκειμένου να εφαρμοστούν οι παραπάνω δύο επιλογές σε λεκάνες όπου έχουν υποστεί αλλαγές λόγω ανθρωπογενών παρεμβάσεων πρέπει η παρατηρούμενη απορροή να αναχθεί στη φυσικοποιημένη. Έτσι, πρέπει η απορροή να διορθωθεί ως προς την κατανάλωση ύδατος (απολήψεις – επιστροφές) και τη διακύμανση της ροής που σχετίζεται με την ταμίευση σε τεχνητούς ταμιευτήρες. Συνεπώς, σε αυτές τις περιπτώσεις οι παραπάνω επιλογές τροποποιούνται ως εξής:

Επιλογή 1. RWR = ExIn + P – Eta – ΔS

Επιλογή 2. RWR = Outfow + (TWA – R) - ΔSart

Σχετικά με την εκτίμηση της παραμέτρου RWR, το TWG προτείνει τη χρήση της επιλογής που κρίνεται από τις χώρες ως πιο κατάλληλη βάση των διαθέσιμων δεδομένων και της ελαχιστοποίησης της αβεβαιότητας. Ορισμένοι περιορισμοί έχουν ήδη αναγνωριστεί:

- Η φυσικοποίηση της απορροής σε σύνθετα συστήματα σε μηνιαίο χρονικό βήμα είναι δύσκολη να επιτευχθεί
- Εάν υπάρχει υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδροφορέων το ποσοστό αυτό πρέπει να αφαιρεθεί από την παράμετρο RWR
- Οι απολήψεις από τους υπόγειους υδροφορείς επιδρούν συχνά στην παροχή των επιφανειακών σωμάτων με χρονική υστέρηση. Έτσι, η φυσικοποίηση της απορροής δεν είναι πάντα ακριβής σε μικρά χρονικά βήματα.
- Η συνολική απορροή που εισέρχεται από ανάντι λεκάνες (επιφανειακά ή/και υπόγεια) πρέπει να εκτιμάται με ιδιαίτερη προσοχή στις διασυνοριακές λεκάνες όταν επιχειρείται φυσικοποίηση της απορροής

Η περιβαλλοντική παροχή πρέπει να συνεκτιμάται στο WEI+. Επειδή όμως στην παρούσα φάση δεν υπάρχει μια εναρμονισμένη μέθοδος υπολογισμού της, το TWG και το WG WSD προτείνουν να μη συμπεριληφθεί στην εξίσωση του δείκτη, αλλά να ληφθεί αντί αυτού υπόψιν στον καθορισμός των σχετικών ορίων / επιπέδων εγρήγορσης.

Τέλος, ο διαχωρισμός του WEI+ για τα υπόγεια και επιφανειακά ύδατα (WEI+_SW, WEI+_GW) θεωρείται ιδιαίτερα χρήσιμος και προτείνεται η διερεύνησή του και η εφαρμογή του όταν υπάρχει δυνατότητα.

Στην παρούσα μελέτη, η υφιστάμενη κατάσταση λειψυδρίας αναλύθηκε με βάση το Δείκτη WEI (Water Exploitation Index) ξεχωριστά για τα επιφανειακά και τα υπόγεια σώματα σε επίπεδο υπολεκάνης (λαμβάνοντας υπόψη την πρόταση του WG WSD περί διαχωρισμού), με βάση τα δεδομένα του διαχειριστικού ομοιώματος MIKE BASIN που είχε αναπτυχθεί σε προγενέστερη μελέτη του ΥΠΑΝ. Η ανάλυση έγινε σε υπερετήσιο χρονικό βήμα, καθώς τα όρια των επιπέδων για το δείκτη WEI+ σε ετήσιο χρονικό βήμα δεν έχουν, όπως προαναφέρθηκε, ακόμα καθοριστεί από το WG WSD.

Ως δείκτης WEI_SW (επιφανειακών) ορίστηκε ο λόγος (επί τοις %) των ετήσιων αναγκών (σε mio m3) που καλύπτονται από τα επιφανειακά ύδατα (≈ καθαρές απολήψεις από τα επιφανειακά ύδατα) προς το μέσο υπερετήσιο επιφανειακό υδατικό δυναμικό (long term annual average –ltaa) (σε mio m^3).

Ως δείκτης WEI_GW (υπογείων) ορίστηκε αντίστοιχα ο λόγος (επί τοις %) των ετήσιων αναγκών (σε mio m3) που καλύπτονται από τα υπόγεια ύδατα (≈ καθαρές απολήψεις από τα υπόγεια ύδατα) προς το μέσο υπερετήσιο υπόγειο υδατικό δυναμικό (long term annual average –ltaa) (σε mio m^3).

Για τιμές του Δείκτη WEI από 0-20% δεν θεωρείται ότι υπάρχουν υδατικές πιέσεις και το υδατικό δυναμικό δύναται να καλύψει τις περιβαλλοντικές ανάγκες. Για τιμές WEI από 20-40% θεωρείται ότι υπάρχουν υδατικές πιέσεις και λειψυδρία, ενώ για τιμές 40-100% υπάρχει σημαντική λειψυδρία. Τέλος, για τιμές > 100% γίνεται επιπλέον υπερεκμετάλλευση.

6.4 Συλλογή και Ανάλυση Δεδομένων

Για τον υπολογισμό του δείκτη SPI χρησιμοποιήθηκαν μηνιαία δεδομένα βροχόπτωσης από τις υπηρεσίες της ΔΕΗ (Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού), του ΥΠΕΚΑ (Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής) και του ΥΠΑΑΤ (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων). Τα διαθέσιμα δεδομένα συλλέχθηκαν από 48 συνολικά μετεωρολογικούς σταθμούς της περιοχής μελέτης για την περίοδο 1980-2010. Από τους 48 σταθμούς, 21 αναλύθηκαν με βάση χρονοσειρές από το υδρολογικό έτος 1980-81 έως 2009-2010, 2 από το υδρολογικό έτος 1998-99 έως 2009-2010, και οι υπόλοιποι 25 αναλύθηκαν με βάση χρονοσειρές από το υδρολογικό έτος 1980-81 έως 2000-2001. Για τον υπολογισμό του Δείκτη SPI χρησιμοποιηθήκαν τελικά 35 σταθμοί. Οι σταθμοί αυτοί επιλέχθηκαν έτσι ώστε να αντιπροσωπεύουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερη έκταση του διαμερίσματος, διαφορετικά υψόμετρα και να έχουν όσο το δυνατό πληρέστερες χρονοσειρές βροχόπτωσης για την περίοδο 1980-2010. Ακολουθεί ο Πίνακας 6-4 με τους σταθμούς του ΥΔ07, ενώ η θέση τους φαίνεται στο Σχήμα 4-1.

Πίνακας 6-4: Οι 48 υδρομετεωρολογικοί σταθμοί του υδατικού διαμερίσματος ΥΔ07

Σταθμός (*n = 48*)	Διαθέσιμη χρονοσειρά (υδρολογικά έτη)		Σταθμός (*n = 48*)	Διαθέσιμη χρονοσειρά (υδρολογικά έτη)	
	από	έως		από	έως
ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ	1980-1981	2009-2010	ΚΑΤΩ ΤΙΘΟΡΕΑ	1980-1981	2009-2010
ΆΜΦΙΣΣΑ	1980-1981	2009-2010	ΚΑΛΛΙΘΕΑ	1980-1981	2009-2010
ΑΚΡΕΣ	1980-1981	2000-2001	ΚΑΛΟΣΚΟΠΗ	1980-1981	2009-2010
ΑΛΜΥΡΟΠΟΤΑΜΟΣ	1980-1981	2009-2010	ΚΑΡΥΣΤΟΣ	1980-1981	2000-2001
ΑΛΙΑΡΤΟΣ	1980-1981	2000-2001	ΚΑΣΤΑΝΙΩΤΙΣΣΑ	1980-1981	2000-2001
ΑΝΤΛ.ΜΟΥΡΙΚΙΟΥ	1980-1981	2000-2001	ΚΗΡΕΑ	1998-1999	2009-2010
ΑΝΩ ΜΠΡΑΛΛΟΣ	1980-1981	2000-2001	ΚΥΜΗ	1980-1981	2000-2001
ΑΝΩ ΠΟΛΥΔΡΟΣΟΣ	1980-1981	2000-2001	Λ.ΥΛΙΚΗΣ	1998-1999	2009-2010
ΑΤΑΛΑΝΤΗ	1980-1981	2000-2001	ΛΑΜΙΑ	1980-1981	2000-2001
ΑΧΙΝΟΣ	1980-1981	2000-2001	ΛΕΙΒΑΔΙΑ	1980-1981	2009-2010
ΓΡΑΒΙΑ	1980-1981	2009-2010	ΛΙΛΑΙΑ*	1980-1981	2009-2010
ΔΑΥΛΕΙΑ	1980-1981	2009-2010	ΜΑΚΡΥΚΑΠΑ	1980-1981	2000-2001
ΔΕΣΦΙΝΑ	1980-1981	2000-2001	ΝΕΟΧΩΡΙ	1980-1981	2000-2001
ΔΙΣΤΟΜΟ	1980-1981	2009-2010	ΠΑΥΛΟΣ	1980-1981	2009-2010
ΔΡΥΜΑΙΑ	1980-1981	2000-2001	ΠΙΤΣΙΩΤΑ	1980-1981	2000-2001
ΔΥΟ ΒΟΥΝΑ	1980-1981	2000-2001	ΠΡΟΚΟΠΙ/ΚΗΡΕΑ	1980-1981	2000-2001
ΕΛΑΤΕΙΑ	1980-1981	2000-2001	ΣΗΜΙΑ	1980-1981	2000-2001
ΕΠΤΑΛΟΦΟΣ	1980-1981	2009-2010	ΣΚΙΑΘΟΣ	1980-1981	2000-2001
ΖΗΛΕΥΤΟ	1980-1981	2009-2010	ΣΚΟΠΕΛΟΣ	1980-1981	2000-2001
ΘΕΟΛΟΓΟΣ	1980-1981	2000-2001	ΣΚΥΡΟΣ	1980-1981	2000-2001
ΘΙΣΒΗ	1980-1981	2009-2010	ΤΑΝΑΓΡΑ	1980-1981	2000-2001
ΙΣΤΙΑΙΑ	1980-1981	2009-2010	ΤΡΙΛΟΦΟ	1980-1981	2009-2010
ΙΤΕΑ	1980-1981	2009-2010	ΤΥΜΦΡΗΣΤΟΣ**	1980-1981	2009-2010
ΚΑΤΩ ΣΤΕΝΗ	1980-1981	2009-2010	ΥΠΑΤΗ	1980-1981	2009-2010

* Από το δείγμα έχουν εξαιρεθεί τα υδρολογικά έτη 2003-04, 2004-05, 2005-06, 2006-07 λόγω εσφαλμένων καταγραφών

** Από το δείγμα έχουν εξαιρεθεί τα υδρολογικά έτη 2005-06, 2006-07 λόγω εσφαλμένων καταγραφών

Σχήμα 6-4: Οι 48 υδρομετεωρολογικοί σταθμοί στο υδατικό διαμέρισμα ΥΔ07

* Με μαύρο χρώμα: Σταθμοί με χρονοσειρές 1980-2010; Με μωβ χρώμα: Σταθμοί με χονοσειρές 1980-2001.

Για τον υπολογισμό του δείκτη WEI χρησιμοποιήθηκαν ετήσια δεδομένα απολήψεων νερού από τα υπόγεια και επιφανειακά σώματα, όπως αυτά υπολογίστηκαν βάση των χρήσεων νερού στο Παραδοτέο 3 «Οικονομική ανάλυση των χρήσεων ύδατος και προσδιορισμός του υφιστάμενου βαθμού ανάκτησης κόστους για τις υπηρεσίες ύδατος» και Παραδοτέο 8 «Ανάλυση ανθρωπογενών πιέσεων και των επιπτώσεών τους στα επιφανειακά και στα υπόγεια υδατικά συστήματα» της Α’ Φάσης της Μελέτης. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα του διαχειριστικού μοντέλου MIKE BASIN που είχε αναπτυχθεί κατά τη Γ΄ Φάση του Έργου «Ανάπτυξη συστημάτων και εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Αττικής, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας & Θεσσαλίας» του Υπουργείου Ανάπτυξης. Τα δεδομένα αυτά αφορούν στις χρήσεις νερού, αλλά κυρίως στον υπολογισμού του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού (επιφανειακού και υπόγειου) σε επίπεδο λεκάνης απορροής και διαχειριστικής λεκάνης του μοντέλου (υπολεκάνες). Στον

Πίνακας 6-5 παρουσιάζονται τα υδρολογικά ισοζύγια των διαχειριστικών λεκανών του μοντέλου MIKE BASIN ανά διαχειριστική λεκάνη, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των αντίστοιχων υδατικών δυναμικών (επιφανειακών και υπογείων)

Πίνακας 6-5: Υδρολογικά Ισοζύγια Διαχειριστικών λεκανών ΥΔ 07 του μοντέλου MIKE BASIN

Διαχειριστική λεκάνη Όνομα	Διαχ. Λεκ. Κωδικός	Επιφάνεια (km2)	Κατακρημνίσεις MSHE (mm/yr)	Πραγμ.Εξατμισο διαπνοή MSHE (mm/yr)	%	Βαθειά Κατείσδυση MBASIN (mm/yr)	%	Επιφανειακή απορροή MBASIN (mm/yr)	%	Τροφοδοσία από υδατορεύματα MBASIN (mm/yr)
Άνω Σπερχειός	0701	237.5	1187.0	510.0	43.0%	217.4	18.3%	435.5	36.7%	
Σπερχειός-Μακρακώμη	0702	398.8	835.0	449.0	53.8%	244.8	29.3%	250.0	29.9%	209.7
Βίστριτσας	0703	287.1	1151.0	513.0	44.6%	390.2	33.9%	253.4	22.0%	
Σπερχειός-Υπάτη	0704	242.4	781.0	474.0	60.7%	172.2	22.0%	141.0	18.1%	449.3
Σπερχειός-Εκβολή	0705	495.0	829.0	487.0	58.7%	231.2	27.9%	117.9	14.2%	222.8
Δριστελλόρεμα-Βέλλιας	0706	296.7	614.0	443.0	72.1%	117	19.1%	58.6	9.5%	
Βασιλάκη-Λοιπά	0707	287.2	637.0	474.0	74.4%	93.5	14.7%	74.9	11.8%	
Πλείστος	0708	636.3	739.0	371.0	50.2%	294.7	39.9%	79.0	10.7%	
Άνω Ρους Β.Κηφισού	0709	444.9	968.0	459.0	47.4%	403	41.6%	111.6	11.5%	
Μέσος Ρους ΒΚηφισού	0710	427.3	750.0	404.0	53.9%	277.5	37.0%	74.1	9.9%	202.5
Πλατανιάς	0711	316.2	630.0	445.0	70.6%	97.1	15.4%	97.2	15.4%	
Ξεριάς	0712	181.4	646.0	452.0	70.0%	100.6	15.6%	100.8	15.6%	
Αταλάντη	0713	421.0	561.0	384.0	68.4%	92	16.4%	92.1	16.4%	
Κ. Ρους Β.Κηφισού	0714	898.1	742.0	391.0	52.7%	306.3	41.3%	50.7	6.8%	137.9
Κωπαϊδικό πεδίο	0715	355.0	619.0	433.3	70.0%	68.1	11.0%	117.6	19.0%	
Άνω Λεκάνη Υλίκης	0716	227.1	497.0	389.0	78.3%	58.2	11.7%	58.3	11.7%	
Κ. Λεκάνη Υλίκης	0717	120.0	483.0	355.0	73.5%	137.9	28.6%	14.1	2.9%	204.1
Παραλίμνη	0718	74.5	494.0	299.0	60.5%	153.6	31.1%	46.5	9.4%	
Κυριάκι-Λοιπά	0719	392.7	735.0	370.0	50.3%	289.9	39.4%	78.1	10.6%	
Περμησσός	0720	394.7	521.0	336.0	64.5%	150.1	28.8%	40.0	7.7%	
Ασωπός	0721	721.2	464.0	391.0	84.3%	44.4	9.6%	37.0	8.0%	
Λοιπά Βοιωτίας	0722	241.1	495.0	390.0	78.8%	61.9	12.5%	51.7	10.4%	
Βόρειος Εύβοια	0723	1180.4	979.0	568.0	58.0%	210.2	21.5%	210.2	21.5%	
Κεντρική Εύβοια	0724	1620.4	966.0	536.0	55.5%	346.2	35.8%	92.3	9.6%	
Νότιος Εύβοια	0725	853.0	822.0	467.0	56.8%	179.8	21.9%	179.8	21.9%	

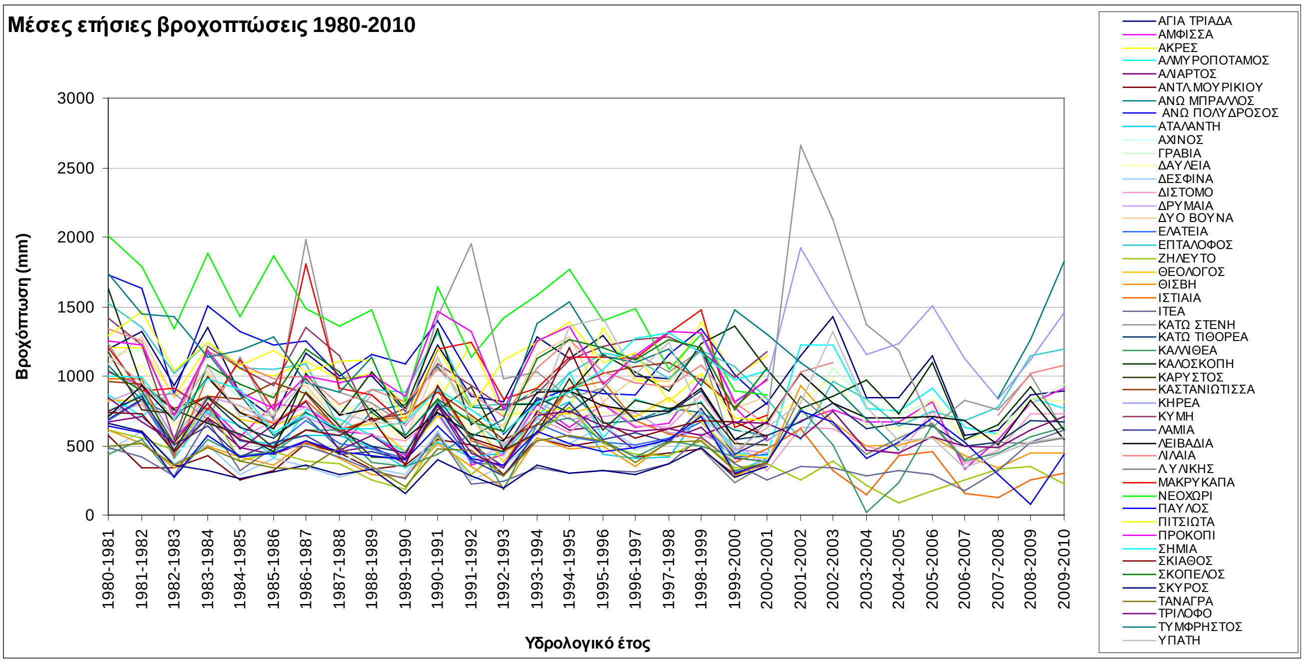
Διαχειριστική λεκάνη Όνομα	Διαχ. Λεκ. Κωδικός	Επιφάνεια (km2)	Κατακρημνίσεις MSHE (mm/yr)	Πραγμ.Εξατμισο διαπνοή MSHE (mm/yr)	%	Βαθειά Κατείσδυση MBASIN (mm/yr)	%	Επιφανειακή απορροή MBASIN (mm/yr)	%	Τροφοδοσία από υδατορεύματα MBASIN (mm/yr)
Σκιάθος	0726	48.5	703.0	524.0	74.5%	60.0	8.5%	126.4	18.0%	
Σκόπελος	0727	96.6	882.0	610.0	69.2%	214.7	24.3%	59.3	6.7%	
Αλόννησος	0728	67.2	882.0	610.0	69.2%	254.6	28.9%	68.4	7.8%	
Σκύρος	0729	210.7	336.0	310.0	92.3%	25.3	7.5%	7.0	2.1%	

7. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΣΤΟ ΥΔ07

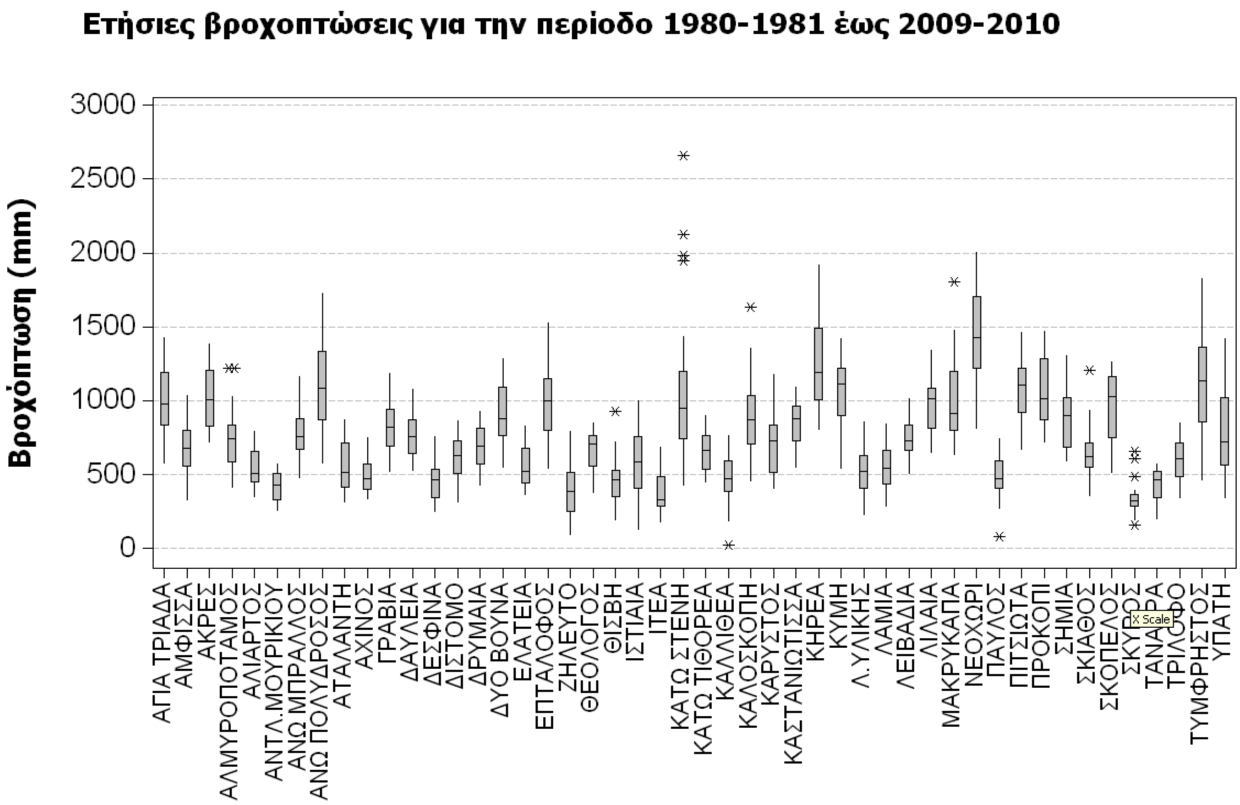
7.1 Ανάλυση Ξηρασίας (ένταση, διάρκεια, συχνότητα εμφάνισης, χωρική κατανομή)

Για μια πρώτη ανίχνευση των ξηρών ετών πραγματοποιήθηκε ανάλυση των μέσων ετήσιων βροχοπτώσεων και των 48 σταθμών. Από το γράφημα των χρονοσειρών (Σχήμα 7-1) φαίνεται εμφανώς ότι οι βροχοπτώσεις παρουσιάζουν συστηματικά ελάχιστες τιμές κατά τα υδρολογικά έτη 1989-90, 1992-93, ενώ παρόμοια τάση παρατηρείται σε κάποιους σταθμούς κατά τα έτη 2003-2004 και 2006-2007. Η διακύμανση και τα στατιστικά χαρακτηριστικά των ετήσιων βροχοπτώσεων ανά σταθμό παρουσιάζονται στο διάγραμμα πλαισίου (boxplot) του Σχήμα 7-2, όπου φαίνονται η μέση τιμή, η διάμεσος, το $1^{ο}$ και $3^{ο}$ τεταρτημόριο και τα κάτω και άνω όρια για κάθε χρονοσειρά, ενώ η συχνότητα εμφάνισης των διαφόρων υψών βροχόπτωσης αναλύεται στα ιστογράμματα του Σχήμα 7-3 και Σχήμα 7-4. Χαμηλές ετήσιες βροχοπτώσεις (της τάξης των 400 mm) είναι συχνές στην περιοχή, ενώ υψηλές βροχοπτώσεις (της τάξης των 1600 mm) δεν παρατηρούνται συχνά.

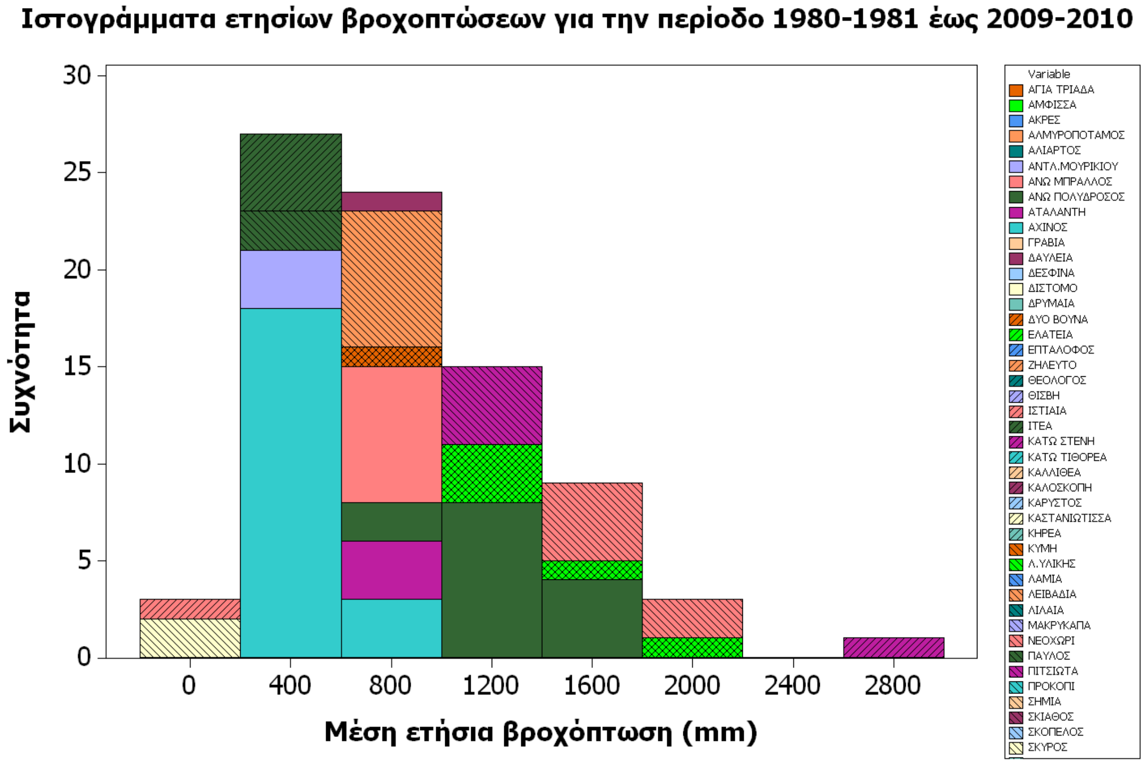
Τα χαρακτηριστικά μεγέθη ετήσιων βροχοπτώσεων των βροχομετρικών σταθμών του ΥΔ07 εμφανίζονται στον Πίνακας 7-1, όπου αναγράφονται και οι ελάχιστες παρατηρημένες τιμές για κάθε σταθμό καθώς και το έτος κατά το οποίο παρατηρήθηκε η ελάχιστη αυτή τιμή. Στον ίδιο πίνακα αναγράφονται και τα έτη κατά τα οποία παρατηρήθηκαν τιμές βροχόπτωσης μικρότερες της μέσης τιμής μειωμένης κατά 1.5 φορά την τυπικά απόκλιση [P < (Pmean – 1.5*Pst.dev)], τα οποία θεωρούνται ως ξηρά έτη. Τέλος, στο Σχήμα 7-6 εμφανίζονται οι 35 σταθμοί (χωρικά κατανεμημένοι) που χρησιμοποιήθηκαν τελικά στην ανάλυση με τις αντίστοιχες μέσες υπερετήσιες βροχοπτώσεις του.



Σχήμα 7-1: Χρονοσειρές μέσης ετήσιας βροχόπτωσης για τους 48 σταθμούς του ΥΔ07

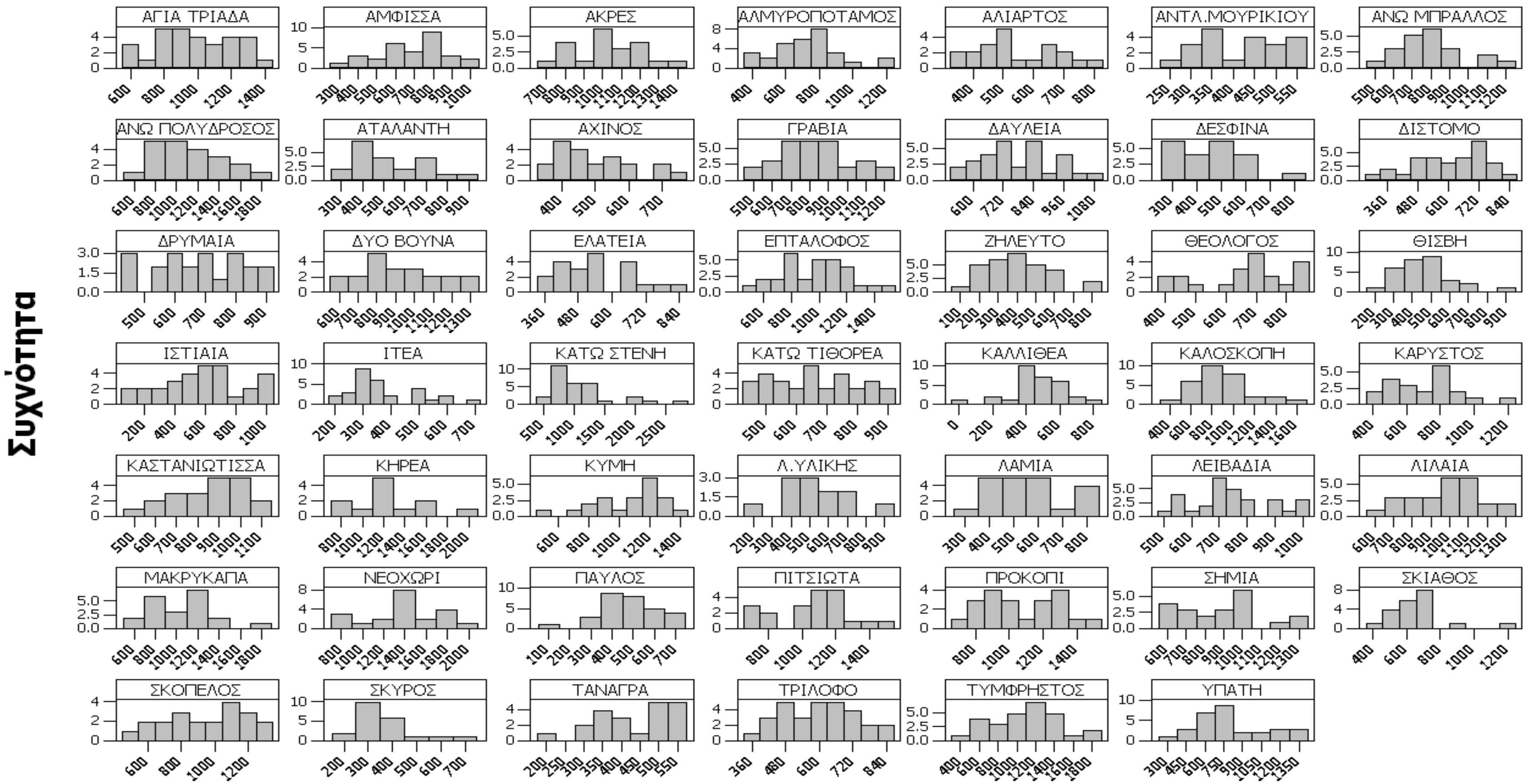


Σχήμα 7-2: Στατιστικά χαρακτηριστικά μέσων ετήσιων βροχοπτώσεων για τους 48 σταθμούς του ΥΔ07 για χρονοσειρές της περιόδου 1980-2010



Σχήμα 7-3: Ιστόγραμμα μέσων ετήσιων βροχοπτώσεων για τους 48 σταθμούς του ΥΔ07

Ιστογράμματα ετησίων βροχοπτώσεων για την περίοδο 1980-1981 έως 2009-2010



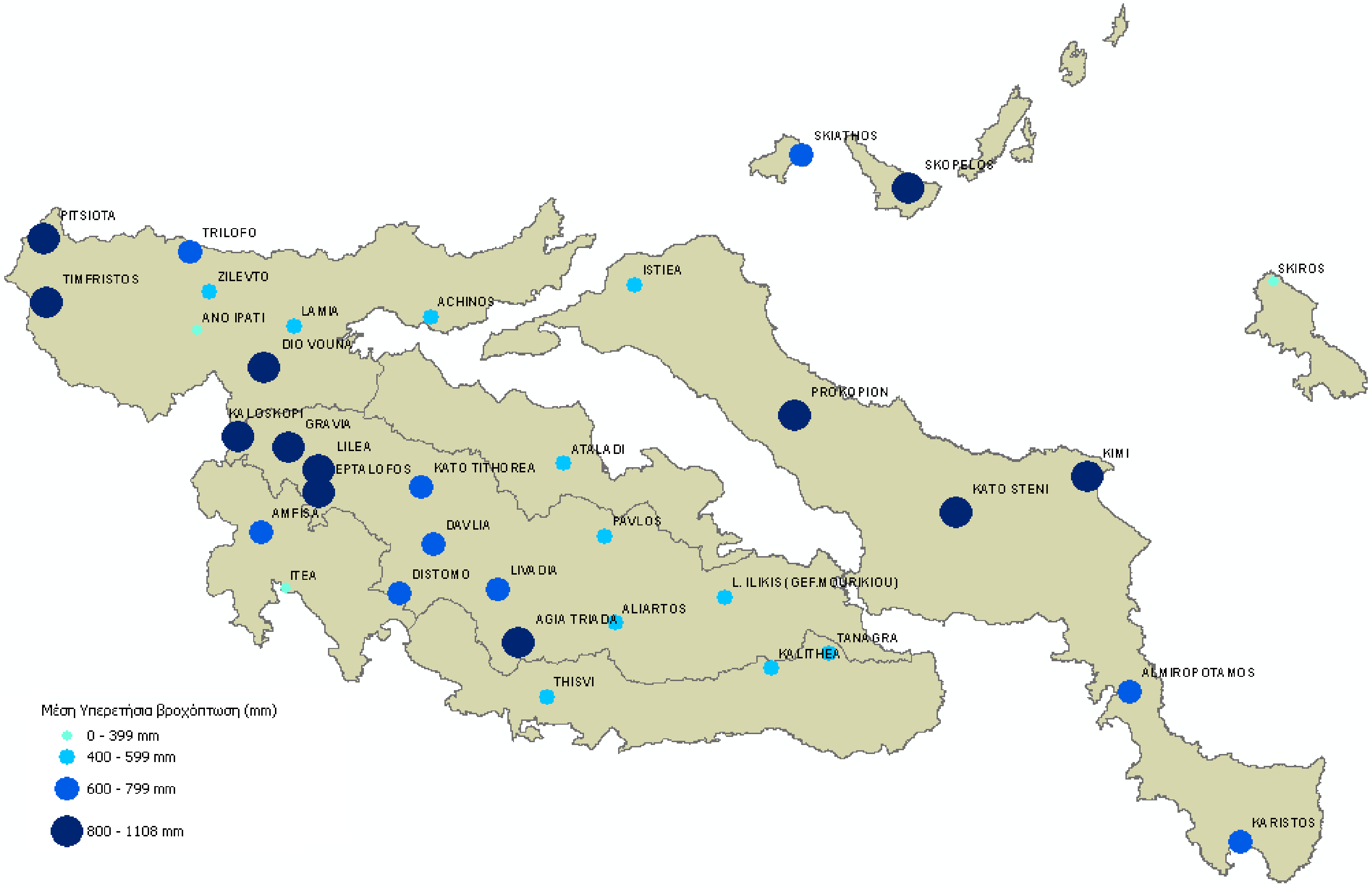
Σχήμα 7-4: Ιστογράμματα μέσης ετήσιας βροχόπτωσης για καθένα από τους 48 σταθμούς του ΥΔ07, για την περίοδο 1980-2010

Πίνακας 7-1: Χαρακτηριστικά μεγέθη ετήσιων βροχοπτώσεων των βροχομετρικών σταθμών του ΥΔ07

Σταθμός *(n = 48)*	Διαθέσιμη χρονοσειρά (υδρολογικά έτη)		Μέση ετήσια βροχόπτωση P (mean)	Τυπική απόκλιση P (st.dev)	Ελάχιστη ετήσια βροχόπτωση P (min)	Υδρολογικό έτος με την ελάχιστη βροχόπτωση	Αριθμός ετών με βροχόπτωση P< (mean - 1.5*st.dev)	Ξηρά έτη (έτη με βροχόπτωση P< mean - 1.5*st.dev)		
	από	έως	(mm)	(mm)	(mm)					
ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ	1980-1981	2009-2010	962	291	575	2006-2007	2	2006-2007	2007-2008	
ΆΜΦΙΣΣΑ	1980-1981	2009-2010	670	216	326	2006-2007	2	2006-2007	1991-1992	
ΑΚΡΕΣ	1980-1981	2000-2001	1024	198	719	1992-1993	1	1992-1993		
ΑΛΜΥΡΟΠΟΤΑΜΟΣ	1980-1981	2009-2010	733	204	411	1985-1986	2	1985-1986	2000-2001	
ΑΛΙΑΡΤΟΣ	1980-1981	2000-2001	544	130	348	1992-1993	1	1992-1993		
ΑΝΤΛ.ΜΟΥΡΙΚΙΟΥ	1980-1981	2000-2001	420	98	256	1984-1985	1	1984-1985		
ΑΝΩ ΜΠΡΑΛΛΟΣ	1980-1981	2000-2001	780	173	479	1987-1988	1	1987-1988		
ΑΝΩ ΠΟΛΥΔΡΟΣΟΣ	1980-1981	2000-2001	1119	295	578	1992-1993	1	1992-1993		
ΑΤΑΛΑΝΤΗ	1980-1981	2000-2001	542	161	315	1999-2000	0			
ΑΧΙΝΟΣ	1980-1981	2000-2001	500	118	333	1989-1990	0			
ΓΡΑΒΙΑ	1980-1981	2009-2010	829	175	520	2000-2001	2	2000-2001	2006-2007	
ΔΑΥΛΕΙΑ	1980-1981	2009-2010	771	148	529	1989-1990	2	1989-1990	2006-2007	
ΔΕΣΦΙΝΑ	1980-1981	2000-2001	450	135	253	1991-1992	0			
ΔΙΣΤΟΜΟ	1980-1981	2009-2010	613	140	316	2000-2001	3	2000-2001	2006-2007	1991-1992
ΔΡΥΜΑΙΑ	1980-1981	2000-2001	682	151	425	1992-1993	2	1992-1993	2000-2001	
ΔΥΟ ΒΟΥΝΑ	1980-1981	2000-2001	922	210	552	1989-1990	1	1989-1990		
ΕΛΑΤΕΙΑ	1980-1981	2000-2001	553	135	362	1992-1993	0			
ΕΠΤΑΛΟΦΟΣ	1980-1981	2009-2010	979	234	545	2001-2002	1	2001-2002		
ΖΗΛΕΥΤΟ	1980-1981	2009-2010	401	168	91	2004-2005	1	2004-2005		
ΘΕΟΛΟΓΟΣ	1980-1981	2000-2001	661	145	377	1992-1993	3			
ΘΙΣΒΗ	1980-1981	2009-2010	463	148	196	1992-1993	1	1992-1993		
ΙΣΤΙΑΙΑ	1980-1981	2009-2010	582	260	127	2007-2008	3	1992-1993	2000-2001	1999-2000
ΙΤΕΑ	1980-1981	2009-2010	376	124	178	2006-2007	1	2006-2007		
ΚΑΤΩ ΣΤΕΝΗ	1980-1981	2009-2010	1086	506	425	1999-2000	0			

Σταθμός *(n = 48)*	Διαθέσιμη χρονοσειρά (υδρολογικά έτη)		Μέση ετήσια βροχόπτωση P (mean)	Τυπική απόκλιση P (st.dev)	Ελάχιστη ετήσια βροχόπτωση P (min)	Υδρολογικό έτος με την ελάχιστη βροχόπτωση	Αριθμός ετών με βροχόπτωση P< (mean - 1.5*st.dev)	Ξηρά έτη (έτη με βροχόπτωση P< mean - 1.5*st.dev)		
	από	έως	(mm)	(mm)	(mm)					
ΚΑΤΩ ΤΙΘΟΡΕΑ	1980-1981	2009-2010	660	137	447	1989-1990	1	1989-1990		
ΚΑΛΛΙΘΕΑ	1980-1981	2009-2010	472	159	23	2003-2004	3	2003-2004	1992-1993	2004-2005
ΚΑΛΟΣΚΟΠΗ	1980-1981	2009-2010	896	267	457	1985-1986	1	1985-1986		
ΚΑΡΥΣΤΟΣ	1980-1981	2000-2001	704	200	410	1989-1990	0			
ΚΑΣΤΑΝΙΩΤΙΣΣΑ	1980-1981	2000-2001	850	153	548	1992-1993	2	1992-1993	1987-1988	
ΚΗΡΕΑ	1998-1999	2009-2010	1244	320	807	1999-2000	0			
ΚΥΜΗ	1980-1981	2000-2001	1057	231	541	1982-1983	2	1982-1983	1988-1989	
Λ.ΥΛΙΚΗΣ	1998-1999	2009-2010	519	160	231	1999-2000	1	1999-2000		
ΛΑΜΙΑ	1980-1981	2000-2001	561	152	283	1992-1993	1	1992-1993		
ΛΕΙΒΑΔΙΑ	1980-1981	2009-2010	740	142	507	2007-2008	1	2007-2008		
ΛΙΛΑΙΑ*	1980-1981	2009-2010	975	184	647	2000-2001	2	2000-2001	1982-1983	
ΜΑΚΡΥΚΑΠΑ	1980-1981	2000-2001	1029	291	634	1999-2000	0			
ΝΕΟΧΩΡΙ	1980-1981	2000-2001	1426	339	814	1989-1990	0			
ΠΑΥΛΟΣ	1980-1981	2009-2010	484	147	80	2008-2009	1	2008-2009		
ΠΙΤΣΙΩΤΑ	1980-1981	2000-2001	1067	225	672	1989-1990	3	1989-1990	2000-2001	1999-2000
ΠΡΟΚΟΠΙ	1980-1981	2000-2001	1072	228	719	1982-1983	1	1982-1983		
ΣΗΜΙΑ	1980-1981	2000-2001	883	217	591	1985-1986	0			
ΣΚΙΑΘΟΣ	1980-1981	2000-2001	645	179	357	1989-1990	1	1989-1990		
ΣΚΟΠΕΛΟΣ	1980-1981	2000-2001	949	237	514	1982-1983	2	1982-1983	1989-1990	
ΣΚΥΡΟΣ	1980-1981	2000-2001	346	117	157	1989-1990	1	1989-1990		
ΤΑΝΑΓΡΑ	1980-1981	2000-2001	426	100	202	1989-1990	1	1989-1990		
ΤΡΙΛΟΦΟ	1980-1981	2009-2010	604	133	339	1992-1993	1	1992-1993		
ΤΥΜΦΡΗΣΤΟΣ**	1980-1981	2009-2010	1108	347	465	2004-2005	3	2004-2005	1991-1992	1989-1990
ΥΠΑΤΗ	1980-1981	2009-2010	802	293	342	2006-2007	1	2006-2007		

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Με μαύρο χρώμα: Σταθμοί με χρονοσειρές μέχρι το 2010; Με μπλε χρώμα: Σταθμοί με χρονοσειρές μέχρι το 2001
* Από το δείγμα έχουν εξαιρεθεί τα υδρολογικά έτη 2003-04, 2004-05, 2005-06, 2006-07 λόγω εσφαλμένων καταγραφών
** Από το δείγμα έχουν εξαιρεθεί τα υδρολογικά έτη 2005-06, 2006-07 λόγω εσφαλμένων καταγραφών



Σχήμα 7-5: Μέση υπερετήσια βροχόπτωσης για τους 35 επιλεγμένους σταθμούς του ΥΔ07 που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση.

Με βάση την παραπάνω ανάλυση και όπως φαίνεται στους Πίνακες 7-2 και 7-3, η ελάχιστη τιμή της ετήσιας βροχόπτωσης καταγράφηκε στους περισσότερους σταθμούς κατά τα υδρολογικά έτη 1989-90 και 1992-93. Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι το έτος 2006-07 είχε επίσης σημαντικές καταγραφές ελάχιστων βροχοπτώσεων αλλά το πλήθος των σταθμών ήταν μικρότερο καθώς μόνο 23 σταθμοί είχαν χρονοσειρές που κάλυπταν και αυτό το χρονικό διάστημα. Με βάση το χαρακτηρισμό των ξηρών ετών ως αυτά που έχουν τιμή ετήσιας βροχόπτωσης μικρότερη της μέσης τιμής μειωμένης κατά 1.5 φορές την τυπική απόκλιση [P < (Pmean – 1.5*Pst.dev)] όπως προαναφέρθηκε, ως **ξηρά έτη** χαρακτηρίστηκαν στους περισσότερους σταθμούς τα υδρολογικά έτη **1989-90**, **1992-93**, **2000-01**, **2004-05** και **2006-08**.

Πίνακας 7-2: Υδρολογικά έτη κατά τα οποία καταγράφηκαν οι ελάχιστες ετήσιες βροχοπτώσεις, πλήθος και ποσοστό σταθμών που κατέγραψαν την ελάχιστη ετήσια βροχόπτωση κατά τα έτη αυτά.

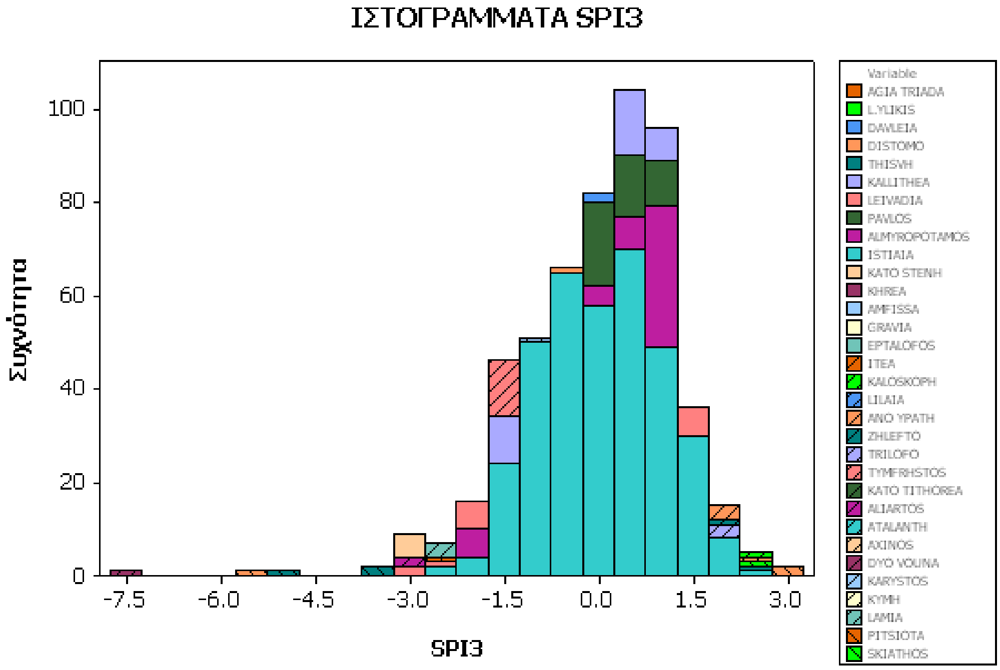
Υδρολογικό έτος	Πλήθος σταθμών	Ποσοστό σταθμών
1989-1990	10	21%
1992-1993	10	21%
2006-2007	4	17%
1999-2000	5	10%
2004-2005	2	9%
2007-2008	2	9%
1982-1983	3	6%
1985-1986	3	6%
2000-2001	3	6%
2001-2002	1	4%
2003-2004	1	4%
2008-2009	1	4%
1984-1985	1	2%
1987-1988	1	2%
1991-1992	1	2%

Πίνακας 7-3: Ξηρά έτη: Υδρολογικά έτη κατά τα οποία καταγράφηκαν ετήσιες βροχοπτώσεις με P < (Pmean – 1.5*Pst.deviation), πλήθος και ποσοστό σταθμών που κατέγραψαν τέτοιες τιμές κατά τα έτη αυτά.

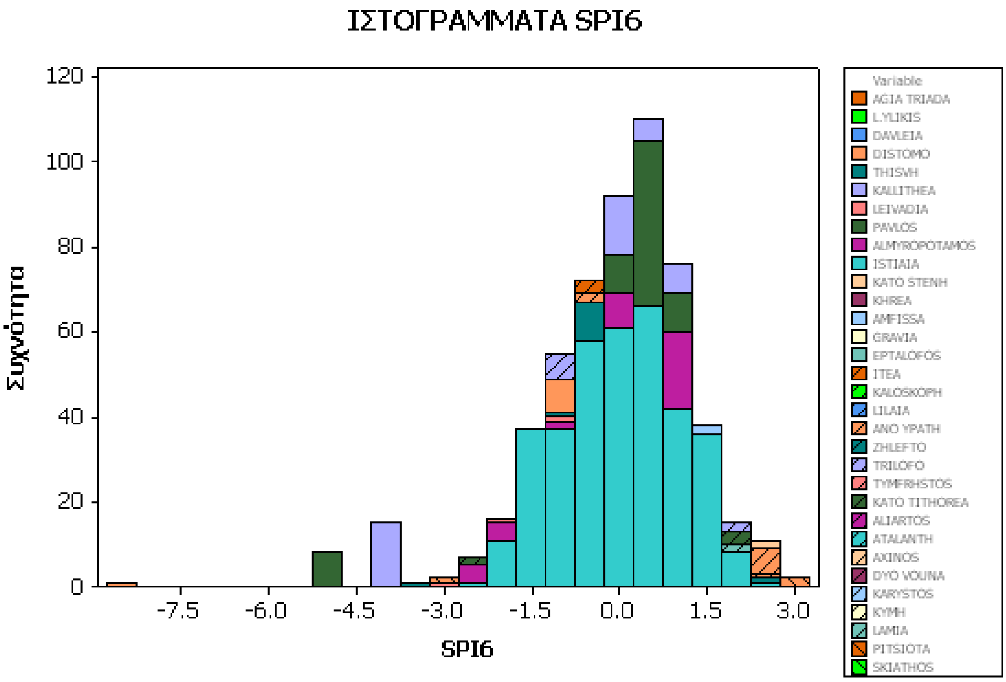
Υδρολογικό έτος	Πλήθος σταθμών	Ποσοστό σταθμών
2006-2007	7	30%
1992-1993	10	21%
1989-1990	9	19%
2000-2001	7	15%
2004-2005	3	13%
2007-2008	2	9%
1982-1983	4	8%
1991-1992	3	6%
1999-2000	3	6%
1985-1986	2	4%
1987-1988	2	4%
2001-2002	1	4%
2003-2004	1	4%
2008-2009	1	4%
1984-1985	1	2%
1988-1989	1	2%

- Ανάλυση Ξηρασίας με βάση τους Δείκτες SPI3, SPI6, SPI9, SPI12

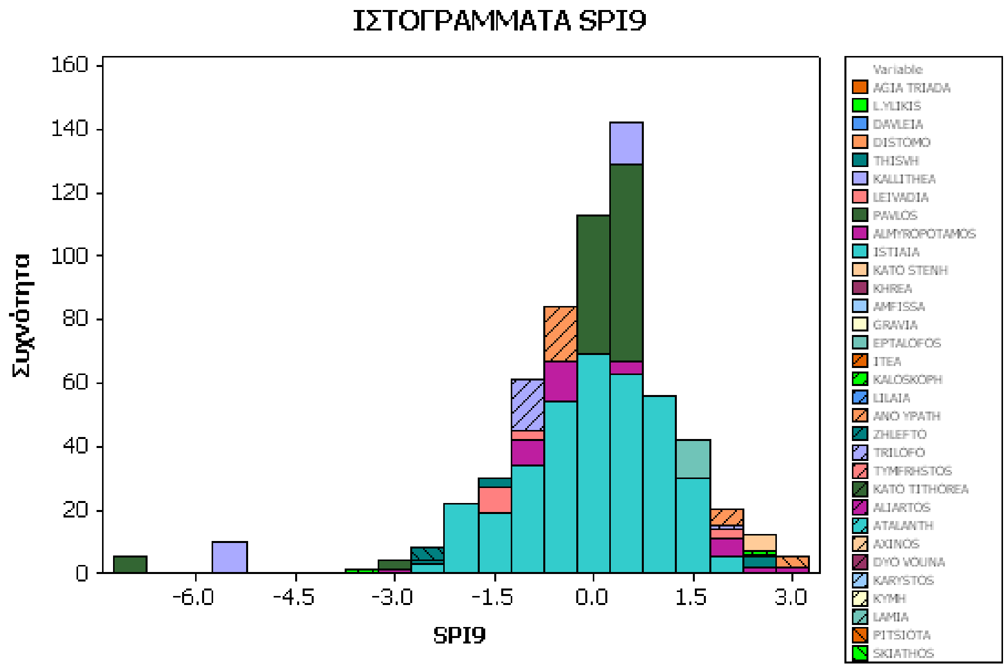
Για την πληρέστερη κατανόηση και ανάλυση της ξηρασίας στο ΥΔ07 υπολογίστηκε για καθένα από τους 35 επιλεγμένους σταθμούς (23 σταθμοί με δεδομένα 1980-2010 και 12 σταθμοί με δεδομένα 1980-2001) ο Δείκτης SPI για χρονικά βήματα 3, 6, 9, 12, 24 μηνών σε κυλιόμενη μηνιαία βάση με μεταβλητή τη σημειακή βροχόπτωση σε κάθε σταθμό. Οι υπολογισμένες χρονοσειρές του SPI για τα διάφορα χρονικά βήματα παρατίθενται στα αντίστοιχα διαγράμματα του Παραρτήματος Ι, ενώ τα ιστογράμματα που παρουσιάζουν τη συχνότητα εμφάνισης των διαφόρων τιμών του Δείκτη SPI για τα διάφορα χρονικά βήματα (3, 6, 9, 12, 24 μηνών) παρατίθενται στο Σχήμα 7-6 - Σχήμα 7-10.



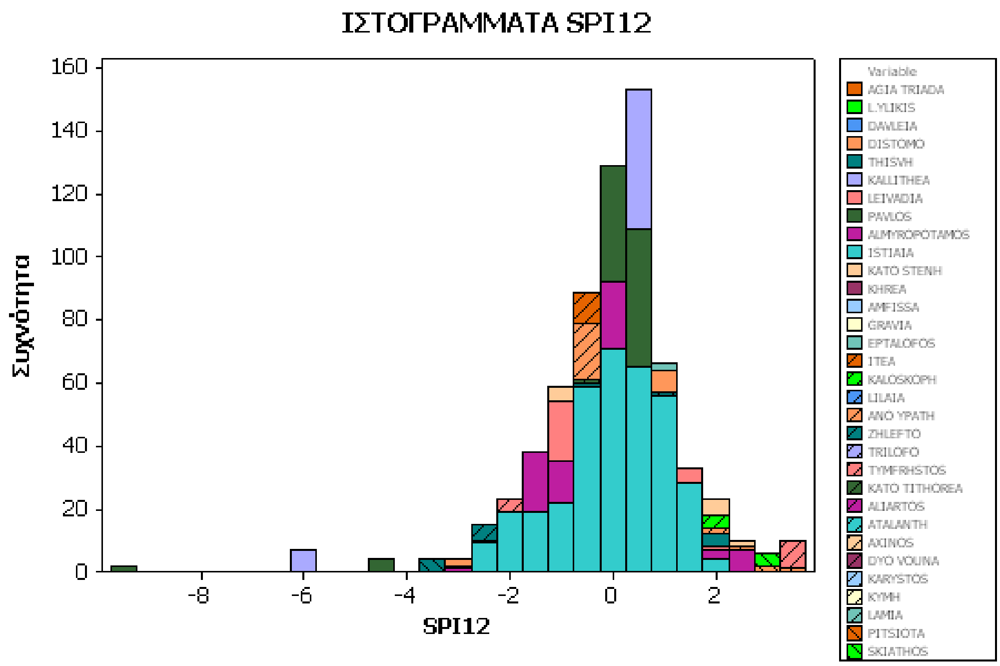
Σχήμα 7-6: Ιστογράμματα SPI3 για την περίοδο 1980-2010



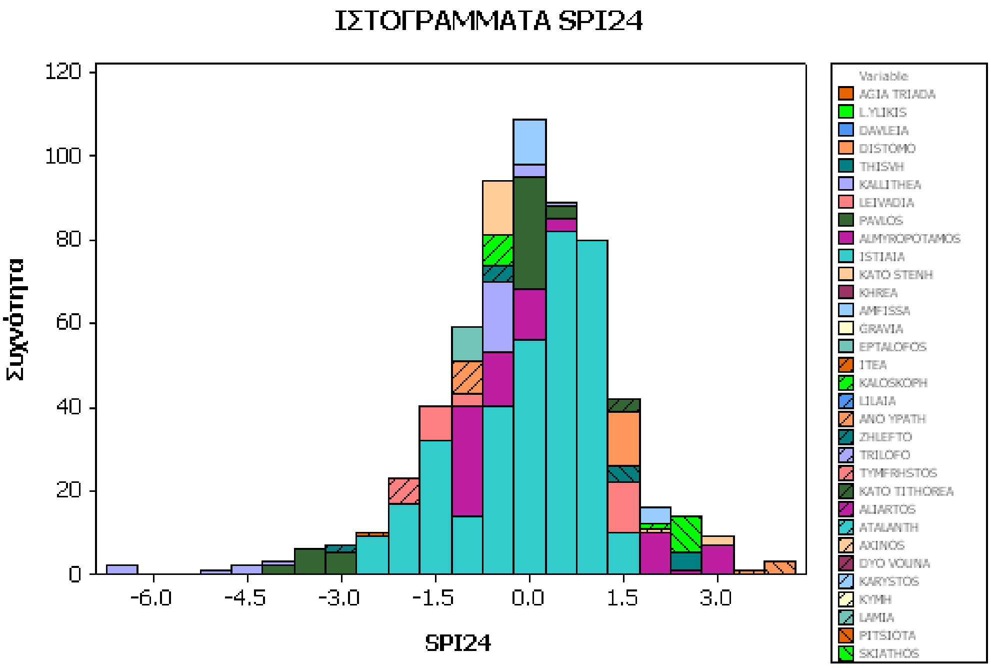
Σχήμα 7-7: Ιστογράμματα SPI6 για την περίοδο 1980-2010



Σχήμα 7-8: Ιστογράμματα SPI9 για την περίοδο 1980-2010



Σχήμα 7-9: Ιστογράμματα SPI12 για την περίοδο 1980-2010



Σχήμα 7-10: Ιστογράμματα SPI24 για την περίοδο 1980-2010

Σύμφωνα με την ανάλυση του Δείκτη SPI παρουσιάζεται ακολούθως το πλήθος των μηνών ανά σταθμό που παρουσίασαν ξηρασία, σημαντική ξηρασία και εξαιρετική ξηρασία σε κάθε χρονικό βήμα του Δείκτη SPI (Πίνακας 7-4 και 7-5). Κατά μέσο όρο περίπου 8-9% των μηνών παρουσιάζουν ξηρασία με βάση όλα τα χρονικά βήματα του Δείκτη SPI, 4-5% των μηνών σημαντική ξηρασία και 3% εξαιρετική ξηρασία.

Πίνακας 7-4: Πλήθος μηνών που παρουσίασαν ξηρασία για τα διάφορα χρονικά βήματα του Δείκτη SPI, στους 23 σταθμούς με παρατηρήσεις για την περίοδο 1980-2010.

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΗΝΩΝ ΜΕ ΞΗΡΑΣΙΑ -1.49 ≤ SPI ≤ -1.0	ΠΛΗΘΟΣ ΜΗΝΩΝ ΜΕ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΞΗΡΑΣΙΑ -1.99 ≤ SPI ≤ -1.5	ΠΛΗΘΟΣ ΜΗΝΩΝ ΜΕ ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΗ ΞΗΡΑΣΙΑ SPI ≤ -2.0
ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ	SPI3	26	17	12
AGIA TRIADA	SPI6	36	19	8
	SPI9	34	12	8
	SPI12	32	21	10
	SPI24	24	18	11
ΑΛΜΥΡΟΠΟΤΑΜΟΣ	SPI3	24	13	0
ALMYROPOTAMOS	SPI6	32	18	12
	SPI9	30	16	11
	SPI12	32	29	5
	SPI24	30	11	10
ΑΜΦΙΣΣΑ	SPI3	34	13	6
AMFISSA	SPI6	40	15	5
	SPI9	42	17	5
	SPI12	22	22	12
	SPI24	7	16	19
ΑΝΩ ΥΠΑΤΗ	SPI3	33	15	10
ANO YPATH	SPI6	33	13	7
	SPI9	36	17	3
	SPI12	28	17	3
	SPI24	34	16	7
ΓΡΑΒΙΑ	SPI3	43	11	13
GRAVIA	SPI6	29	20	10
	SPI9	20	16	7
	SPI12	23	19	9
	SPI24	19	18	14
ΔΑΥΛΕΙΑ	SPI3	14	5	8
DAVLEIA	SPI6	46	9	12
	SPI9	31	22	9
	SPI12	33	18	12
	SPI24	16	28	9
ΔΙΣΤΟΜΟ	SPI3	26	10	4
DISTOMO	SPI6	39	8	4
	SPI9	20	18	12
	SPI12	27	15	11
	SPI24	27	25	10
ΕΠΤΑΛΟΦΟΣ	SPI3	43	13	6
EPTALOFOS	SPI6	31	20	7
	SPI9	27	18	9
	SPI12	41	7	10
	SPI24	62	13	5
ΖΗΛΕΥΤΟ	SPI3	28	14	7
ZHLEFTO	SPI6	26	26	4
	SPI9	26	12	16

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΗΝΩΝ ΜΕ ΞΗΡΑΣΙΑ -1.49 ≤ SPI ≤ -1.0	ΠΛΗΘΟΣ ΜΗΝΩΝ ΜΕ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΞΗΡΑΣΙΑ -1.99 ≤ SPI ≤ -1.5	ΠΛΗΘΟΣ ΜΗΝΩΝ ΜΕ ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΗ ΞΗΡΑΣΙΑ SPI ≤ -2.0
	SPI12	17	8	20
	SPI24	15	15	12
ΘΙΣΒΗ	SPI3	24	9	7
THISVH	SPI6	37	15	7
	SPI9	26	17	10
	SPI12	16	12	17
	SPI24	24	13	10
ΙΣΤΙΑΙΑ	SPI3	30	13	5
ISTIAIA	SPI6	38	25	4
	SPI9	21	18	16
	SPI12	25	12	22
	SPI24	20	20	20
ΙΤΕΑ	SPI3	26	16	6
ITEA	SPI6	45	17	2
	SPI9	34	20	3
	SPI12	27	24	2
	SPI24	36	19	0
ΚΑΛΛΙΘΕΑ	SPI3	34	0	0
KALLITHEA	SPI6	10	0	15
	SPI9	1	7	10
	SPI12	5	0	14
	SPI24	6	3	11
ΚΑΛΟΣΚΟΠΗ	SPI3	29	10	5
KALOSKOPH	SPI6	36	10	9
	SPI9	30	12	7
	SPI12	35	7	9
	SPI24	10	14	12
ΚΑΤΩ ΣΤΕΝΗ	SPI3	33	3	10
KATO STENH	SPI6	36	16	6
	SPI9	25	15	6
	SPI12	32	9	2
	SPI24	34	5	0
ΚΑΤΩ ΤΙΘΟΡΕΑ	SPI3	31	11	6
KATO TITHOREA	SPI6	35	15	10
	SPI9	30	19	7
	SPI12	39	10	13
	SPI24	23	15	13
ΚΗΡΕΑ/ΠΡΟΚΟΠΙΟΝ *	SPI3	11	13	4
KHREA/PROKOPION *	SPI6	12	11	3
	SPI9	11	8	5
	SPI12	11	8	5
	SPI24	12	12	3
ΛΙΛΑΙΑ	SPI3	38	14	9
LILAIA	SPI6	33	19	6
	SPI9	31	12	7

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΗΝΩΝ ΜΕ ΞΗΡΑΣΙΑ -1.49 ≤ SPI ≤ -1.0	ΠΛΗΘΟΣ ΜΗΝΩΝ ΜΕ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΞΗΡΑΣΙΑ -1.99 ≤ SPI ≤ -1.5	ΠΛΗΘΟΣ ΜΗΝΩΝ ΜΕ ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΗ ΞΗΡΑΣΙΑ SPI ≤ -2.0
	SPI12	25	14	11
	SPI24	22	17	8
ΛΕΙΒΑΔΙΑ	SPI3	31	24	10
LEIVADIA	SPI6	35	24	6
	SPI9	29	20	7
	SPI12	49	15	7
	SPI24	39	18	6
Λ. ΥΛΙΚΗΣ *	SPI3	13	3	3
L.YLIKIS *	SPI6	12	9	4
	SPI9	9	8	3
	SPI12	12	7	3
	SPI24	13	3	8
ΠΑΥΛΟΣ	SPI3	7	20	0
PAVLOS	SPI6	8	0	13
	SPI9	5	1	9
	SPI12	2	2	10
	SPI24	6	3	21
ΤΡΙΛΟΦΟ	SPI3	25	17	10
TRILOFO	SPI6	42	14	7
	SPI9	38	14	7
	SPI12	23	24	7
	SPI24	31	24	8
ΤΥΜΦΡΗΣΤΟΣ	SPI3	24	36	0
TYMFRHSTOS	SPI6	30	16	6
	SPI9	28	15	11
	SPI12	18	10	21
	SPI24	18	21	15

Περίοδος αναφοράς 10/1980 - 12/2010

* Περίοδος αναφοράς 01/1997 - 12/2011

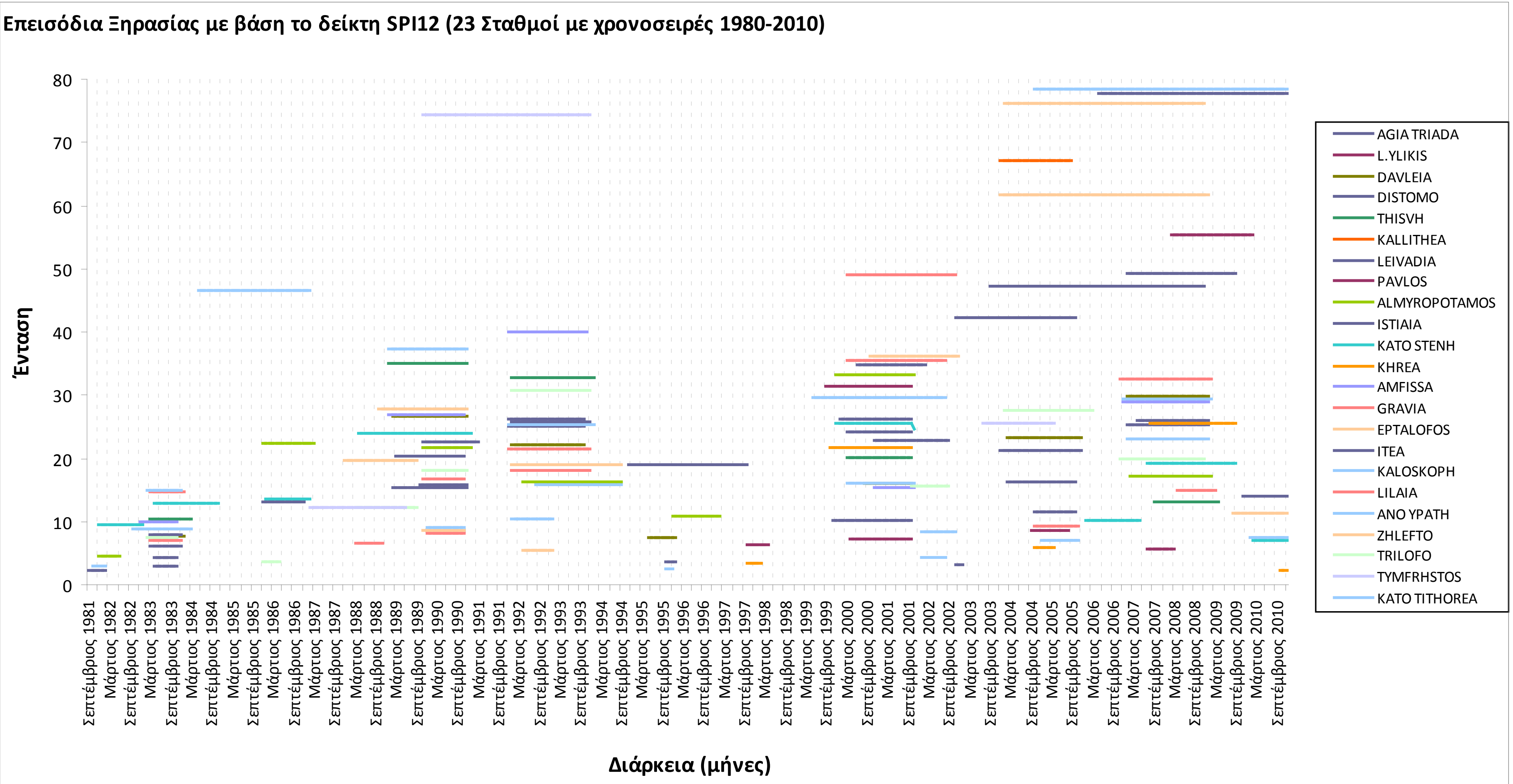
Πίνακας 7-5: Πλήθος μηνών που παρουσίασαν ξηρασία για τα διάφορα χρονικά βήματα του Δείκτη SPI, στους 12 σταθμούς με παρατηρήσεις για την περίοδο 1980-2001.

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΗΝΩΝ ΜΕ ΞΗΡΑΣΙΑ -1.49 ≤ SPI ≤ -1.0	ΠΛΗΘΟΣ ΜΗΝΩΝ ΜΕ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΞΗΡΑΣΙΑ -1.99 ≤ SPI ≤ -1.5	ΠΛΗΘΟΣ ΜΗΝΩΝ ΜΕ ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΗ ΞΗΡΑΣΙΑ SPI ≤ -2.0
ΑΛΙΑΡΤΟΣ	SPI3	13	16	8
ALIARTOS	SPI6	27	12	6
	SPI9	27	14	3
	SPI12	16	16	6
	SPI24	18	15	7
ΑΤΑΛΑΝΤΗ	SPI3	18	17	6
ATALANTH	SPI6	19	12	5
	SPI9	27	8	4
	SPI12	22	10	4
	SPI24	37	14	0
ΑΧΙΝΟΣ	SPI3	25	12	5
AXINOS	SPI6	22	14	6
	SPI9	24	7	6
	SPI12	25	9	7
	SPI24	23	13	2
ΔΥΟ ΒΟΥΝΑ	SPI3	18	7	6
DYO VOYNA	SPI6	20	11	6
	SPI9	20	10	7
	SPI12	19	6	8
	SPI24	22	10	7
ΚΑΡΥΣΤΟΣ	SPI3	40	3	3
KARYSTOS	SPI6	25	16	4
	SPI9	23	10	7
	SPI12	36	14	2
	SPI24	27	5	11
ΚΥΜΗ	SPI3	26	13	7
KYMH	SPI6	22	13	7
	SPI9	17	13	9
	SPI12	29	9	10
	SPI24	27	7	7
ΛΑΜΙΑ	SPI3	15	10	10
LAMIA	SPI6	19	10	6
	SPI9	27	13	3
	SPI12	18	13	6
	SPI24	24	8	10
ΠΙΤΣΙΟΤΑ	SPI3	23	11	8
PITSIOTA	SPI6	28	11	5
	SPI9	22	8	8
	SPI12	19	12	12
	SPI24	29	1	11
ΣΚΙΑΘΟΣ	SPI3	37	13	2
SKIATHOS	SPI6	24	8	8
	SPI9	13	8	8

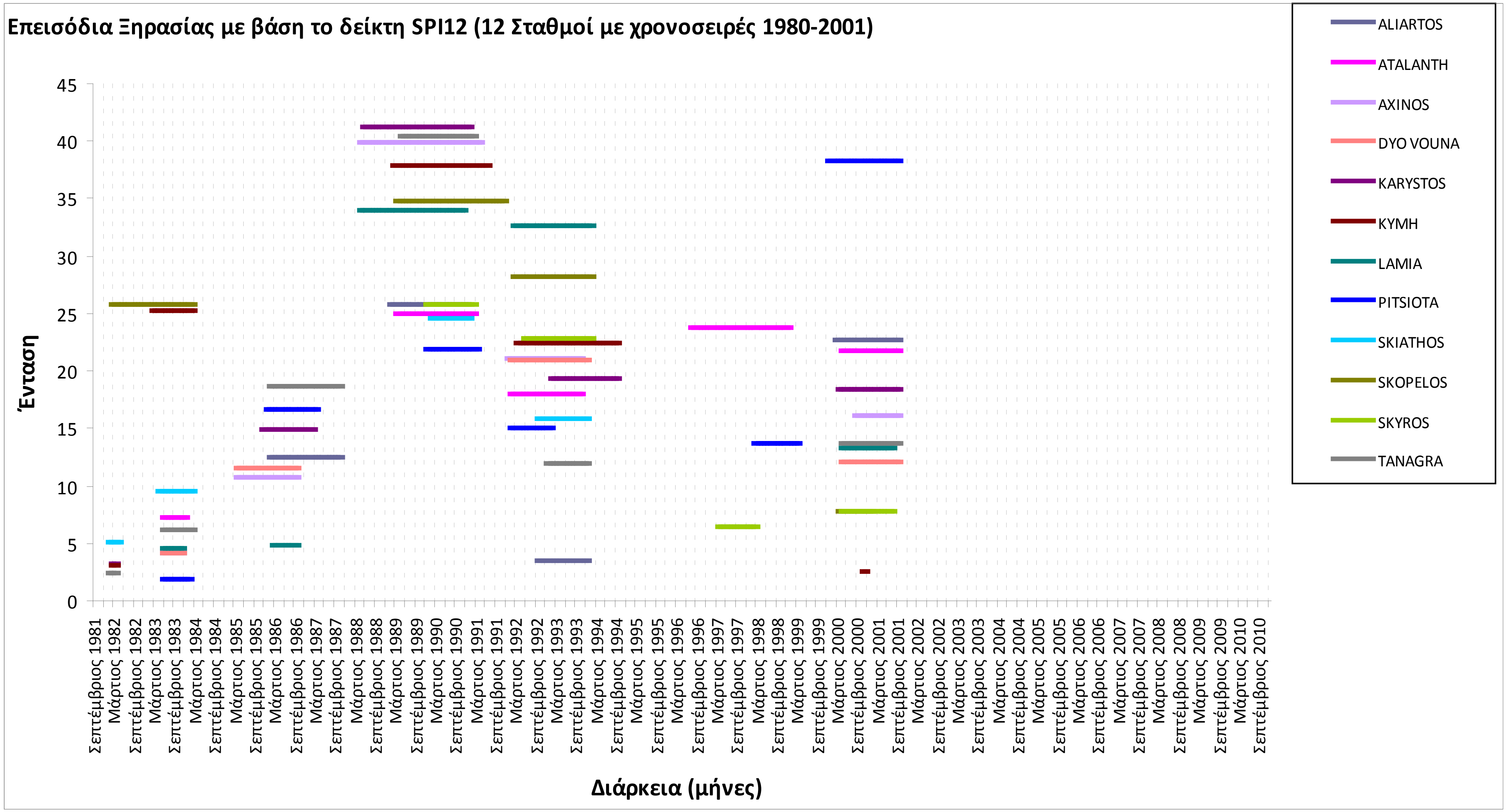
ΣΤΑΘΜΟΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΜΗΝΩΝ ΜΕ ΞΗΡΑΣΙΑ -1.49 ≤ SPI ≤ -1.0	ΠΛΗΘΟΣ ΜΗΝΩΝ ΜΕ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΞΗΡΑΣΙΑ -1.99 ≤ SPI ≤ -1.5	ΠΛΗΘΟΣ ΜΗΝΩΝ ΜΕ ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΗ ΞΗΡΑΣΙΑ SPI ≤ -2.0
	SPI12	20	9	4
	SPI24	22	5	1
ΣΚΟΠΕΛΟΣ	SPI3	37	13	0
SKOPELOS	SPI6	21	15	5
	SPI9	22	17	5
	SPI12	25	18	5
	SPI24	26	18	3
ΣΚΥΡΟΣ	SPI3	24	12	3
SKYROS	SPI6	23	12	4
	SPI9	21	9	7
	SPI12	15	5	7
	SPI24	14	6	2
ΤΑΝΑΓΡΑ	SPI3	15	9	9
TANAGRA	SPI6	30	9	7
	SPI9	14	6	14
	SPI12	17	3	11
	SPI24	18	6	12

Περίοδος αναφοράς 10/1980 - 09/2001

Σύμφωνα με τον ορισμό του Δείκτη SPI, ως χρόνος έναρξης ενός επεισοδίου ξηρασίας ορίζεται η χρονική στιγμή (μήνας στη παρούσα ανάλυση) όπου ο Δείκτης SPI έλαβε αρνητική τιμή, και έφτασε στη συνέχεια την τιμή τουλάχιστον -1 τους ακόλουθους μήνες, χωρίς να λάβει ενδιάμεσα καμία θετική τιμή. Σαν χρόνος λήξης του επεισοδίου θεωρείται ο μήνας όπου παρατηρήθηκε η πρώτη θετική τιμή. Στην περίπτωση που ο Δείκτης SPI λαμβάνει αρνητικές τιμές για κάποιους συνεχόμενους μήνες χωρίς όμως να φτάνει την τιμή -1 (αρνητικές τιμές μικρότερες του -1) τότε το επεισόδιο αυτό δεν θεωρείται ξηρασία, είναι απλά μια περίοδος ξηρότερη από τη μέση κατάσταση. Οι διάφορες χρονικές κλίμακες του Δείκτης SPI χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό διαφορετικών τύπων ξηρασίας. Έτσι, τα μικρά χρονικά κατώφλια (1, 3 μήνες) είναι χρήσιμα στην ανίχνευση μετεωρολογικής και αγροτικής ξηρασίας (που σχετίζεται με την εδαφική υγρασία), ενώ για τον προσδιορισμό της υδρολογικής ξηρασίας χρησιμοποιούνται μεγαλύτερα χρονικά κατώφλια (12, 24 μήνες). Ακόμα μεγαλύτερα κατώφλια χρησιμοποιούνται για την ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων στα υπόγεια ύδατα (π.χ. 36 μηνών) καθώς τα υπόγεια συστήματα συχνά ανταποκρίνονται με μεγάλη υστέρηση. Τέλος, ενδιάμεσα χρονικά κατώφλια (6, 9 μήνες) είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε διαχειριστικό-επιχειρησιακό επίπεδο και στην πρόγνωση των φαινομένων ώστε να προγραμματιστεί η έγκαιρη λήψη αποφάσεων και μέτρων. Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης, αφού αναλύθηκαν όλα τα παραπάνω χρονικά κατώφλια (3, 6, 9, 12, 24 μήνες), επιλέχθηκε ο SPI12 μηνών για να καθοριστεί η υδρολογική ξηρασία, ενώ οι SPI3, SPI6, SPI9 αναλύθηκαν με σκοπό την πρόγνωση/πρόβλεψη μελλοντικών επεισοδίων. Η διάρκεια των επεισοδίων ξηρασίας με βάση το Δείκτη SPI12 για κάθε σταθμό της περιοχής μελέτης παρουσιάζεται στο Σχήμα 7-11 (23 σταθμοί με χρονοσειρές 1980-2010) και Σχήμα 7-12 (12 σταθμοί με χρονοσειρές 1980-2001). Στο Σχήματα αυτά παρουσιάζεται επιπλέον το μέγεθος (drought magnitude, DM) των επεισοδίων ξηρασίας. Το μέγεθος DM ορίζεται ως η απόλυτη τιμή του αθροίσματος της χρονοσειράς SPI κατά τους μήνες που διήρκεσε το κάθε επεισόδιο ξηρασίας. Παρατηρούμε ότι κύρια επεισόδια ξηρασίας 1989-90, 1992-93 και 2000-01 παρουσίασαν μέγιστα μεγέθη της τάξης των 45, ενώ τα επεισόδια ξηρασίας 2003-05 και 2007-08 παρουσίασαν μεγαλύτερα μεγέθη, με μέγιστα περί τα 80, και σε ορισμένους σταθμούς συνεννοηθήκαν σε παρατεταμένα επεισόδια που διήρκησαν όλη την περίοδο 2003-2008. Σχετικά με τη διάρκεια των επεισοδίων, στους περισσότερους σταθμούς τα κύρια επεισόδια έχουν μέγιστη διάρκεια περί τους 30 μήνες, ενώ παρατηρούνται σε κάποιους σταθμούς και επεισόδια με διάρκειες 50-70 μήνες κατά την τελευταία δεκαετία.



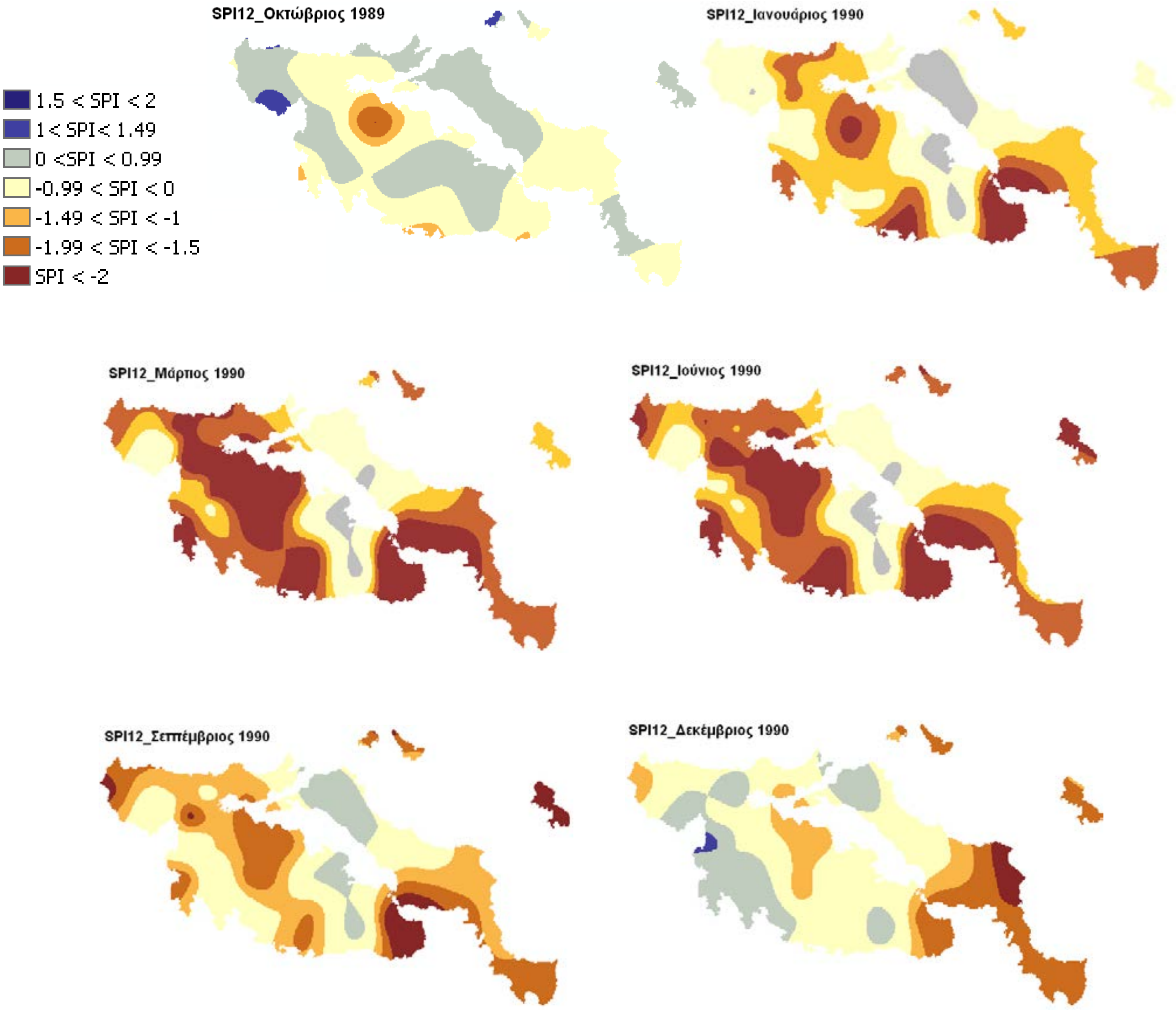
Σχήμα 7-11: Επεισόδια Ξηρασίας με βάση το δείκτη SPI12 (23 Σταθμοί με χρονοσειρές 1980-2010)



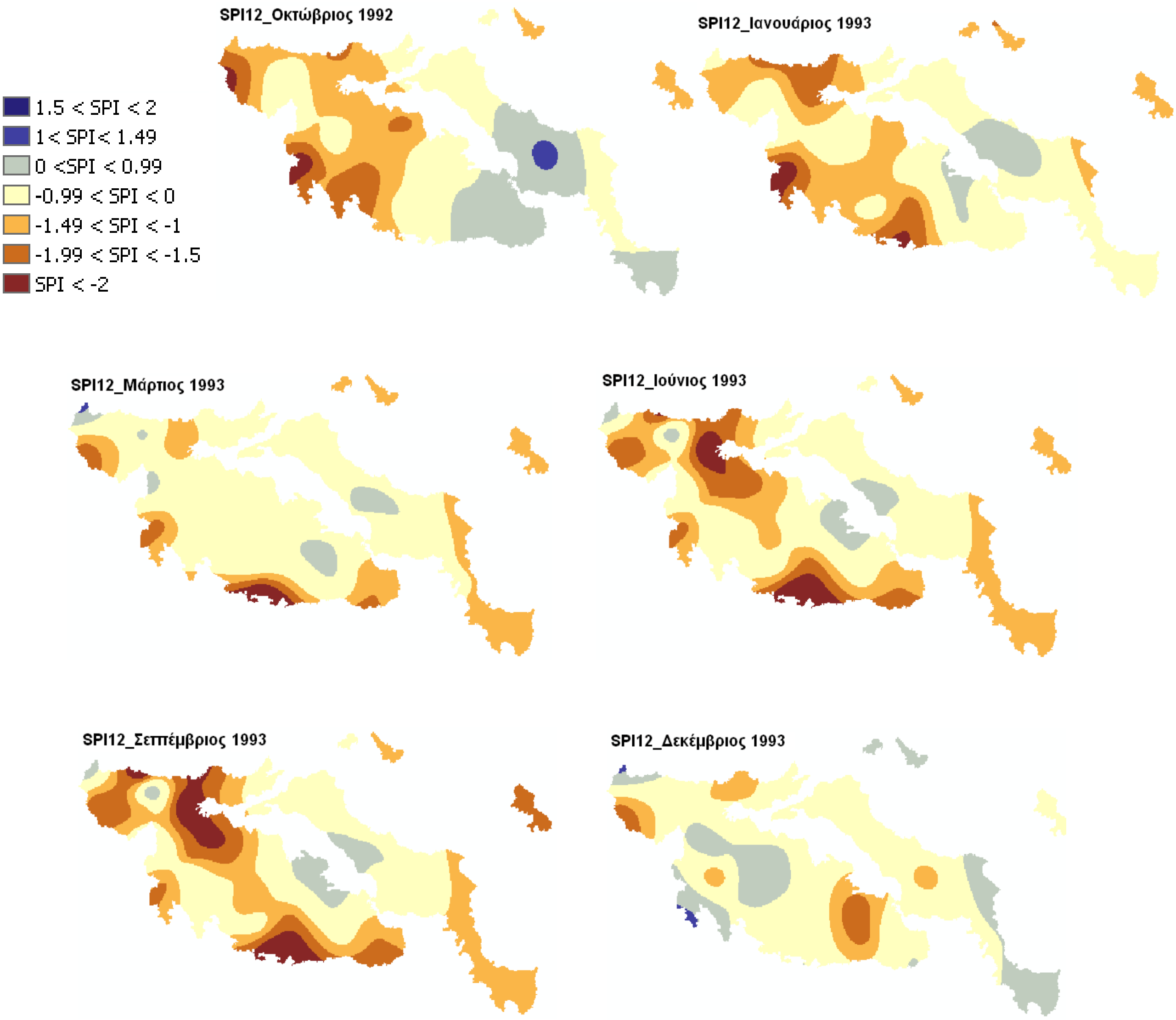
Σχήμα 7-12: Επεισόδια Ξηρασίας (διάρκεια και ένταση) με βάση το δείκτη SPI12 (12 Σταθμοί με χρονοσειρές 1980-2001)

- Χαρτογράφηση των κυριότερων επεισοδίων ξηρασίας με βάση το Δείκτη SPI12

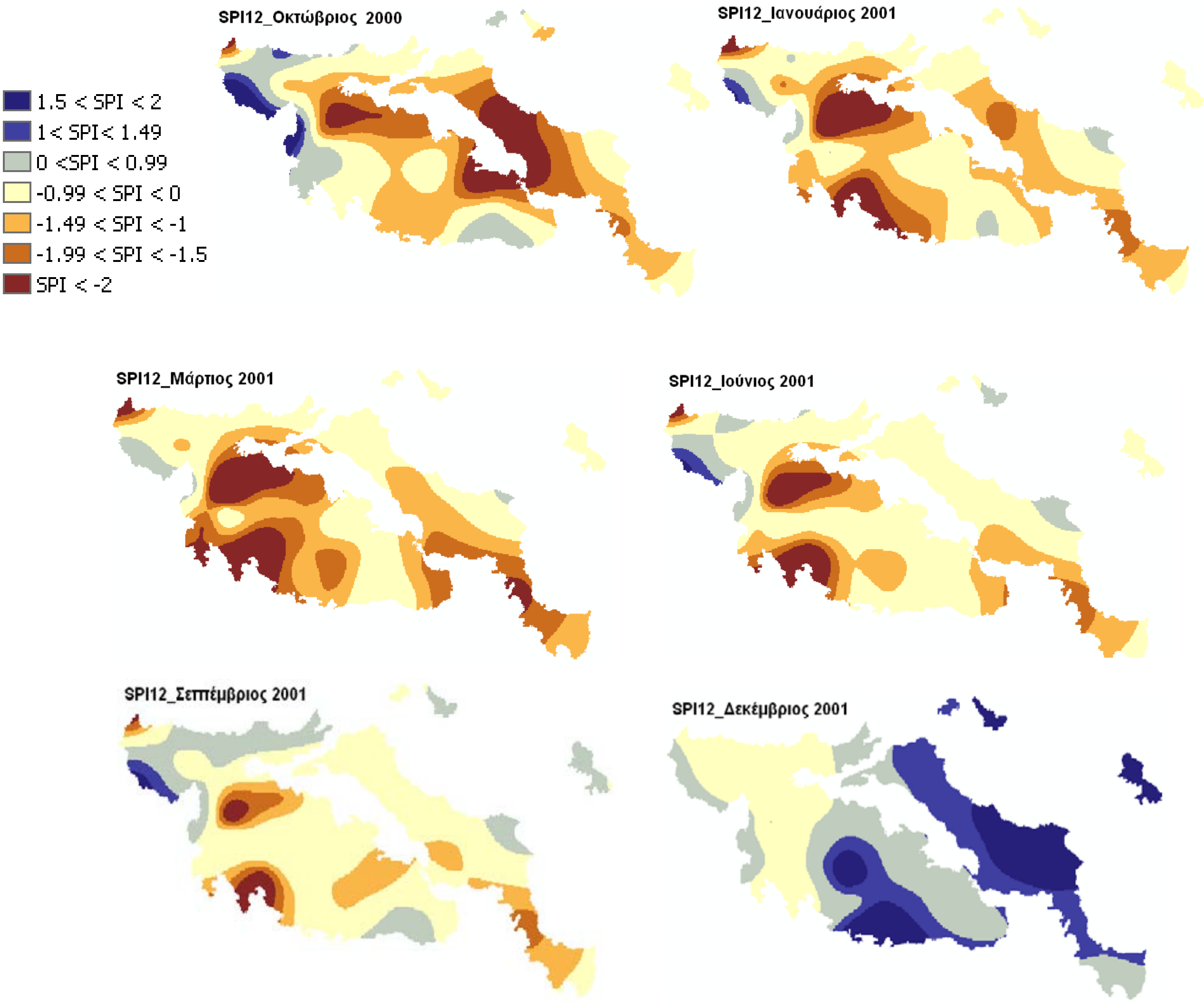
Για την πληρέστερη κατανόηση της χωρικής κατανομής των επεισοδίων ξηρασίας έγινε επιφανειακή ολοκλήρωση του Δείκτη SPI12 όπως αυτός υπολογίστηκε για τους 35 σταθμούς, σε περιβάλλον ΓΣΠ, για τα κύρια επεισόδια ξηρασίας που καθορίστηκαν σε προηγουμένη ενότητα με σκοπό τη χαρτογράφησή τους και την ανίχνευση περιοχών υψηλής τρωτότητας . Ενδεικτικά παρατίθενται αποτελέσματα από τα κύρια επεισόδια.



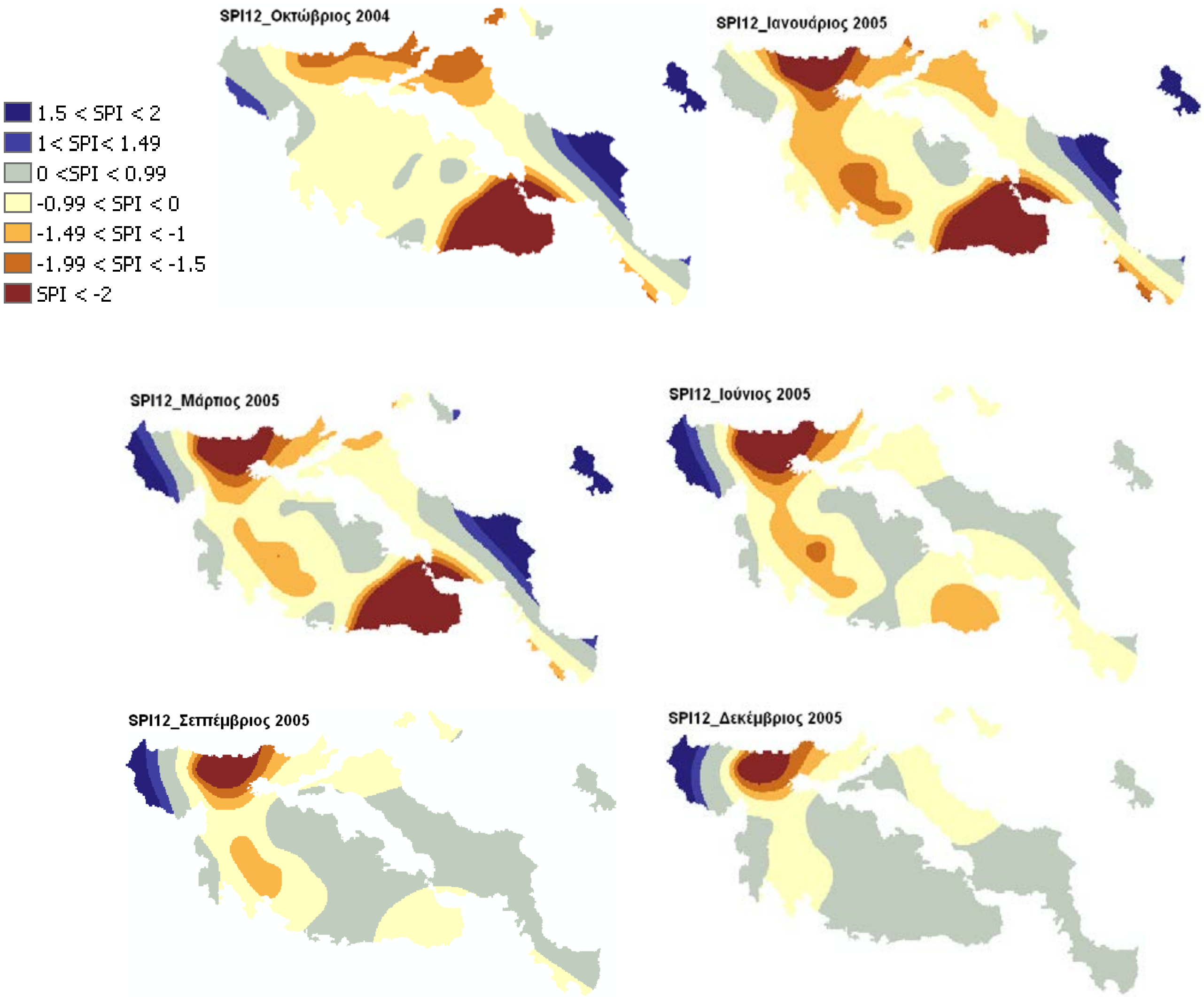
Σχήμα 7-13: Χαρτογράφηση επεισοδίου ξηρασίας 1989-90 με βάση το δείκτη SPI12 Οκτώβριος 1989, Ιανουάριος 1990, Μάρτιος 1990, Ιούνιος 1990, Σεπτέμβριος 1990, Δεκέμβριος 1990.



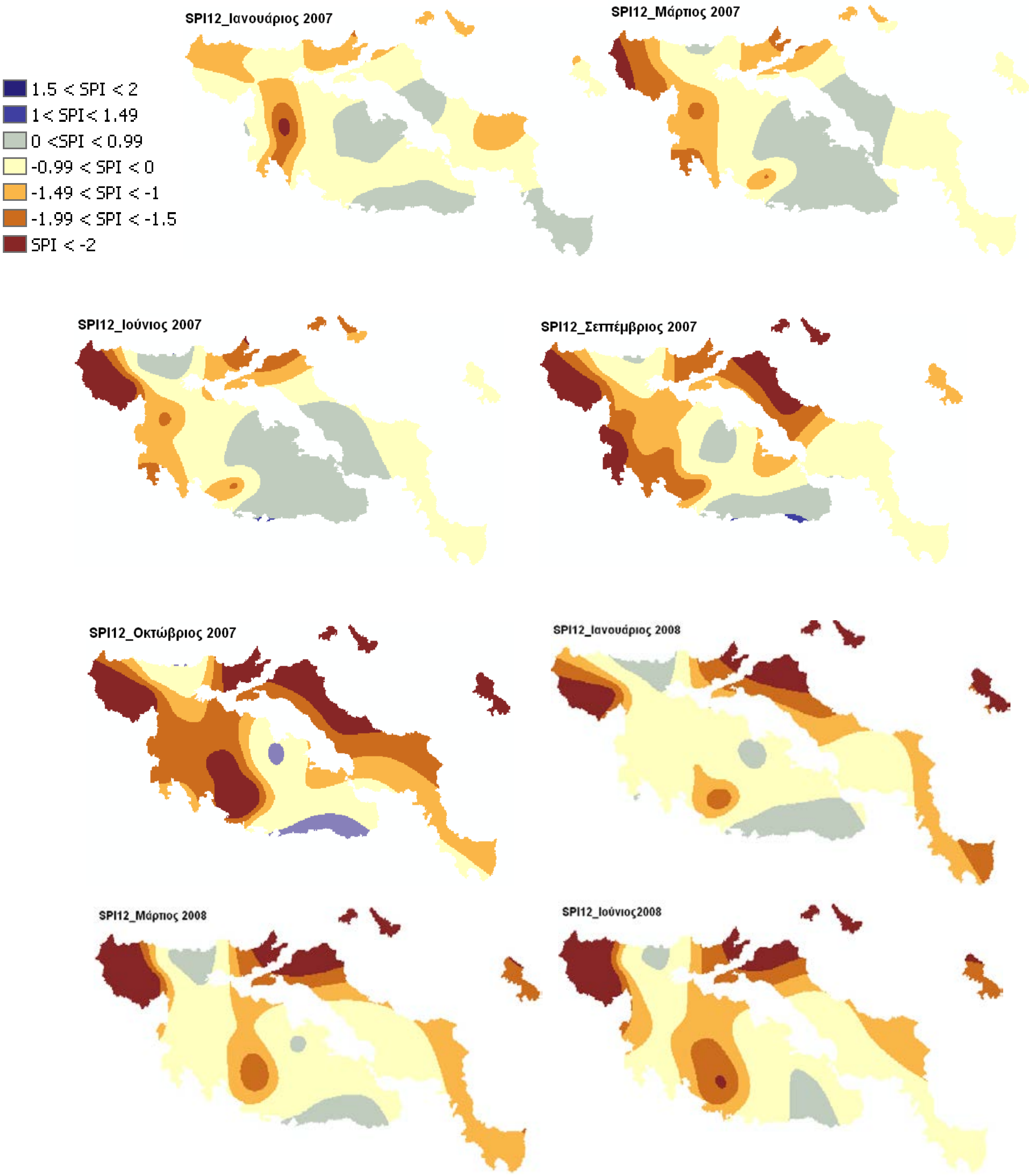
Σχήμα 7-14: Χαρτογράφηση επεισοδίου ξηρασίας 1992-93 με βάση το δείκτη SPI12 Οκτώβριος 1992, Ιανουάριος 1993, Μάρτιος 1993, Ιούνιος 1993, Σεπτέμβριος 1993, Δεκέμβριος 1993.

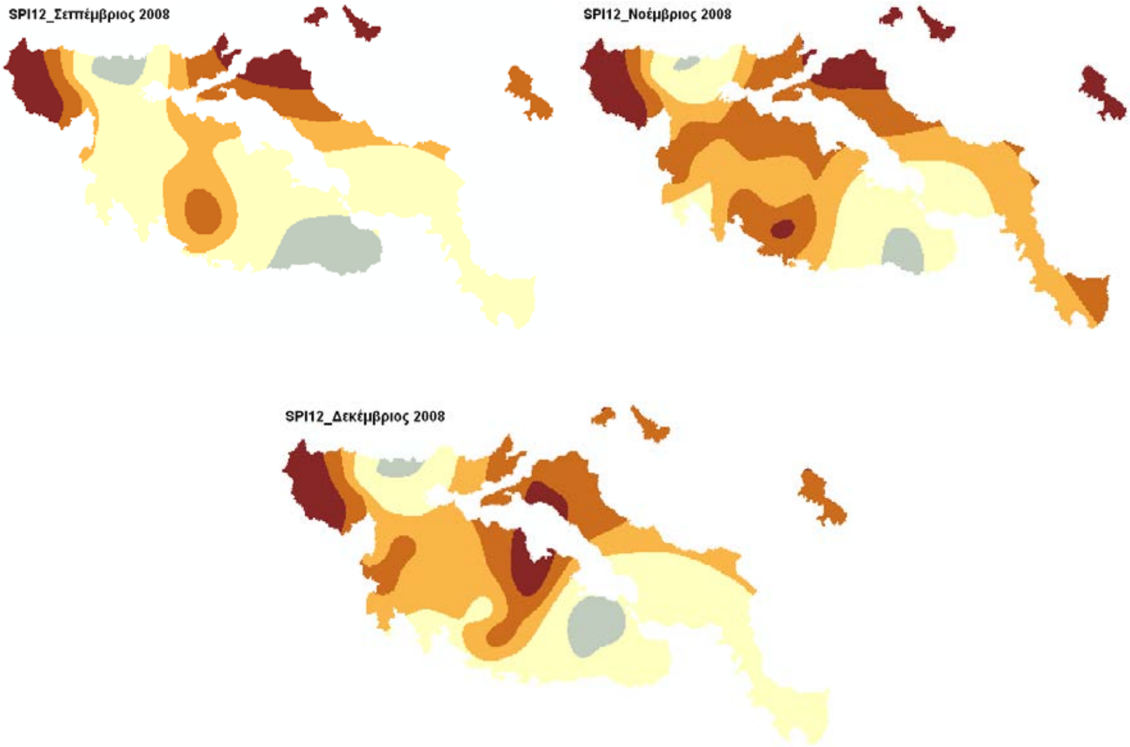


Σχήμα 7-15: Χαρτογράφηση επεισοδίου ξηρασίας 2000-01 με βάση το δείκτη SPI12 Οκτώβριος 2000, Ιανουάριος 2001, Μάρτιος 2001, Ιούνιος 2001, Σεπτέμβριος 2001, Δεκέμβριος 2001.



Σχήμα 7-16: Χαρτογράφηση επεισοδίου ξηρασίας 2004-05 με βάση το δείκτη SPI12 Οκτώβριος 2004, Ιανουάριος 2005, Μάρτιος 2005 Ιούνιος 2005, Σεπτέμβριος 2005, Δεκέμβριος 2005.


SPI12_Ιανουάριος 2007
SPI12_Μάρτιος 2007
1.5 < SPI < 2
1< SPI< 1.49
0 <SPI < 0.99
-0.99 < SPI < 0
-1.49 < SPI < -1
-1.99 < SPI < -1.5
SPI < -2
SPI12_Ιούνιος 2007
SPI12_Σεπτέμβριος 2007
SPI12_Οκτώβριος 2007
SPI12_Ιανουάριος 2008
SPI12_Μάρτιος 2008
SPI12_Ιούνιος2008



Σχήμα 7-17: Χαρτογράφηση επεισοδίου ξηρασίας υδρολογικών ετών 2006-08 με βάση το δείκτη SPI12 Ιανουάριος 2007, Μάρτιος 2007, Ιούνιος 2007, Σεπτέμβριος 2007, Οκτώβριος 2007,Ιανουάριος 2008, Μάρτιος 2008, Ιούνιος 2008, Σεπτέμβριος 2008, Νοέμβριος 2008, Δεκέμβριος 2008.

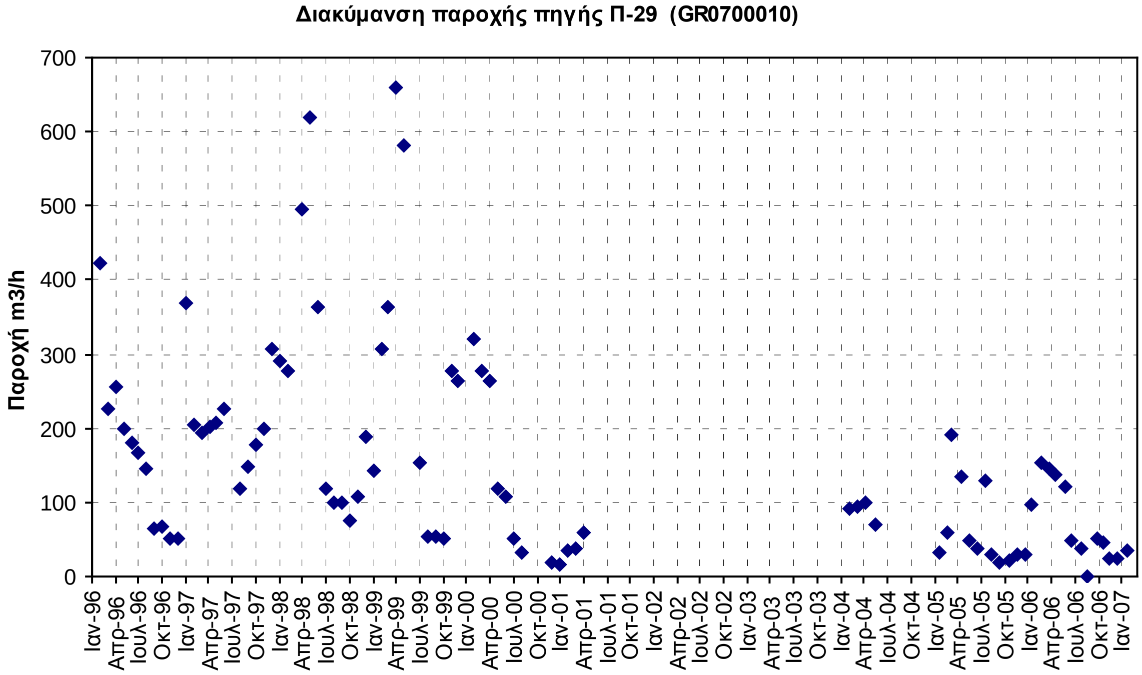
- Επιπτώσεις επεισοδίων ξηρασίας στο ΥΔ

Οι επιπτώσεις των επεισοδίων ξηρασίας στο ΥΔ07 είναι άμεσες και έμμεσες, και αφορούν το περιβάλλον, τον οικονομικό και τον κοινωνικό τομέα. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις σχετίζονται κυρίως με τη μείωση της παροχής και της ποιότητας του επιφανειακού και του υπογείου νερού, που συνεπάγονται επιπτώσεις στην καλή οικολογική κατάσταση των υδάτινων σωμάτων και στα οικοσυστήματα του ΥΔ. Με βάση το δ διαχειριστικό μοντέλο MIKE BASIN που είχε αναπτυχθεί κατά τη Γ΄ Φάση του Έργου «Ανάπτυξη συστημάτων και εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Αττικής, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας & Θεσσαλίας» του Υπουργείου Ανάπτυξης, υπολογίστηκαν οι μέσες θερινές παροχές ξηρής και πολύ ξηρής χρονιάς για επιλεγμένα ποτάμια συστήματα με σκοπό την αποτίμηση των επιπτώσεων των σημαντικών επισοδίων ξηρασίας στην παροχή των ποταμών (Πίνακας 7-6). Παρατηρείται ότι η μέση θερινή παροχή ξηρής περιόδου είναι κατά μέσο όρο από την αντίστοιχη θερινή παροχή μιας κανονικής περιόδου, ενώ η μείωση αυτή κυμαίνεται από 29-52% (μέσος όρος 44%) σε πολύ ξηρά έτη. Οι μειώσεις αυτές είναι σημαντικές, και μπορεί να διακινδυνεύσουν τις οικολογικές παροχές με συνέπειες στο οικοσύστημα.

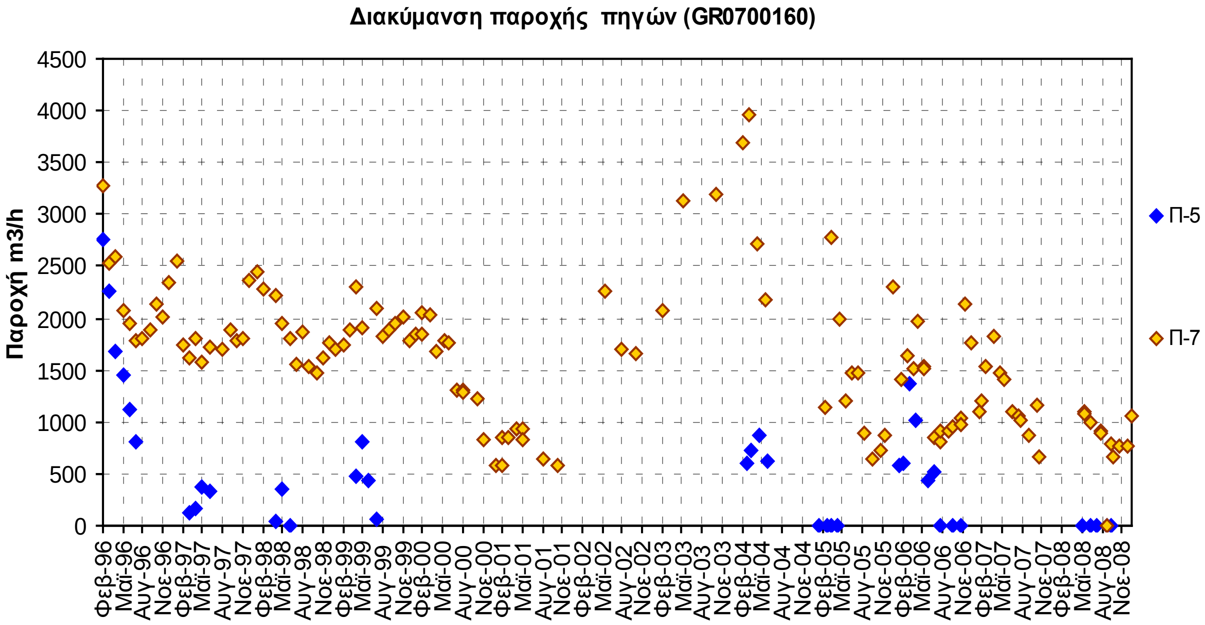
Πίνακας 7-6: Μέσες θερινές παροχές κανονικής, ξηρής και πολύ ξηρής περιόδου στα ποτάμια υδατικά συστήματα του ΥΔ07.

Κωδικός Υδατικού συστήματος (από MIKE BASIN)	Όνομα ΥΣ Υδατικού συστήματος	Μέση θερινή παροχή (10^6 m^3) (από MIKE BASIN)	Μέση θερινή παροχή **ξηρής περιόδου** (από MIKE BASIN)		Μέση θερινή παροχή **πολύ ξηρής χρονιάς** (από MIKE BASIN)	
			(10^6 m^3)	**% αλλαγή** (σε σχέση με τη μέση θερινή παροχή)	(10^6 m^3)	**% αλλαγή** (σε σχέση με τη μέση θερινή παροχή)
GR0723R000000035N	ΚΗΦΙΣΟΣ Π. (ΒΟΙΩΤΙΚΟΣ) 4	17,9	14,5	-19%	8,7	-51%
GR0723R000000031A	ΚΗΦΙΣΟΣ Π. (ΒΟΙΩΤΙΚΟΣ) 5	12,3	10,7	-13%	7	-43%
GR0718R000200068N	ΣΠΕΡΧΕΙΟΣ Π. (ΑΛΑΜΑΝΑ) 9	2,7	2,7	0%	1,3	-52%
GR0718R000200058N	ΣΠΕΡΧΕΙΟΣ Π. (ΑΛΑΜΑΝΑ) 7	7,8	7,3	-6%	4,6	-41%
GR0718R000200047N	ΣΠΕΡΧΕΙΟΣ Π. (ΑΛΑΜΑΝΑ) 1	17,6	13,3	-24%	8,4	-52%
GR0718R000900077N	ΙΝΑΧΟΣ Π.	5,2	4,5	-13%	3,2	-38%
GR0718R000206057N	ΓΟΡΓΟΠΟΤΑΜΟΣ 1	4,8	3,7	-23%	3,4	-29%

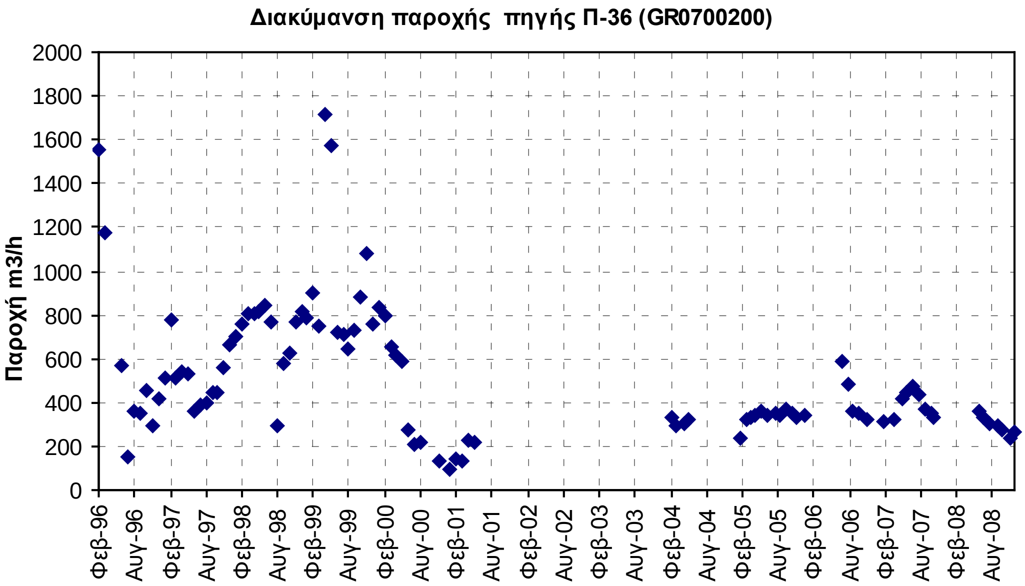
Ακολούθως παρατίθενται διαγράμματα διακύμανσης παροχής πηγών από διάφορα υπόγεια υδατικά συστήματα του ΥΔ07 (Σχήμα 7-18 - Σχήμα 7-20). Οι επιπτώσεις της ξηρασίας τω περιόδων 2000-2001 και 2006-08 στα υπόγεια ύδατα είναι εμφανείς και εκδηλώνονται με μείωση των πηγέων αναβλύσεων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα ΥΥΣ του Ελικώνα GR0700160 (Σχήμα 7-19) και Υπάτου GR0700200 (Σχήμα 7-20) όπου η ποσότητα των αντλήσεων από τα υδατικά αυτά συστήματα είναι πολύ μικρότερη από τα ετησίως ανανεώσιμα υδατικά αποθέματα επομένως τα υπερετήσια ισοζύγια παρουσιάζονται πλεονασματικά. Επισημαίνεται όμως ότι σε περιόδους ανομβρίας όπως αποτυπώθηκε στα διαγράμματα, παρατηρείται μείωση των πηγαίων αναβλύσεων και πτώση στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα.



Σχήμα 7-18: Διαγράμμα διακύμανσης παροχής πηγών ΥΥΣ GR0700010 - Ανατολικού Τυμφρηστού - Βίστριτσας – Οίτης.

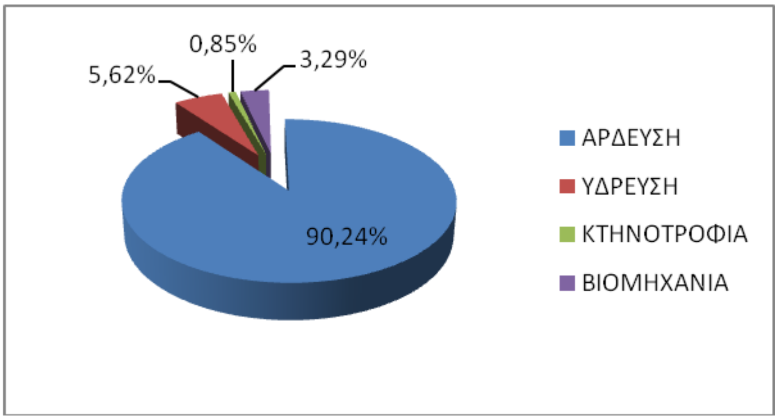


Σχήμα 7-19: Διαγράμμα διακύμανσης παροχής πηγών ΥΥΣ GR0700160 – Ελικώνα.

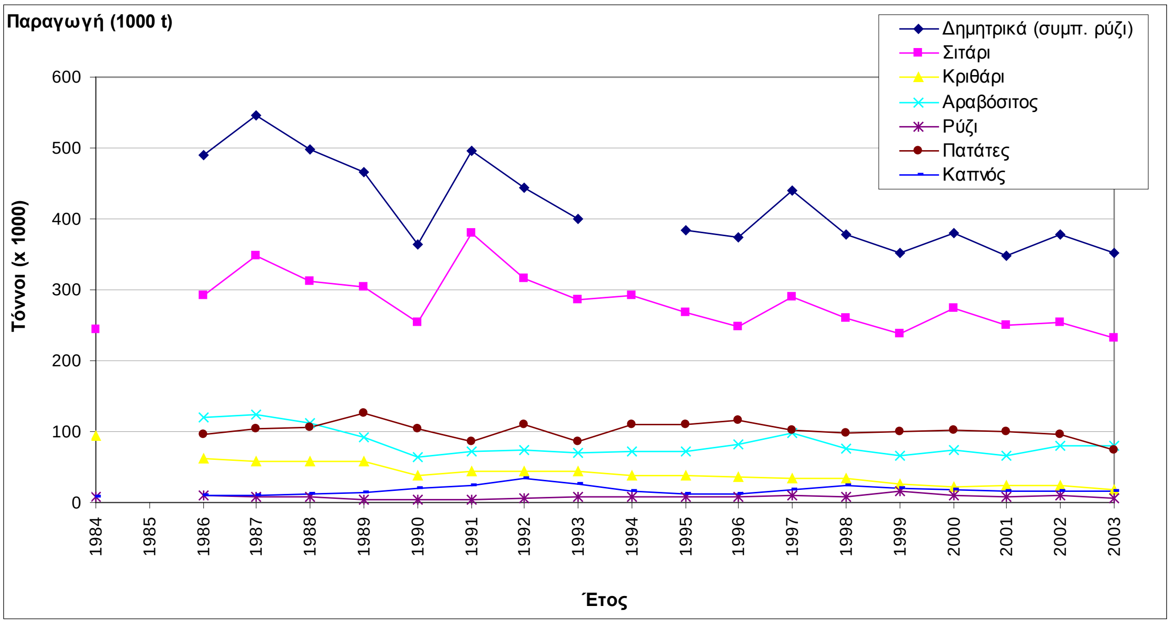


Σχήμα 7-20: Διαγράμμα διακύμανσης παροχής πηγών ΥΥΣ GR0700200 – Υπάτου.

Στο Σχήμα 7-21 παρουσιάζεται η ποσοστιαία συμμετοχή κάθε χρήσης στη ζήτηση νερού στο ΥΔ07. Ο γεωργικόες τομές (άρδευση) καταλαμβανει το 90% της ζήτησης του ΥΔ. Είναι προφανές ότι σε περιόδους ξηρασίας αναμένεται μειωμένη παραγωγή στη γεωργία λόγω μείωσης τόσο της ενεργούς βροχόπτωσης όσο και των διαθέσιμων αποθεμάτων για άρδευση. Στο Σχήμα 7-22 παρουσιάζεται η παραγωγή των κύριων αγροτικών προϊόντων της Στερεάς Ελλάδας από το 1984-2004. Αν και η παραγωγή εξαρτάται από πολλές παραμέτρους όπως οικονομικά κίνητρα, επιδοτήσεις, τιμή αγοράς, ζήτηση προϊόοντως, αγροτική πολιτική κ.λ.π., παρατηρείται, κυρίως στα δημητριακά και το σιτάρι, πτώση της παραγωγής το 1989-1990 σε σχέση με τα άμεσα προηγούμενα και επόμενα έτη (1987-88 και 1991-92 αντίστοιχα) που προφανώς σχετίζεται με την έντονη ξηρασία εκείνης της περιόδου.



Σχήμα 7-21: Κατανομή ζήτησης νερού στο ΥΔ07



Σχήμα 7-22: Παραγωγή κυριότερων αγροτικών προϊόντων της Στερεάς Ελλάδας από το 1984-2003 (δεδομένα από την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία).

7.2 Ανάλυση Λειψυδρίας

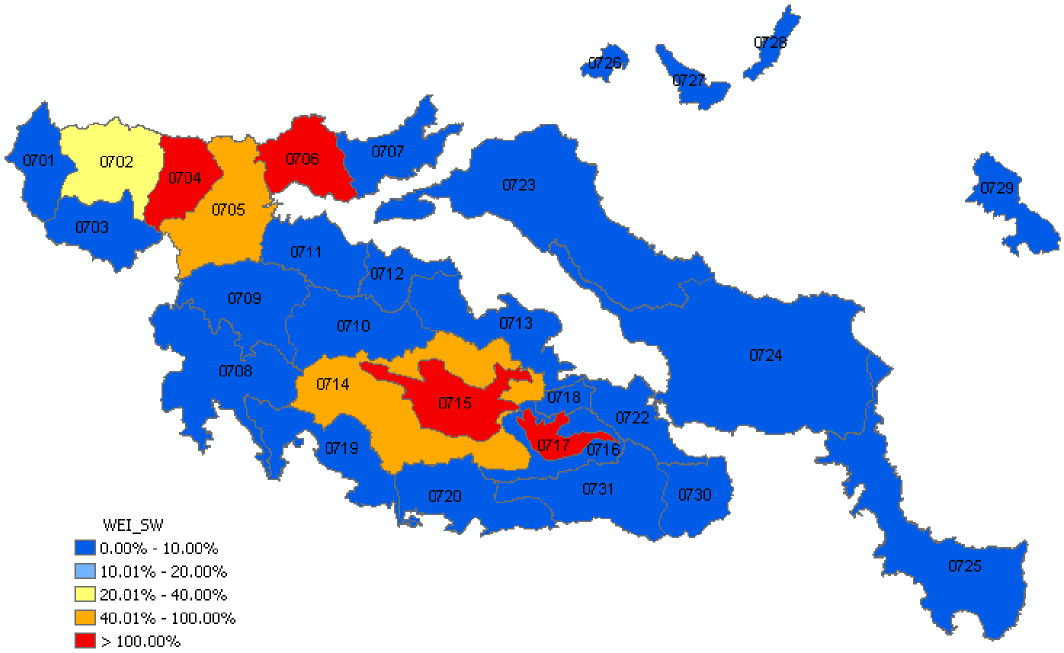
Η υφιστάμενη κατάσταση λειψυδρίας αναλύθηκε με φάση το Δείκτη WEI (Water Exploitation Index) ξεχωριστά για τα επιφανειακά και τα υπόγεια σώματα σε επίπεδο υπολεκάνης, με βάση τα δεδομένα του διαχειριστικού μοντέλου MIKE BASIN όπως προαναφέρθηκε.

Ως δείκτης WEI_SW (επιφανειακών) ορίστηκε ο λόγος (επί τοις %) των ετήσιων αναγκών (σε mio m3) που καλύπτονται από τα επιφανειακά ύδατα προς το μέσο υπερετήσιο επιφανειακό υδατικό δυναμικό (long term annual average –ltaa) (σε mio m3).

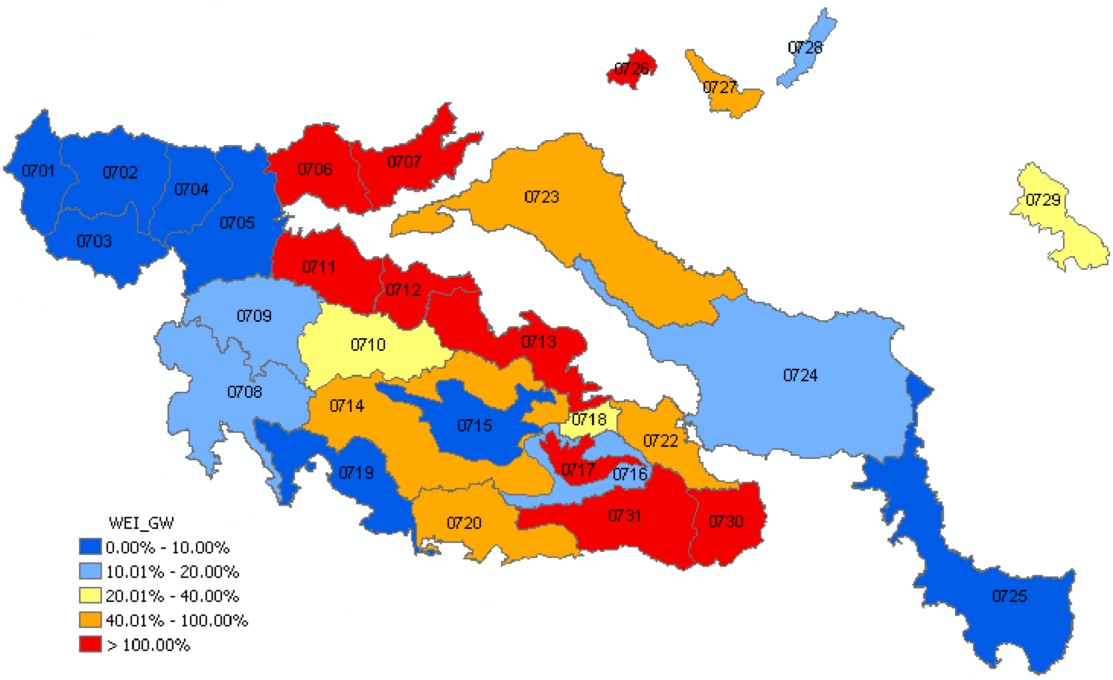
Ως δείκτης WEI_GW (υπογείων) ορίστηκε αντίστοιχα ο λόγος (επί τοις %) των ετήσιων αναγκών (σε mio m3) που καλύπτονται από τα υπόγεια ύδατα προς το μέσο υπερετήσιο υπόγειο υδατικό δυναμικό (long term annual average –ltaa) (σε mio m3).

Για τιμές του Δείκτη WEI από 0-20% δεν θεωρείται ότι υπάρχουν υδατικές πιέσεις και το υδατικό δυναμικό δύναται να καλύψει τις περιβαλλοντικές ανάγκες. Για τιμές WEI από 20-40% θεωρείται ότι υπάρχουν υδατικές πιέσεις και λειψυδρία, ενώ για τιμές 40-100% υπάρχει σημαντική λειψυδρία. Τέλος, για τιμές > 100% γίνεται επιπλέον υπερεκμετάλλευση.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται ανά διαχειριστική υπολεκάνη στο (Σχήμα 7-23) για τα επιφανειακά ύδατα και στο (Σχήμα 7-24) για τα υπόγεια ύδατα.



Σχήμα 7-23: Χωρική κατανομή και διαχωρισμός περιοχών λειψυδρίας (ανά υπολεκάνη) με βάση το δείκτη WEI_SW για τα επιφανειακά ύδατα.



Σχήμα 7-24: Χωρική κατανομή και διαχωρισμός περιοχών λειψυδρίας (ανά υπολεκάνη) με βάση το δείκτη WEI_GW για τα υπόγεια ύδατα.

Με βάση την παραπάνω ανάλυση (Σχήμα 7-23) 3 υπολεκάνες (0702 Σπερχειός-Μακρακώμη, 0705 Σπερχειός-Εκβολή, 0714 Κάτω Ρους Β. Κιφησού) δέχονται σημαντικές πιέσεις από τις απολήψεις επιφανειακού νερού και χαρακτηρίζονται ως ελλειμματικές με βάση το δείκτη WEI_SW, ενώ σε 4 γίνεται υπερεκμετάλλευση των επιφανειακών υδάτων (0704 Σπερχειός-Υπάτη, 0706 Δριστελλόρεμα-Βέλλιας, 0715 Κωπαϊδικό πεδίο, 0717 Κάτω Λεκάνη Υλίκης). Οι λεκάνες απορροής που παρουσιάζουν πρόβλημα όσον αφορά την εκμετάλλευση των επιφανειακών νερών είναι αυτή του Σπερχειού (σχεδόν σε ολόκληρη την έκτασή της) και του Βοιωτικού Κιφησού (στο κεντρικό τμήμα της). Όσον αφορά την εκμετάλλευση του υπόγειου δυναμικού το πρόβλημα είναι εντονότερο (Σχήμα 7-24). Η μεγαλύτερη έκταση του ΥΔ παρουσιάζεται ελλειμματική (σε σχέση με τις απολήψεις υπόγειου νερού), τόσο στο νησιωτικό τμήμα (Σκιάθος, Σκόπελος, Σκύρος, Β.Εύβοια), όσο και στο ηπειρωτικό (λεκάνη Ασωπού, Βοιωτικού Κιφησού, Παραλίας Καλλιδρόμου, ΒΑ τμήμα λεκάνης Σπερχειού). Οι περιοχές με υπερεκμετάλλευση εντοπίζονται στη λεκάνη της Παραλίας Καλλιδρόμου όπου έχει παρατηρηθεί και διείσδυση θαλασσινού νερού λόγω υπεράντλησης (περιοχή Αρκίτσας – Λιβανατών, υπόγειο υδατικό σύστημα Αταλάντης), στο ΝΑ τμήμα της Λεκάνης του Ασωπού (περιοχή Τανάγρας, Οινοφύτων), στο ΒΑ τμήμα της λεκάνης του Σπερχειού (περιοχή Στυλίδας, Αχινού, Πελασγίας), και τέλος στο ΝΑ τμήμα της λεκάνης του Βοιωτικού Κιφησού στην περιοχή του Δ. Θηβαίων.

7.3 Αποτίμηση της Τρωτότητας και Επικινδυνότητας

Για την περεταίρω αποτίμηση της τρωτότητας στην ξηρασία και λειψυδρία και τον καθορισμό σχετικών ζωνών επικινδυνότητας προτείνεται η χρήση δύο δεικτών που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια της παρούσας μελέτης: Δείκτης Τρωτότητας στην Ξηρασία – Drought Vulnerability Index (DVI), Δείκτης Τρωτότητας στην Λειψυδρία – Water Scarcity Vulnerability Index (WSVI). Οι δείκτες αυτοί αναπτύχθηκαν για το σκοπό της παρούσας μελέτης, λαμβάνοντας υπόψιν τους παραμέτρους κλιματικές και κοινωνικο-οικονομικές που χρησιμοποιούνται συχνά στη αποτίμηση της τρωτότητας στα φαινόμενα αυτά.

Ο Δείκτης DVI αποβλέπει στην υπέρθεση όλων των χαρακτηριστικών της ξηρασίας (διάρκεια, ένταση, συχνότητα εμφάνισης) όπως αυτά αναλυθήκαν και υπολογίστηκαν με βάση το Δείκτη SPI12 και συμπεριλαμβάνει τις ακόλουθες παραμέτρους:

- Αριθμός επεισοδίων ξηρασίας που παρατηρήθηκαν στην περίοδο αναφοράς (# drought events)
- Αριθμός επεισοδίων ξηρασίας με διάρκεια μεγαλύτερη των 24 μηνών που παρατηρήθηκαν στην περίοδο αναφοράς (# drought events with duration > 24 months)
- Μέγιστο μέγεθος ξηρασίας στην περίοδο αναφοράς (DM_max)
- Μέγιστη διάρκεια επεισοδίου ξηρασίας στην περίοδο αναφοράς (Duration_max)

Καθεμιά από τις παραπάνω παραμέτρους υπολογίστηκε για κάθε σταθμό με βάση το Δείκτη SPI12, και με βάση την κατάταξή της σε 4 κλάσεις έλαβε ένα σκορ από 1-4 (1: χαμηλή τρωτότητα, 4: υψηλή τρωτότητα).

Πίνακας 7-7: Κατηγοριοποίηση των παραμέτρων “μέγιστο μέγεθος ξηρασίας (DM_max)” και “μέγιστη διάρκεια επεισοδίου ξηρασίας (Duration_max)” σε 4 κλάσεις με αντίστοιχα σκορ**.**

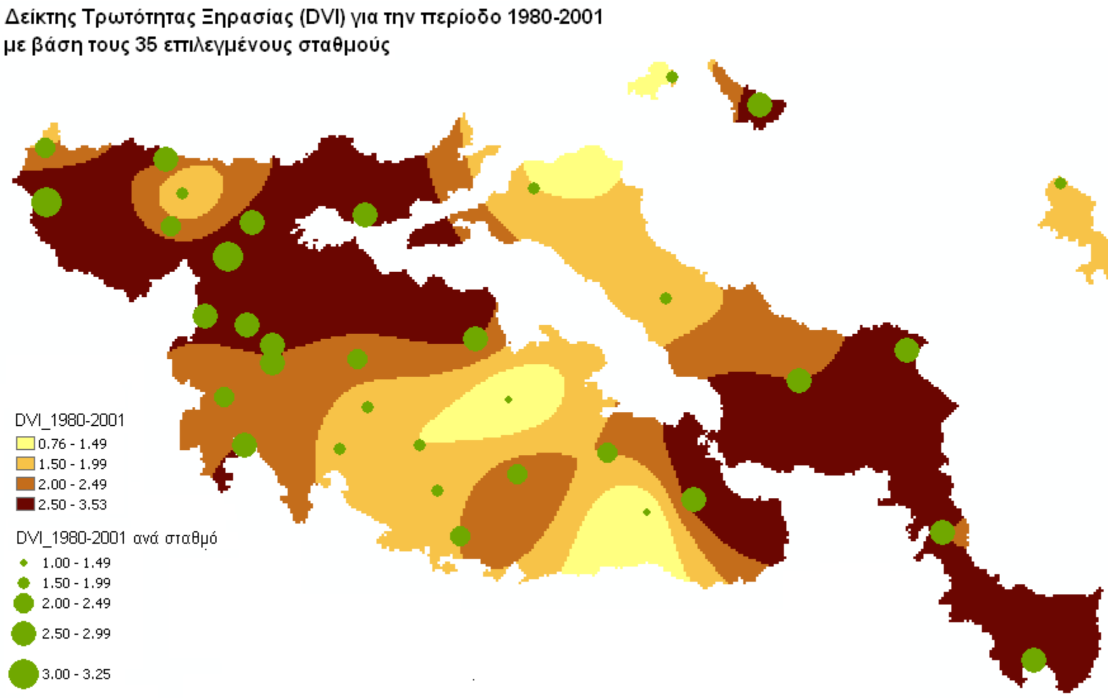
Μέγιστο μέγεθος ξηρασίας (DM_max)	Μέγιστη διάρκεια επεισοδίου ξηρασίας (Duration_max)	Σκορ (Score)
0 - 30	0 – 20	1
31 - 40	21 – 30	2
41 - 50	31- 49	3
≥ 51	≥ 50	4

Ο τελικός Δείκτης DVI πρόκυψε υπολογίζοντας το μέσο όρο των σκορ όλων των παραμέτρων για κάθε σταθμό i, καθώς τα βάρη των παραμέτρων θεωρήθηκαν ισότιμα μετά από εφαρμογή της Μεθόδου Αναλυτικής Ιεράρχησης (AHP).

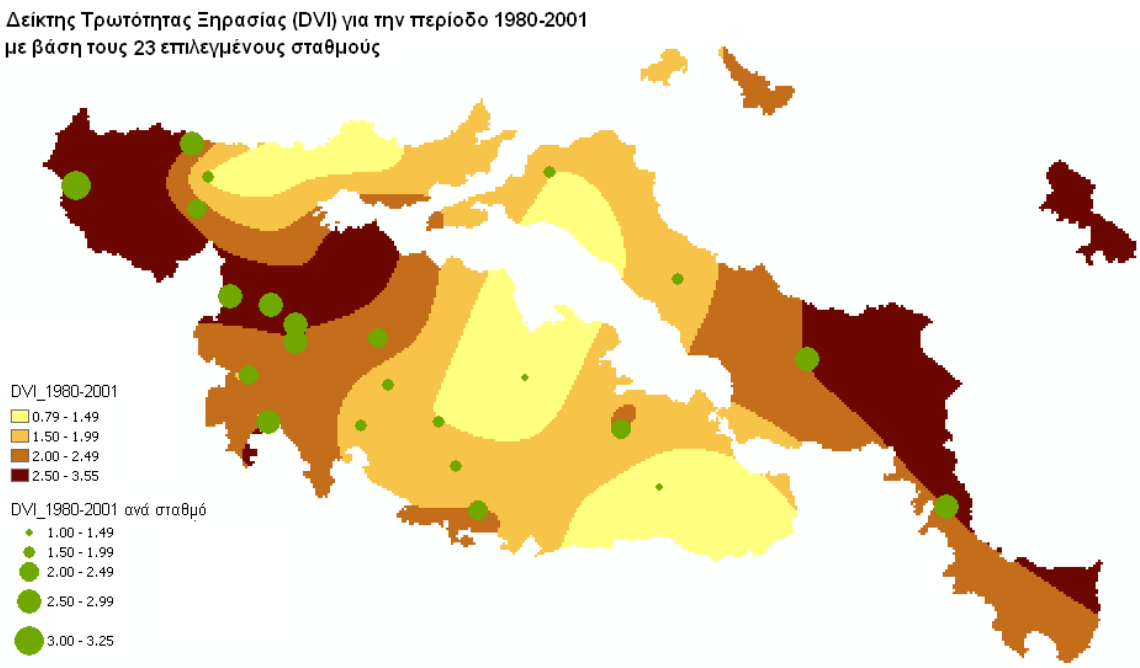
DVI$_i$ = 0.25 * Score(# drought events) **+** 0.25 * Score(# drought events with duration > 24 months) **+** 0.25 * Score(DM_max) **+** 0.25 * Score(Duraion_max)

Η διαδικασία αυτή έγινε για δύο χρονικά διαστήματα (1980-2001 και 2002-2010), καθώς μετά το 2001 δεν υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα για όλου τους σταθμούς. Έτσι, παράχθηκαν ο χάρτης του Σχήμα 7-25 που αποτυπώνει τις ζώνες τρωτότητας για το διάστημα 1980-2001 χρησιμοποιώντας δεδομένα από όλους τους 35 επιλεγμένους σταθμούς, και ο χάρτης του Σχήμα 7-26 που αποτυπώνει τις ζώνες τρωτότητας για το διάστημα 1980-2001 χρησιμοποιώντας δεδομένα από το υποσύνολο των 23 σταθμών που διαθέτουν χρονοσειρές έως και το 2010 προκειμένου να συγκριθεί με τον αντίστοιχό του χάρτη του Σχήμα 7-27 που απεικονίζει το διάστημα 2002-2010, και να αποτιμηθεί έτσι η χωροχρονική εξέλιξη του φαινομένου (Σχήμα 7-28).

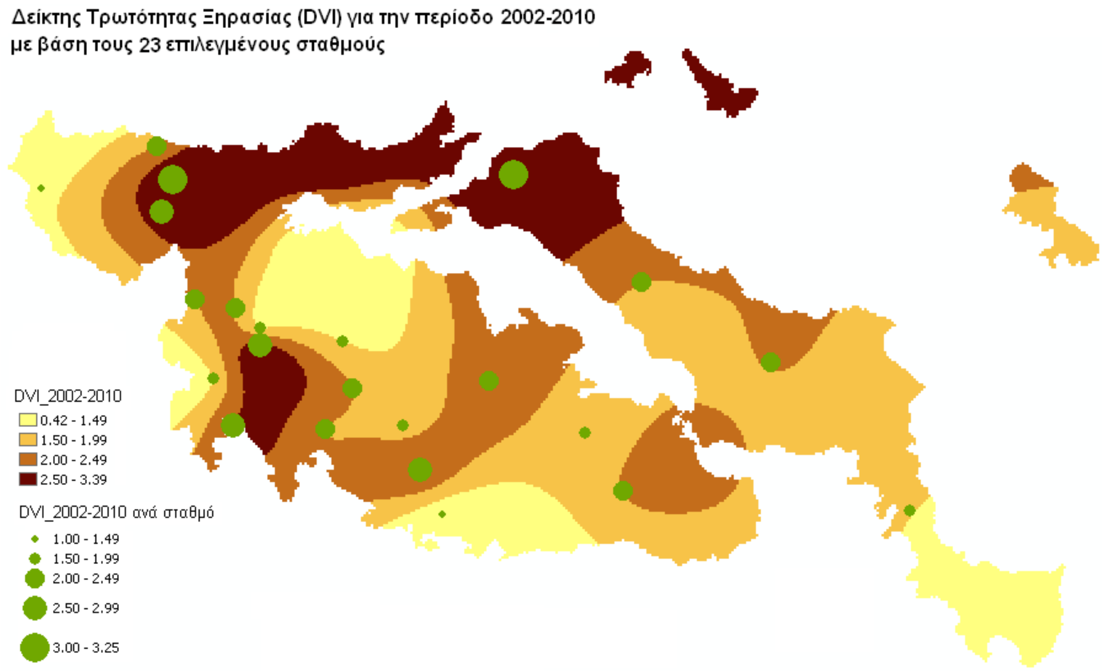
Παράλληλα έγιναν οι κατάλληλες αναγωγές των παραμέτρων του Δείκτη καθώς τα δύο χρονικά διαστήματα δεν ήταν ίσα, ώστε να αντικατοπτριστούν σωστά τα μεγέθη. Τέλος με χρήση Γ.Σ.Π. και κατάλληλων μεθόδων χωρικής παρεμβολής δημιουργήθηκαν οι χάρτες που απεικονίζουν τις ζώνες τρωτότητας.



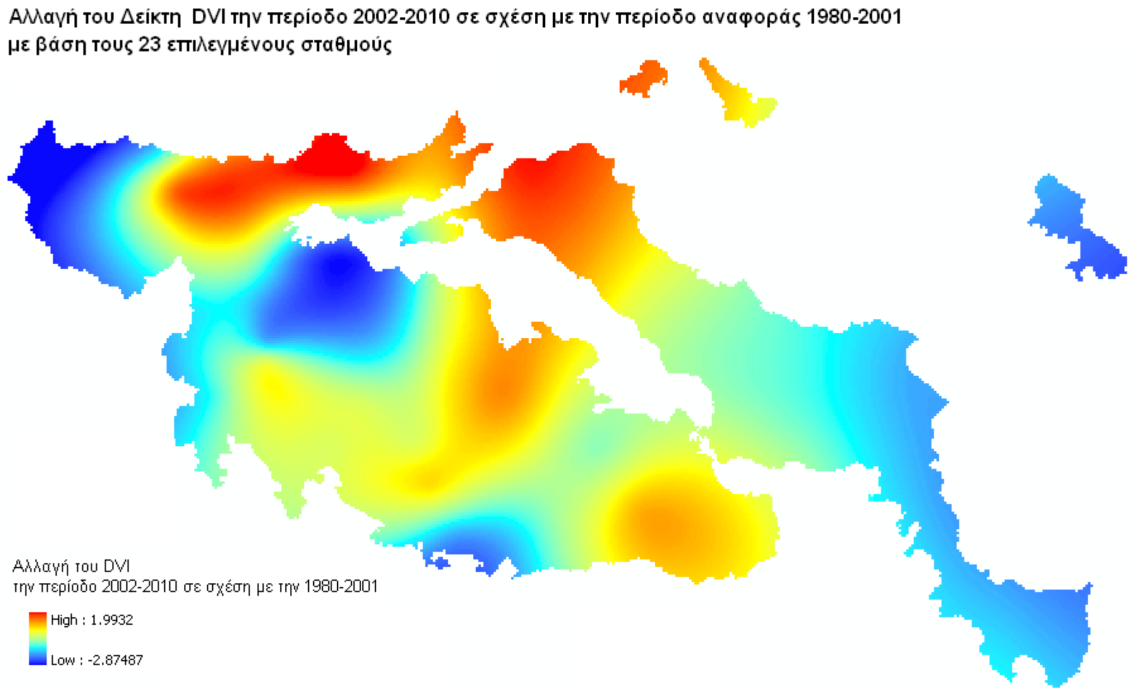
Σχήμα 7-25: Ζώνες Τρωτότητας Ξηρασίας με βάση το Δείκτη Τρωτότητας στην Ξηρασία – Drought Vulnerability Index (DVI) για την περίοδο 1980-2001 (δεδομένα από τους 35 επιλεγμένους σταθμούς).



Σχήμα 7-26: Ζώνες Τρωτότητας Ξηρασίας με βάση το Δείκτη Τρωτότητας στην Ξηρασία – Drought Vulnerability Index (DVI) για την περίοδο 1980-2001 (δεδομένα από το υποσύνολο των 23 σταθμών με χρονοσειρές 1980-2010).



Σχήμα 7-27: Ζώνες Τρωτότητας Ξηρασίας με βάση το Δείκτη Τρωτότητας στην Ξηρασία – Drought Vulnerability Index (DVI) για την περίοδο 2002-2010 (δεδομένα από το υποσύνολο των 23 σταθμών με χρονοσειρές 1980-2010).



Σχήμα 7-28: Χωροχρονική εξέλιξη των Ζωνών Τρωτότητας Ξηρασίας με βάση το Δείκτη Τρωτότητας στην Ξηρασία – Drought Vulnerability Index (DVI) την περίοδο 2002-2010 σε σχέση με τη περίοδο αναφοράς 1980-2001 (δεδομένα από το υποσύνολο των 23 σταθμών με χρονοσειρές 1980-2010).

Όσο περισσότερους σταθμούς παρακολούθησης χρησιμοποιούμε, τόσο πληρέστερη και ακριβέστερη είναι η χαρτογράφηση των ζωνών τρωτότητας. Γενικά παρατηρείται ότι υψηλή τρωτότητα εμφανίζεται στο Βόρειο ηπειρωτικό τμήμα του ΥΔ07 (περιοχή δήμων Σπερχειάδος, Μακρακώμης, Λαμιαίων, Στυλίδος, Εχιναίων, Γοργοποτάμου, Γραβιάς, Αμφίκλειας, Μύλου, Καμμένων Βούρλων, Αγ. Κωνσταντίνου, Δαφνουσίων), στη Ν. Εύβοια, στη Ν. Σκόπελο και στην περιοχή των Οινοφύτων, Αυλίδας, Σχηματαρίου, Αυλώνων. Αντίθετα, χαμηλή τρωτότητα παρατηρείται στις περιοχές του Ορχομενού, της Λειβαδιάς, της Θήβας, των Δερβενοχωρίων, τη Β. Εύβοια και τη Σκιάθο.

Σχετικά με την χωροχρονική εξέλιξη των ζωνών τρωτότητας, σε σύγκριση της περιόδου 2002-2010 με την περίοδο αναφοράς 1980-2001 (Σχήμα 7-28) παρατηρείται αύξηση του δείκτη DVI στο ΒΑ ηπειρωτικό τμήμα του ΥΔ07, στη Β. Εύβοια, τη Σκιάθο και τη Σκόπελο, καθώς και στις περιοχές Αταλάντης-Ορχομενού-Μαλαισίνας και Δερβενοχωρίων-Τανάγρας-Οινοφύτων. Αντιθέτως, μείωση του δείκτη DVI παρατηρείται στη Ν. Εύβοια, τη Σκύρο, την περιοχή Μύλου-Αμφίκλειας-Καμμένων Βούρλων, την περιοχή Τυμφριστού-Μακρακώμης-Σπερχειάδος, και την περιοχή της Θίσβης.

Ο Δείκτης WSVI αποβλέπει στην υπέρθεση των χαρακτηριστικών της λειψυδρίας (φυσικές και ανθρωπογενείς πιέσεις) και συμπεριλαμβάνει τις ακόλουθες παραμέτρους:

- Δείκτης Τρωτότητας στην Ξηρασία – Drought Vulnerability Index (DVI), ο οποίος αντικατοπτρίζει τις φυσικές πιέσεις (κλίμα – ξηρασία)
- Δείκτης Water Expolitation Index_SW (WEI_SW), ο οποίος αντικατοπτρίζει τις πιέσεις στους επιφανειακούς υδάτινους πόρους λόγω των απολήψεων νερού
- Δείκτης Water Expolitation Index_GW (WEI_GW), ο οποίος αντικατοπτρίζει τις πιέσεις στους υπόγειο υδατικό δυναμικό λόγω των απολήψεων νερού
- Χρήσεις γης (land use), οι οποίες αντικατοπτρίζουν τις πιέσεις λόγω ζήτησης αστικού, αγροτικού και βιομηχανικού νερού.

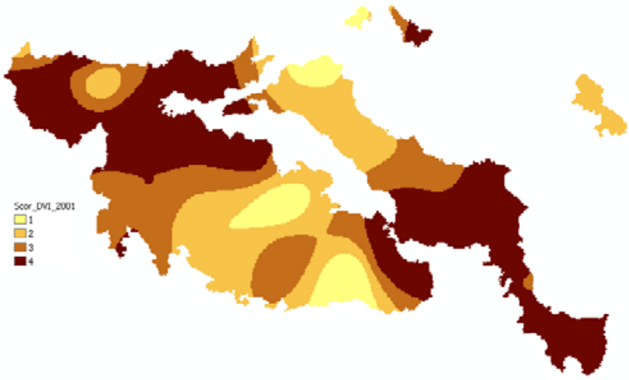
Καθεμιά από τις παραπάνω παραμέτρους υπολογίστηκε σε σύστημα κανάβου για κάθε κυψέλη διακριτότητας περί τα 0.5 x 0.5 km, και βάση την κατάταξή της σε 4 κλάσεις έλαβε ένα σκορ από 1-4 (1: χαμηλή τρωτότητα, 4: υψηλή τρωτότητα).

Πίνακας 7-8: Κατηγοριοποίηση των παραμέτρων “DVI”, “WEI_SW”, “WEI_GW” και “Land Use“ σε 4 κλάσεις με αντίστοιχα σκορ.

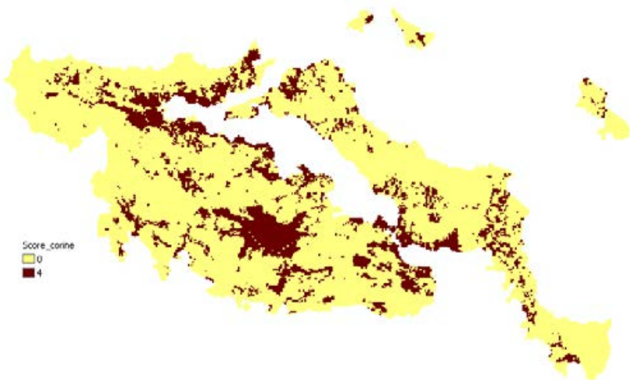
DVI	WEI_SW	WEI_GW	Land Use	Σκορ (Score)
0 - 1.49	0 – 20%	0 – 20%	All other Corine codes	1
1.50 – 1.99	21 – 40%	21 – 40%		2
2.00 – 2.49	41 – 100%	41 – 100%		3
2.50 – 3.53	> 100%	> 100%	Corine Codes: 111, 112, 121, 122, 123, 124, 141, 142, 212, 213, 221, 223, 241, 242	4

Ο τελικός Δείκτης WSVI (Σχήμα 7-30) πρόκυψε υπολογίζοντας το άθροισμα των σκορ όλων των παραμέτρων για κάθε σταθμό i, πολλαπλασιασμένο με τα βάρη των παραμέτρων όπως αυτά διαμορφώθηκαν μετά από εφαρμογή της Μεθόδου Αναλυτικής Ιεράρχησης (AHP).

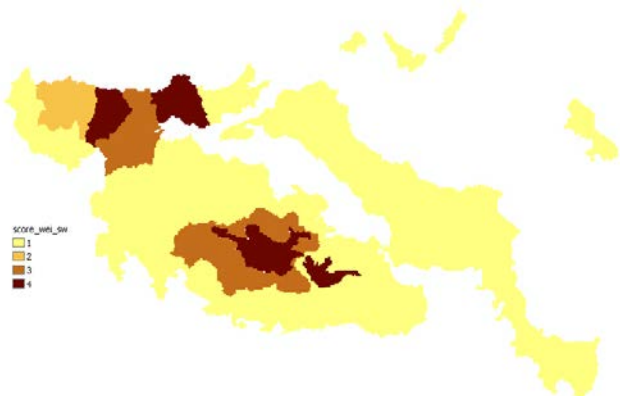
$$\mathbf{WSVI_i} = 0.30 * \text{Score(DVI)} \mathbf{+} 0.25 * \text{Score(WEI\_SW)} \mathbf{+} 0.25 * \text{Score(WEI\_GW)} \mathbf{+} 0.20 * \text{Score(Land Use)}$$



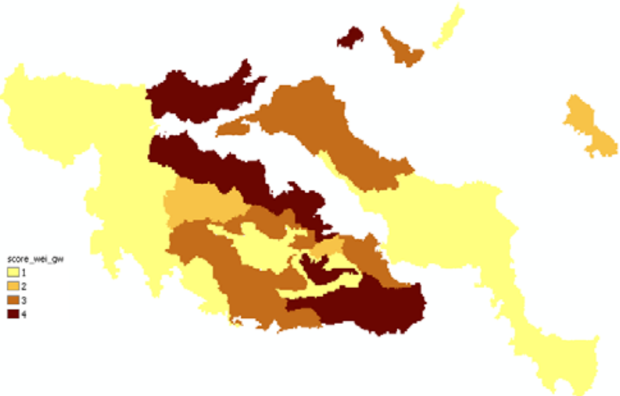
***α**: Σκορ DVI*



***β**: Σκορ Land Use*

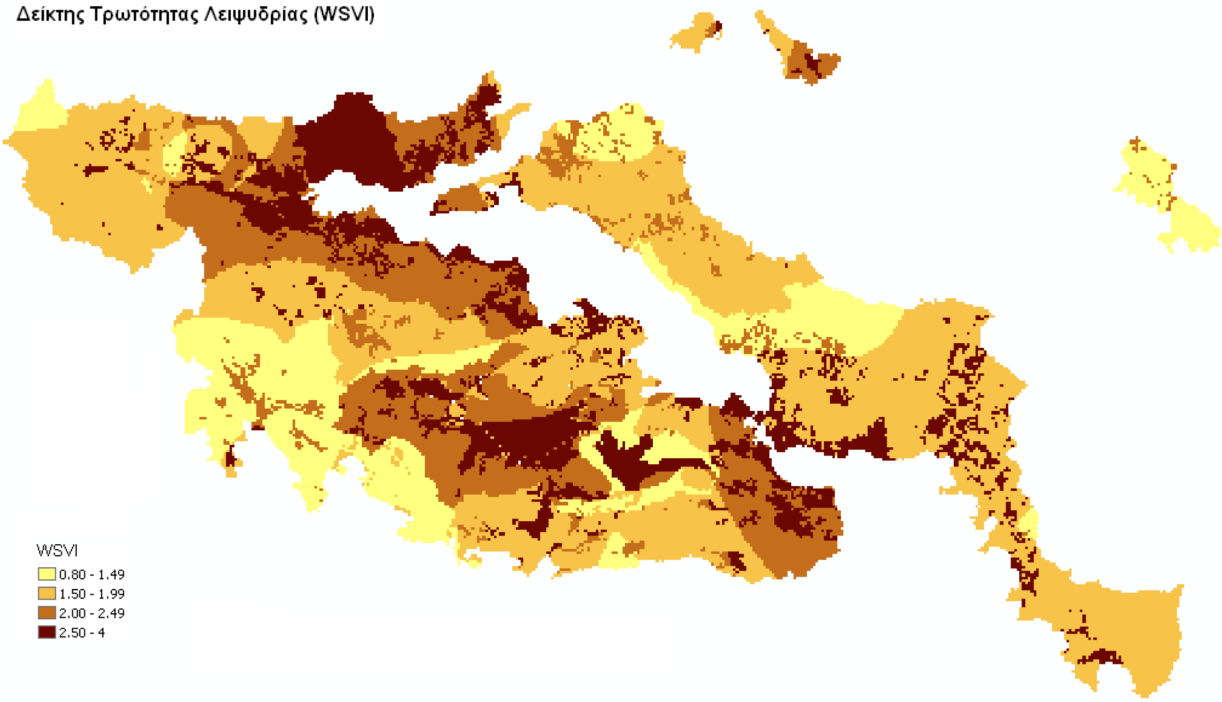


***γ**: Σκορ WEI_SW*



***δ**: Σκορ WEI_GW*

Σχήμα 7-29: Επιμέρους σκορ των παραμέτρων του Δείκτη Τρωτότητας Λειψυδρίας – Water Scarcity Vulnerability Index (WSVI).



Σχήμα 7-30: Ζώνες Τρωτότητας Λειψυδρίας με βάση το Δείκτη Τρωτότητας Λειψυδρίας – Water Scarcity Vulnerability Index (WSVI).

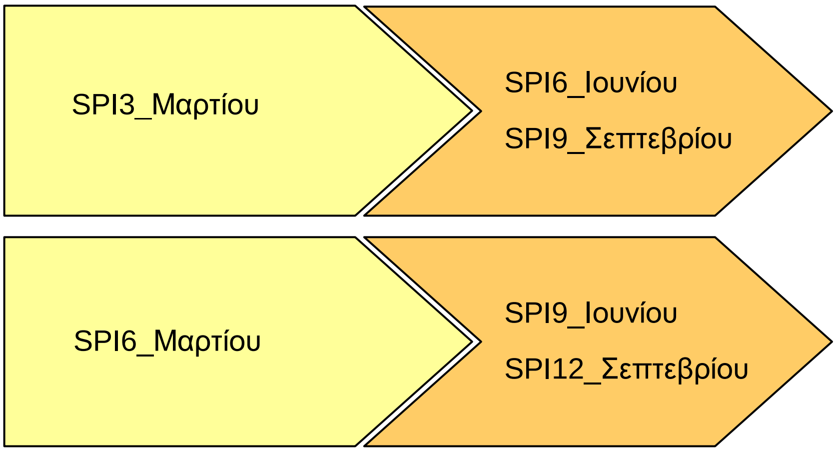
Με βάση το Δείκτη WSVI παρατηρούμε ότι οι περιοχές με τη μεγαλύτερη τρωτότητα στη λειψυδρία εντοπίζονται στην περιοχή των δήμων Στυλίδας, Εχιναίων, Πελασγίας, Λαμιαίων, Γοργοποτάμου, Μύλου, Καμμένων Βούρλων, Ορχομενού - Αλιάρτου (Κωπαϊδικό πεδίο), Θηβαίων, Αυλίδας, Αυλώνας, Οινοφύτων, στα παράλια των δήμων Αρτάκης, Χαλκιδαίων, Λιλαντίων, Ερέτριας, Αμαρύνθου της ΝΔ Εύβοιας, και στη Ν. Σκόπελο. Σε επίπεδο λεκάνης απορροής οι περιοχές υψηλής τρωτότητας συνοψίζονται στο Β.Α. τμήμα της Λ. Σπερχειού, Β. τμήμα της Λ. Παραλίας Καλλιδρομίου, Κεντρικό και Ν.Α. τμήμα Λ. Βοιωτικού Κιφησού, Α. τμήμα λεκάνης Ασωπού, Ν. τμήμα Σκοπέλου της Λ. Σποράδων, και κάποιες τοπικές εμφανίσεις στα Δυτικά παράλια της Κεντρικής Εύβοιας και στη Νότια Εύβοια.

8. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΓΙΑ ΕΓΚΑΙΡΗ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ

8.1 Μεθοδολογία πρόβλεψης μελλοντικών επεισοδίων ξηρασίας

Στην παρούσα ενότητα αναπτύσσεται μια μεθοδολογία για την έγκαιρη ανίχνευση πιθανών επερχόμενων επεισοδίων ξηρασίας με χρονικό ορίζοντα 3 και 6 μηνών με βάση το Δείκτη SPI με σκοπό ον επιχειρησιακό σχεδιασμό αντιμετώπισης της ξηρασίας. Οι δείκτες SPI3, SPI6, SPI9 και η αλληλο-συσχέτισή τους αναλύθηκαν με σκοπό την πρόγνωση/πρόβλεψη μελλοντικών επεισοδίων ξηρασίας. Με βάση τους δείκτες SPI3 και SPI6 του Μαρτίου αναλύθηκε η πιθανότητα μετάβασης σε ξηρασία κατά τον Ιούνιο και Σεπτέμβριο του ίδιου υδρολογικού έτους. Ο μήνας Μάρτιος επιλέχθηκε αφού αποτελεί συνήθως ένα καθοριστικό σημείο στη διαχείριση των υδροσυστημάτων και στην αποτίμηση του διαθέσιμου όγκου των ταμιευτήρων ενόψει της επακόλουθης καλοκαιρινής περιόδου (ξηρής περιόδου με αυξημένη ζήτηση νερού).

Πιθανότητα μετάβασης από ξηρασία σε ξηρασία



Σχήμα 8-1: Σχηματική απεικόνιση της μεθοδολογίας πρόβλεψης επόμενων επεισοδίων ξηρασίας για χρονικό ορίζοντα 3 και 6 μηνών

Αρχικά αναλύθηκε η πιθανότητα εκδήλωσης ξηρασίας κατά τους μήνες Ιούνιο και Σεπτέμβριο με βάση της καταγραφές του Δείκτη SPI3 το Μάρτιο (ο οποίος περιλαμβάνει τις βροχοπτώσεις του τριμήνου Ιανουαρίου-Μαρτίου) του ιδίου υδρολογικού έτους (χρονικός ορίζοντας 3 και 6 μηνών αντίστοιχα). Για το σκοπό αυτό οι τιμές του SPI κατηγοριοποιήθηκαν σε 4 κλάσεις

Πίνακας 8-1: Κλάσεις για την αποτίμησης της πιθανότητας μελλοντικών επεισοδίων ξηρασίας μα βάση το Δείκτη SPI3_Μαρτίου.

Τιμές SPI	Κλάση	Κατάσταση
SPI > 0	0	Κανονική βροχόπτωση ή/και υγρή περίοδος
-0.1 < SPI < -0.99	1	Κανονική βροχόπτωση με τάση προς ξηρασία
-1.0 < SPI < -1.49	2	Ξηρασία
-1.50 < SPI < -1.99	3	Σημαντική ξηρασία
SP1 > -2.0	4	Εξαιρετική ξηρασία

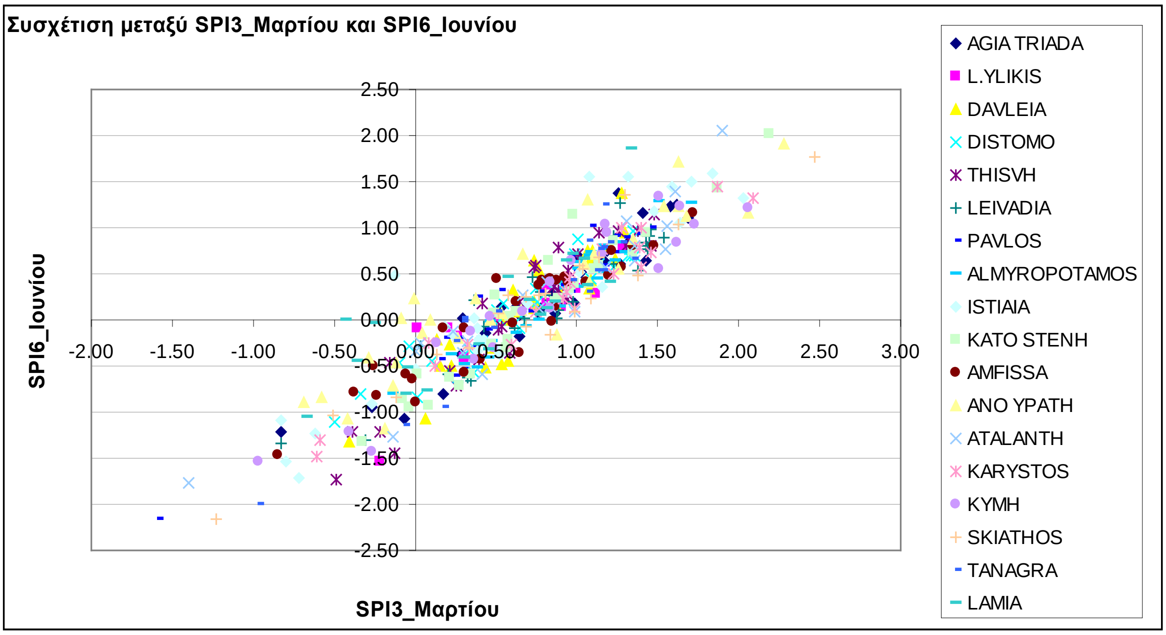
Για καθένα από τους 35 σταθμούς υπολογίστηκε ο αριθμός των περιστατικών μετάβασης από μια κλάση (κατά το μήνα Μάρτιο) σε μια άλλη κλάση κατά το μήνα Ιούνιο και Σεπτέμβριο, και τα σύνολα αθροίστηκαν προκειμένου να υπολογιστούν οι αντίστοιχες πιθανότητες . Για παράδειγμα, η πιθανότητα μετάβαση από κλάση 1 Μαρτίου σε κλάση 2 κατά τον Ιούνιο είναι 3,7%.

Πίνακας 8-2: Πιθανότητες μετάβασης κλάσεων από τον Μάρτιο στον Ιούνιο (επάνω), και από τον Μάρτιο στο Σεπτέμβριο (κάτω).

	Κλάσεις SPI6_Ιουνίου				
Κλάσεις SPI3_Μαρτίου	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**
0	63.3%	22.5%	0.1%	0.1%	0.0%
1	0.7%	7.3%	3.7%	1.0%	0.1%
2	0.0%	0.1%	0.0%	0.3%	0.4%
3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%
4	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%

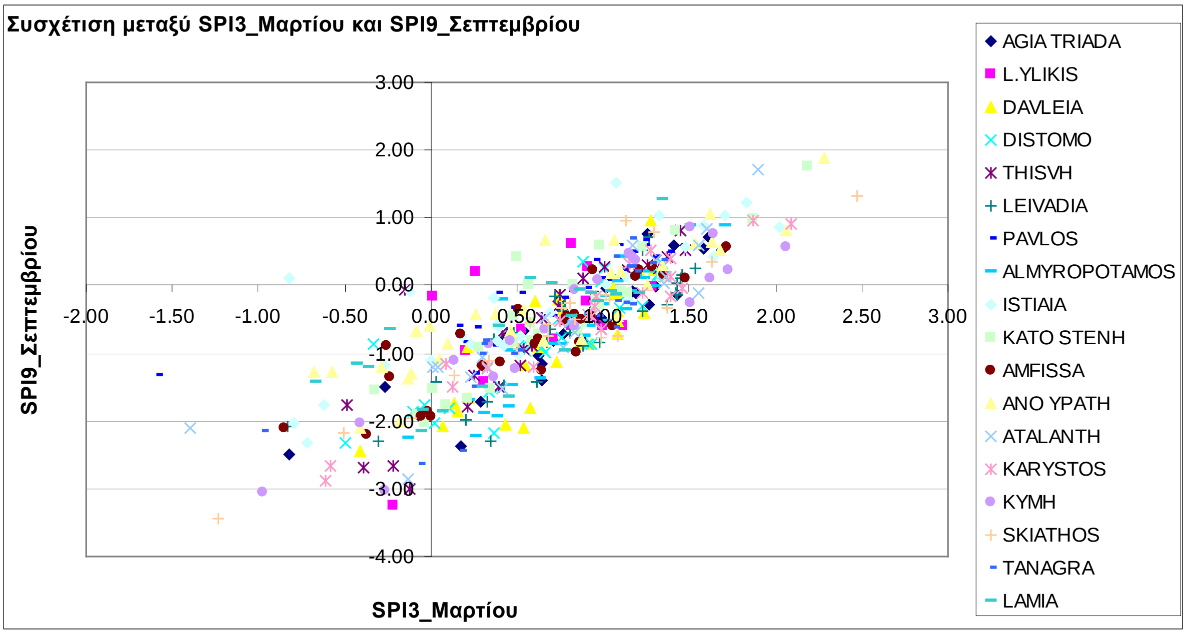
Κλάσεις SPI3_Μαρτίου	Κλάσεις SPI9_Σεπτεμβρίου 0	1	2	3	4
0	27.9%	40.4%	10.4%	5.0%	2.0%
1	0.3%	2.2%	2.8%	3.2%	4.5%
2	0.0%	0.1%	0.0%	0.2%	0.6%
3	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%
4	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%

Παρατηρούμε ότι από τον Μάρτιο στον Ιούνιο η πιθανότητα να μην αλλάξει η κλάση του Δείκτη SPI είναι 71%. Η πιθανότητα μετάβασης σε πιο ξηρές συνθήκες είναι 28%, ενώ η πιθανότητα μετάβασης σε πιο υγρές συνθήκες είναι περίπου 1%. Αξίζει να σημειωθεί ότι ενώ η κλάση 1 δεν αντικατοπτρίζει συνθήκες ξηρασίας αλλά απλά ελάχιστα αρνητικό δείκτη SPI, η πιθανότητα να εξελιχθούν αυτά τα επεισόδια σε ξηρασία κατά τον Ιούνιο είναι 4.8%. Αντίστοιχα, η πιθανότητα εξέλιξης της ξηρασίας του Μαρτίου σε σημαντική ή/και εξαιρετική ξηρασία κατά τον Ιούνιο είναι περίπου 1%. Κατά μέσο όρο υπολογίστηκε ότι ο δείκτης SPI αναμένεται να μειωθεί κατά 0,52 μονάδες από το Μάρτιο στον Ιούνιο, όσο δηλαδή είναι περίπου η διαφορά δύο διαδοχικών κλάσεων ξηρασίας. Η συσχέτιση μεταξύ των δεικτών SPI3_Μαρτίου και SPI6_Ιουνίου είναι εξαιρετική όπως φαίνεται και στο Σχήμα 8-2.



Σχήμα 8-2: Συσχέτιση μεταξύ των δεικτών SPI3_Μαρτίου και SPI6_Ιουνίου

Από τον Μάρτιο στο Σεπτέμβριο η πιθανότητα να μην αλλάξει η κλάση του Δείκτη SPI είναι 30%. Η πιθανότητα μετάβασης σε πιο ξηρές συνθήκες είναι 69%, ενώ η πιθανότητα μετάβασης σε πιο υγρές συνθήκες είναι περίπου 0,7%. Αξίζει να σημειωθεί ότι ενώ οι κλάση 1 δεν αντικατοπτρίζει συνθήκες ξηρασίας αλλά απλά ελάχιστα αρνητικό δείκτη SPI, η πιθανότητα να εξελιχθούν αυτά τα επεισόδια σε ξηρασία μέχρι το Σεπτέμβριο είναι 10,5%. Πιο σημαντικό είναι το γεγονός ότι επεισόδια με θετικές τιμές του δείκτη SPI3_Μαρτίου της τάξης του 0,7 κατά μέσο όρο (κλάση 0) έχουν πιθανότητα 17,5% να εξελιχθούν σε επεισόδια ξηρασίας μέχρι το Σεπτέμβριο, γεγονός που υποδηλώνει ότι ακόμα και οι χαμηλές θετικές τιμές του δείκτη SPI3_ Μαρτίου προδηλώνουν σημαντική επικινδυνότητα εμφάνισης συνθηκών ξηρασίας το φθινόπωρο. Η πιθανότητα εξέλιξης υφιστάμενης ξηρασίας του Μαρτίου σε σημαντική ή/και εξαιρετική ξηρασία κατά το Σεπτέμβριο είναι περίπου 1%. Κατά μέσο όρο υπολογίστηκε ότι ο δείκτης SPI αναμένεται να μειωθεί κατά 1,22 μονάδες από το Μάρτιο στο Σεπτέμβριο, όσο δηλαδή είναι περίπου η συνολική διαφορά τριών διαδοχικών κλάσεων ξηρασίας. Η συσχέτιση μεταξύ των δεικτών SPI3_Μαρτίου και SPI9_Σεπτεμβρίου είναι πάρα πολύ καλή όπως φαίνεται και στο Σχήμα 8-3.



Σχήμα 8-3: Συσχέτιση μεταξύ των δεικτών SPI3_Μαρτίου και SPI9_Σεπτεμβρίου

Επιπλέον, αναλύθηκε η πιθανότητα εκδήλωσης ξηρασίας κατά τους μήνες Ιούνιο και Σεπτέμβριο με βάση της καταγραφές του Δείκτη SPI6 το Μάρτιο (ο οποίος περιλαμβάνει τις βροχοπτώσεις του εξαμήνου Οκτωβρίου-Μαρτίου) του ιδίου υδρολογικού έτους (χρονικός ορίζοντας 3 και 6 μηνών αντίστοιχα). Για το σκοπό αυτό οι τιμές του SPI κατηγοριοποιήθηκαν σε 4 κλάσεις όπως προηγουμένως (Πίνακας 8-3).

Για καθένα από τους 35 σταθμούς υπολογίστηκε ο αριθμός των περιστατικών μετάβασης από μια κλάση (κατά το μήνα Μάρτιο) σε μια άλλη κλάση κατά το μήνα Ιούνιο και Σεπτέμβριο, και τα σύνολα αθροίστηκαν προκειμένου να υπολογιστούν οι αντίστοιχες πιθανότητες. Για παράδειγμα, η πιθανότητα μετάβαση από κλάση 1 Μαρτίου σε κλάση 2 κατά τον Ιούνιο είναι 1,9%.

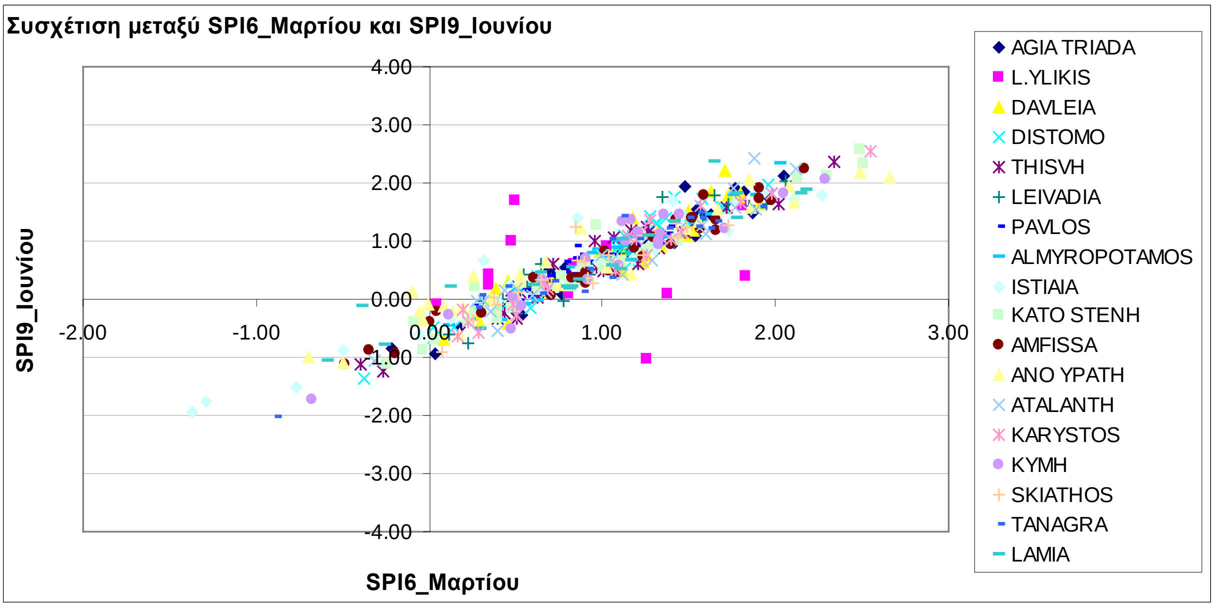
Πίνακας 8-3: Πιθανότητες μετάβασης κλάσεων από τον Μάρτιο στον Ιούνιο (επάνω), και από τον Μάρτιο στο Σεπτέμβριο (κάτω).

Κλάσεις SPI6_Μαρτίου	Κλάσεις SPI9_Ιουνίου				
	0	1	2	3	4
0	78.7%	13.8%	0.1%	0.0%	0.0%
1	0.3%	3.8%	1.9%	0.6%	0.1%
2	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%
3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%
4	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%

Κλάσεις SPI6_Μαρτίου	Κλάσεις SPI9_Σεπτεμβρίου				
	0	1	2	3	4
0	55.4%	29.2%	5.4%	2.1%	0.2%
1	0.7%	1.2%	2.1%	1.6%	1.3%
2	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%
3	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%
4	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%

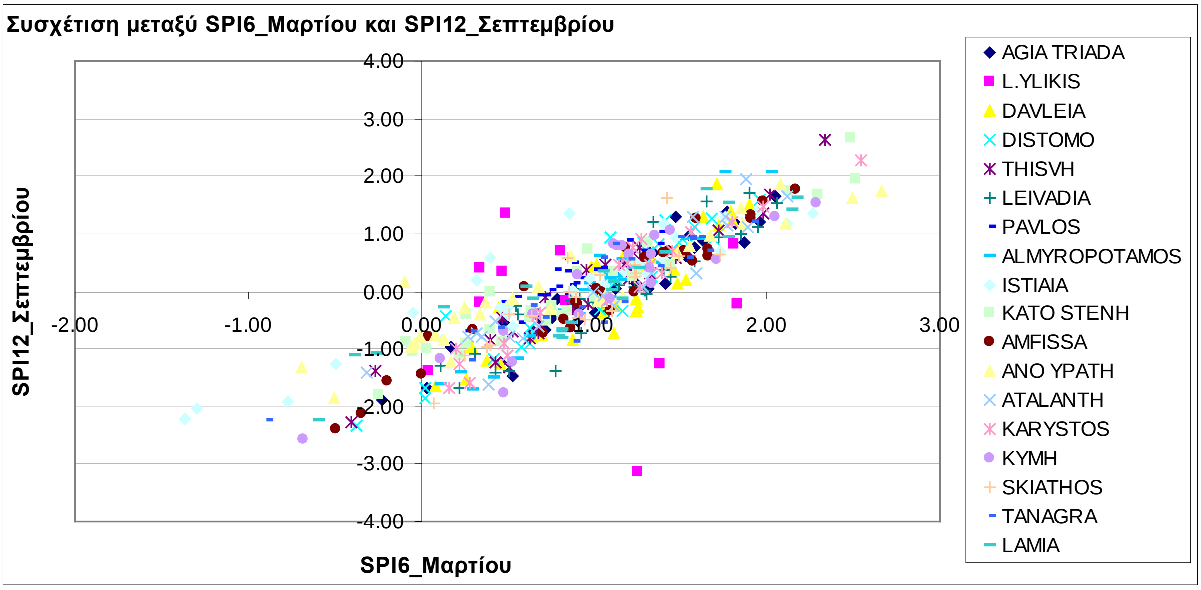
Παρατηρούμε ότι από τον Μάρτιο στον Ιούνιο η πιθανότητα να μην αλλάξει η κλάση του Δείκτη SPI είναι 82,5%. Η πιθανότητα μετάβασης σε πιο ξηρές συνθήκες είναι 17%, ενώ η πιθανότητα μετάβασης σε πιο υγρές συνθήκες είναι 0,4%. Αξίζει να σημειωθεί ότι ενώ η κλάση 1 δεν αντικατοπτρίζει συνθήκες ξηρασίας αλλά απλά ελάχιστα αρνητικό δείκτη SPI, η πιθανότητα να εξελιχθούν αυτά τα επεισόδια σε ξηρασία κατά τον Ιούνιο είναι 2,5%.

Αντίστοιχα, η πιθανότητα εξέλιξης της ξηρασίας του Μαρτίου σε σημαντική ή/και εξαιρετική ξηρασία κατά τον Ιούνιο είναι περίπου 0,4%. Κατά μέσο όρο υπολογίστηκε ότι ο δείκτης SPI αναμένεται να μειωθεί κατά 0,31 μονάδες από το Μάρτιο στον Ιούνιο, όσο δηλαδή είναι περίπου το μισό της διαφοράς δύο διαδοχικών κλάσεων ξηρασίας. Η συσχέτιση μεταξύ των δεικτών SPI6_Μαρτίου και SPI9_Ιουνίου είναι εξαιρετική όπως φαίνεται και στο Σχήμα 8-4.



Σχήμα 8-4: Συσχέτιση μεταξύ των δεικτών SPI6_Μαρτίου και SPI9_Ιουνίου

Από τον Μάρτιο στο Σεπτέμβριο η πιθανότητα να μην αλλάξει η κλάση του Δείκτη SPI είναι 57%. Η πιθανότητα μετάβασης σε πιο ξηρές συνθήκες είναι 42%, ενώ η πιθανότητα μετάβασης σε πιο υγρές συνθήκες είναι περίπου 1%. Αξίζει πάλι να σημειωθεί ότι ενώ οι κλάση 1 δεν αντικατοπτρίζει συνθήκες ξηρασίας αλλά απλά ελάχιστα αρνητικό δείκτη SPI, η πιθανότητα να εξελιχθούν αυτά τα επεισόδια σε ξηρασία μέχρι το Σεπτέμβριο είναι 5%. Πιο σημαντικό είναι το γεγονός ότι επεισόδια με θετικές τιμές του δείκτη SPI3_Μαρτίου της τάξης του 0,7 κατά μέσο όρο (κλάση 0) έχουν πιθανότητα 7% να εξελιχθούν σε επεισόδια ξηρασίας μέχρι το Σεπτέμβριο, γεγονός που υποδηλώνει ότι ακόμα και οι χαμηλές θετικές τιμές του δείκτη SPI3_ Μαρτίου προδηλώνουν επικινδυνότητα εμφάνισης συνθηκών ξηρασίας το φθινόπωρο. Η πιθανότητα εξέλιξης υφιστάμενης ξηρασίας του Μαρτίου σε σημαντική ή/και εξαιρετική ξηρασία κατά το Σεπτέμβριο είναι περίπου 0,4%. Κατά μέσο όρο υπολογίστηκε ότι ο δείκτης SPI αναμένεται να μειωθεί κατά 0,90 μονάδες από το Μάρτιο στο Σεπτέμβριο, όσο δηλαδή είναι περίπου η συνολική διαφορά δύο διαδοχικών κλάσεων ξηρασίας. Η συσχέτιση μεταξύ των δεικτών SPI6_Μαρτίου και SPI12_Σεπτεμβρίου είναι πάρα πολύ καλή όπως φαίνεται και στο Σχήμα 8-5.



Σχήμα 8-5: Συσχέτιση μεταξύ των δεικτών SPI6_Μαρτίου και SPI912_Σεπτεμβρίου

Οι πιθανότητες μετάβασης από μια κλάση σε μία άλλη και από κανονικές συνθήκες σε συνθήκες ξηρασίας για χρονικό ορίζοντα 3 και 6 μηνών, όπως αυτές προκύπτουν με βάση τη ανάλυση συσχέτισης των δεικτών SPI Μαρτίου, Ιουνίου και Σεπτεμβρίου, συνοψίζονται στον ακόλουθο Πίνακας 8-4. Παρατηρείται ότι σε περίπτωση που υπάρχει ήδη ξηρασία κατά το Μάρτιο η πιθανότητές εξέλιξής της σε σημαντική ή/και εξαιρετική ξηρασία (κλάσεις 3,4) είναι πολύ μικρές 0,4 – 1%. Αυτό όμως που είναι ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός ότι σε περίπτωση που δεν έχει εκδηλωθεί ξηρασία κατά το Μάρτιο υπάρχουν σημαντικές πιθανότητες εκδήλωσής της τον Ιούνιο (2,5 -5%) και το Σεπτέμβριο (5 – 10.5%), εάν ο SPI3 και SPI6 του Μαρτίου έχουν ελαφρά αρνητικές τιμές. Το ίδιο παρατηρείται ακόμα και στην περίπτωση που οι SPI3 και SPI6 του Μαρτίου έχουν μικρές θετικές τιμές (0 – 0,7 περίπου), όπου οι πιθανότητες εκδήλωσης ξηρασία το Σεπτέμβριο κυμαίνονται από 7-15%.

Πίνακας 8-4: Πιθανότητες μετάβασης κλάσεων από τον Μάρτιο στον Ιούνιο και στο Σεπτέμβριο με βάση τη συσχέτιση των δεικτών SPI3,6, 9.

Συγκρινόμενοι Δείκτες / Πιθανότητες	SPI3_Μαρτίου SPI6_Ιουνίου	SPI6_Μαρτίου SPI9_Ιουνίου	SPI3_Μαρτίου SPI6_Σεπτεμβρίου	SPI6_Μαρτίου SPI9_Σεπτεμβρίου
Παραμονή στην ίδια κλάση	71%	82,5%	30%	57%
Μετάβαση σε πιο ξηρές συνθήκες	28%	17%	69,3%	42%
Μετάβαση σε πιο υγρές συνθήκες	1%	0,5%	0,7%	1%
Μετάβαση από κλάση 1 (ελάχιστα αρνητικός SPI) σε ξηρασία	4,8%	2,5%	10,5%	5%
Μετάβαση από κλάση 0 με ελάχιστα θετικό SPI (έως ≈ 0.7) σε ξηρασία	0,1%	0,1%	15%	7%
Μετάβαση από κλάση 2 (ξηρασία) σε σημαντική ή/και εξαιρετική ξηρασία (κλάσεις 3,4)	1%	0,4%	1%	0,4%
Αλλαγή κατά μέσο όρο στην τιμή του SPI (σε μονάδες)	- 0,52	- 0,31	-1,22	- 0,90

8.2 Προτάσεις για τη δημιουργία μηχανισμού έγκαιρης προειδοποίησης

Η ετοιμότητα και η έγκαιρη προειδοποίηση είναι οι παράγοντες κλειδιά για τη μεταγενέστερη επιχειρησιακή διαχείριση της ξηρασίας και καθορίζουν την επιτυχία του συνολικού σχεδίου διαχείρισης της ξηρασίας. Προκειμένου για την έγκαιρη προειδοποίηση είναι απαραίτητη η λειτουργία ενός ευέλικτου και αποτελεσματικού μηχανισμού, ο οποίος θα βασίζεται στην παρακολούθηση κατάλληλων παραμέτρων και δεικτών ώστε να ανιχνευθούν νωρίς ενδείξεις επερχόμενης ξηρασίας και να προσαρμοστεί κατάλληλα η διαχείριση του υδροσυστήματος.

Οι βασικές συνιστώσες ενός επιτυχούς μηχανισμού έγκαιρης προειδοποίησης είναι:

1. η ύπαρξη **συστήματος συνεχούς παρακολούθησης** και καταγραφής της εξέλιξης των μετεωρολογικών και υδρολογικών μεταβλητών και της διαθεσιμότητας των υδατικών πόρων
2. η ύπαρξη **κατάλληλων δεικτών** οι οποίοι θα μπορούν να ανιχνεύσουν την έναρξη επεισοδίων ξηρασίας και την πιθανή εξέλιξή τους στους επόμενους μήνες ώστε να προκύψει μια άμεση και εύκολη ανάλυση της δριμύτητας της ξηρασίας με σκοπό την

υποστήριξη των αποφάσεων για τη μείωση της τρωτότητας και τον περιορισμό των επιπτώσεων,

3. ο ορθός προσδιορισμός των συνθηκών και των **ορίων που δηλώνουν τα επίπεδα** ξηρασίας (προειδοποίηση, συναγερμός, έκτακτη ανάγκη) και ο πλήρης καθορισμός των αντικειμένων διαχείρισης σε κάθε επίπεδο ξηρασίας,
4. η **σωστή διακυβέρνηση** ώστε να εφαρμοστούν έγκαιρα τα κατάλληλα μέτρα αντιμετώπισης και μετριασμού,
5. η ύπαρξη κατάλληλων **υποδομών για τη διάδοσή-διάχυση της πληροφορίας** σε όσο το δυνατόν περισσότερους χρήστες πέρα των δημόσιων φορέων ώστε να ευαισθητοποιηθούν και να συντελέσουν στη προσπάθεια αντιμετώπισης μιας επικείμενης κρίσης.

Το κύριο αντικείμενο ενός συστήματος συνεχούς παρακολούθησης είναι να βοηθήσει τους αποφασίζοντες να εντοπίσουν τις συνθήκες προειδοποίησης για ξηρασία ώστε να μπορέσουν να εφαρμόσουν τα βέλτιστα μέτρα περιορισμού έγκαιρα και να αποφευχθεί μι διαχείριση κρίσης. Στην προηγούμενη ενότητα παρουσιάστηκε μια μεθοδολογία εκτίμησης της πιθανότητας μελλοντικής ξηρασίας με χρονικό ορίζοντα 3 και 6 μηνών κάνοντας χρήση των δεικτών SPI3 και SPI6 του Μαρτίου. Ο μήνας Μάρτιος θεωρείται ένας «ορόσημος» μήνας για τη διαχείριση των υδροσυστημάτων και ταμιευτήρων στην Ελλάδα. Προτείνεται λοιπόν η συνεχής παρακολούθηση των δεικτών SPI3 και SPI6 και ο ορισμός επιπέδων επιφυλακής με κύριο γνώμονα τις τιμές τους κατά το μήνα Μάρτιο. Σύμφωνα με την έκθεση του WG WSG “Drought Management Plan Report Including Agricultural, Drought Indicators and Climate Change Aspects” (Technical Report - 2008 – 023), οι επικρατούσες συνθήκες ξηρασίας είτε εμπίπτουν σε κάποιο επίπεδο επιφυλακής, ή είναι σε κατάσταση εκτός επιφυλακής. Τα επίπεδα επιφυλακής είναι τέσσερα και κυμαίνονται από «ήπιο» σε «μέτριο» σε «υψηλό» και τέλος σε «εξαιρετικά υψηλό». Προτείνεται η αντιστοίχηση των ορίων επιφυλακής σε σχέση με τις τιμές των δεικτών SPI3 και SPI6 Μαρτίου, με μια συντηρητική προσέγγιση όπως παρουσιάζεται στον Πίνακας 8-5.

Πίνακας 8-5: Επίπεδα επιφυλακής σε σχέση με τους δείκτες SPI3 και SPI6 του μήνα Μαρτίου

Κατάσταση	Επίπεδο Επιφυλακής	Χρονικός ορίζοντας 3 μηνών	Χρονικός ορίζοντας 6 μηνών	Αποθέματα νερού
Φυσιολο γι-κή (normal)	Εκτός επιφυλακής	SPI3 > 0 SPI6 > 0	SPI3 > 0,7 SPI6 > 0,7	Επάρκεια
Προειδοποί-ησης (warning)	Ήπια επιφυλακή	- 0,5 < SPI3 < 0 - 0,5 < SPI6 < 0	0 < SPI3 < 0,7 0 < SPI6 < 0,7	Ελαφριά έλλειψη
	Μέτρια επιφυλακή	SPI3 < - 0,5 SPI6 < - 0,5	SPI3 < 0 SPI6 < 0	Μέτρια έλλειψη
Συναγερμο ύ (alert)	Υψηλή επιφυλακή	SPI3 < - 1,0 SPI6 < - 1,0	SPI3 < -1,0 SPI6 < - 0,5	Σημαντική έλλειψη
Έκτακτης ανάγκης (emergency)	Εξαιρετικά υψηλή επιφυλακή	SPI3 < - 1,5 SPI6 < - 1,5	SPI3 < - 1,5 SPI6 < - 1,0	Εξαιρετική έλλειψη

Συμπληρωματικά με το δείκτη SPI3, SPI6 Μαρτίου προτείνεται και η παρακολούθηση επιπλέον δεικτών για πληρέστερη αποτύπωση της κατάστασης και έγκαιρη ανίχνευση απότομων αλλαγών. Οι προτεινόμενοι επιπλέον δείκτες είναι:

- Ο Δείκτης Απορροής της Υγρής περιόδου (για την περίοδο Οκτώβριος-Δεκέμβριος και την περίοδο Οκτώβριος-Μάρτιος), ως ο λόγος της απόκλισης της απορροής από τη μέση τιμή προς την τυπική απόκλιση (Qi – Qmean / St.dev)
- Ο Δείκτης αποθεμάτων προκειμένου να παρακολουθείται ο όγκος του διαθέσιμου νερού στα κύρια έργα ταμίευσης και να ανιχνεύονται εγκαίρως τυχόν ελλείμματα
- Οι δείκτες WEI_SW, WEI_GW, WSVI: εδώ προτείνεται υπέρθεση του δείκτη SPI3, SPI6 (χωρικά) με τους χάρτες απεικόνισης των δεικτών αυτών που αναπτύχθηκαν στην παρούσα μελέτη προκειμένου να εντοπιστούν οι περιοχές υψηλής τρωτότητας και αυξημένων πιέσεων (λόγω μεγάλης απόληψης νερού σε σχέση με το διαθέσιμο υδατικό δυναμικό) οι οποίες θα είναι πιο ευάλωτες σε στην επικείμενη ξηρασία, και να σχεδιαστούν στοχευμένα μέτρα μετριασμού.

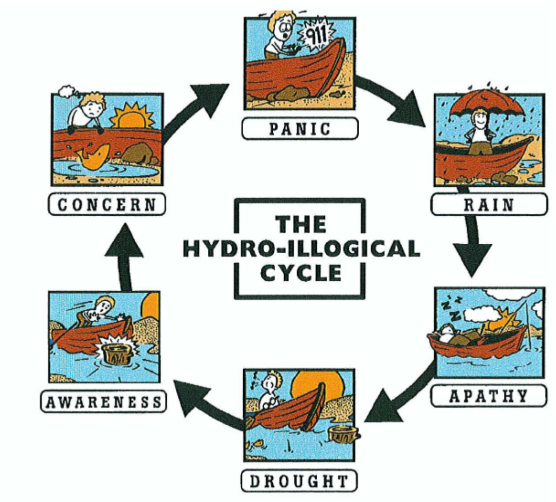
Μια επιπλέον συνιστώσα του μηχανισμού έγκαιρης προειδοποίησης είναι η ανίχνευση επεισοδίων «**παρατεταμένης ξηρασίας**». Ο όρος αυτό αναφέρεται στο Άρθρο 4 της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ και δηλώνει ένα επεισόδιο δριμείας ξηρασίας τέτοιου μεγέθους που μπορεί να προκαλέσει προσωρινή υποβάθμιση της οικολογικής κατάστασης των υδάτινων σωμάτων παρά τη λήψη μέτρων προστασίας που προβλέπονται στο Σχέδιο Διαχείρισης του ΥΔ. Για την ανίχνευση τέτοιων επεισοδίων η παρούσα μελέτη υιοθετεί την προσέγγιση του Τελικού Σχεδίου Διαχείρισης Ξηρασίας της Κύπρου (Κυπριακή Δημοκρατία, Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, ΤΑΥ, 2011).

Για το Δείκτη SPI12 που αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 7.1 ως όριο Μεγέθους Ξηρασίας (DM) για την κατάταξη ενός επεισοδίου ως «παρατεταμένη ξηρασία» ορίζεται το 30. Έτσι, με βάση την ανάλυση του Κεφαλαίου 7.1 και όπως φαίνεται στο Σχήμα 7-11 και Σχήμα 7-12, «παρατετεμένη ξηρασία» εκδηλώθηκε το διάστημα 1988-91, 1992-94, 1999-2002 σε διάφορους σταθμούς, 1989-93 στην Τυμφρηστό, 2003-05 στην Καλλιθέα, 2002-2005 στην Ιστιαία, 2003-2008 στη Ιτέα, 2004-08 στο Ζηλευτό, 2004-09 στον Επτάλοφο, 2004-10 στην ‘Άνω Υπάτη, 2006-10 στην Ιστιαία, 2007-2009 στην Αγία Τριάδα και 2008-10 στον Παύλο. Γενικά παρατηρείται ότι την τελευταία δεκαετία τα επεισόδια παρατεταμένη ξηρασίας έχουν μεγαλύτερα μεγέθη και πολλές φορές πρόκειται για συνένωση επεισοδίων σε μακρύτερα. Ως ένδειξη έγκαιρης προειδοποίησης ότι ένα επεισόδιο εξελίσσεται σε παρατεταμένη ξηρασία προτείνεται η σύγκριση της τιμής του δείκτη SPI12 με την τιμή του DM. Εάν ο δείκτης SPI είναι μικρότερος του -1,5 όταν το μέγεθος DM είναι ίσο με 15, δηλαδή SPI12 < - 1,5 και DM ≥ 15, τότε υπάρχει ένδειξη ότι το επεισόδιο ξηρασίας εξελίσσεται σε παρατεταμένη ξηρασία.

9. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΣΤΟ ΥΔ

9.1 Διαχείριση Ξηρασίας

Η αντιμετώπιση των δυσμενών επιπτώσεων από τη ξηρασία επιχειρείται συχνά με κατασταλτικά κυρίως μέτρα που λαμβάνονται μετά την εκδήλωση του φαινομένου. Τέτοια μέτρα αφορούν πρωτίστως στην αύξηση της προσφοράς νερού, στη μείωση της ζήτησης και στην αποζημίωση των πληγέντων. Στην προκειμένη περίπτωση γίνεται δηλαδή διαχείριση της κρίσης της ξηρασίας. Τα μέτρα που αναφέρθηκαν διαρκούν τόσο όσο και η ξηρασία και τα αποτελέσματά τους δεν είναι κατά κανόνα ικανοποιητικά. Αυτό οφείλεται στην έλλειψη υποδομής για αντοχή των συστημάτων που πλήττονται από ξηρασία και στην ανετοιμότητα των διαχειριστών των φυσικών πόρων και των υδατικών συστημάτων να εκτιμήσουν εγκαίρως την ένταση, διάρκεια και την περιοχή επικράτησης της ξηρασίας. Το χειρότερο όμως είναι πως πολλά από τα μέτρα και έργα που προτείνονται από τις κυβερνήσεις κατά τη διάρκεια της ξηρασίας, εγκαταλείπονται ημιτελή ή δεν κατασκευάζονται καθόλου μόλις αρχίσουν οι βροχοπτώσεις. Επιπλέον, οι επιπτώσεις της ξηρασίας ξεχνιούνται μέχρι να “χτυπήσει” η επόμενη με πιο δυσμενείς επιπτώσεις. Ο φαύλος αυτός κύκλος “διαχείρισης” της ξηρασίας απεικονίζεται με τον υδρο-παράλογο κύκλο της ξηρασίας στο Σχήμα 9-1. Συνήθως τα μέτρα που λαμβάνονται όταν το φαινόμενο είναι σε εξέλιξη για τη διαχείριση της κρίσης δεν φέρνουν τα επιθυμητά αποτελέσματα και έχουν μεγάλο κόστος. Υπάρχουν πολλά παραδείγματα κρατών τα οποία αντιμετώπισαν την κρίση με τέτοια μέτρα.

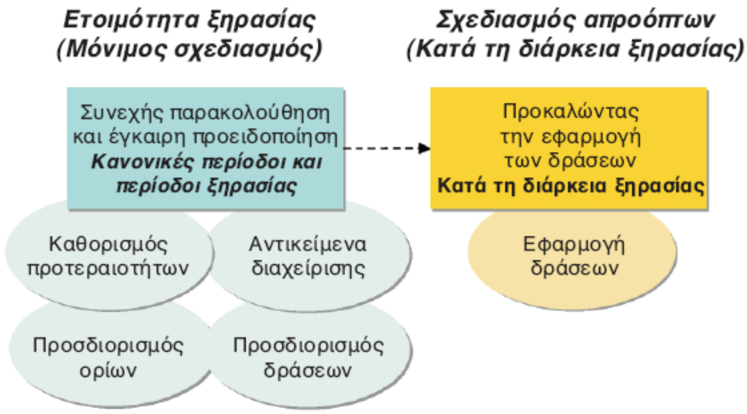


Σχήμα 9-1: Ο «υδρο-παράλογος κύκλος» (National Drought Mitigation Center, 2007)

Οι δύο βασικές προσεγγίσεις διαχείρισης της ξηρασίας σχετίζονται με τη διαχείριση πριν ή κατά τη διάρκεια μιας περιόδου ξηρασίας:

Η **διορθωτική προσέγγιση** βασίζεται στην εφαρμογή μέτρων και δράσεων μετά την εκκίνηση και την αντίληψη του φαινομένου ξηρασίας. Η προσέγγιση αυτή λαμβάνεται κυρίως σε καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης. Συχνά έχει ως αποτέλεσμα αναποτελεσματικές τεχνικές και οικονομικές λύσεις, καθώς οι αποφάσεις λαμβάνονται μέσα σε λίγο χρόνο για την εκτίμηση των βέλτιστων δράσεων και η συμμετοχή των άμεσα ενδιαφερόμενων είναι πολύ περιορισμένη.

Η **προληπτική προσέγγιση** περιλαμβάνει τον έγκαιρο σχεδιασμό των μέτρων, με τα κατάλληλα εργαλεία σχεδιασμού και τη συμμετοχή των άμεσα ενδιαφερομένων. Η προσέγγιση αυτή βασίζεται τόσο στα βραχυπρόθεσμα όσο και στα μακροπρόθεσμα μέτρα και περιλαμβάνει τη συνεχή παρακολούθηση και καταγραφή των συστημάτων για μια έγκαιρη προειδοποίηση των συνθηκών ξηρασίας. Έγκειται στον έγκαιρο σχεδιασμό των απαραίτητων μέτρων για την πρόληψη ή την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων της ξηρασίας. Η προληπτική μέθοδος προβλέπει τη συνεχή καταγραφή των υδρομετεωρολογικών μεταβλητών και της κατάστασης των υδατικών αποθεμάτων, ώστε να αναγνωριστούν πιθανές καταστάσεις κρίσης και να εφαρμοστούν τα απαραίτητα μέτρα πριν εμφανιστεί πραγματική ανάγκη σε νερό. Εν τούτοις, αν δεν είναι δυνατό να αποφευχθεί μια κρίση που εμφανίζεται ως φυσική δημόσια καταστροφή (μετά την κυβερνητική ανακοίνωση), το Σχέδιο Απρόοπτης Ξηρασίας υλοποιείται μέχρι την επαναφορά σε κανονικές συνθήκες. Στο Σχήμα 9-2 απεικονίζονται τα βασικά στοιχεία της προληπτικής προσέγγισης. Είναι προφανές ότι αυτή η προσέγγιση, ακόμα κι αν είναι πιο περίπλοκη, είναι πιο αποτελεσματική από τη διορθωτική (και πιο συνηθισμένη) προσέγγιση, καθώς επιτρέπει τον προσδιορισμό εκ των προτέρων μέτρων περιορισμού (τόσο μακροπρόθεσμα όσο και βραχυπρόθεσμα), βελτιώνοντας την ποιότητα των παρεμβάσεων. Ωστόσο, για πολλούς λόγους, οι κυβερνήσεις δυσκολεύονται να εγκαταλείψουν τη διορθωτική προσέγγιση και να υιοθετήσουν την πρόληψη.



Σχήμα 9-2: Σύνοψη των χαρακτηριστικών της προληπτικής προσέγγισης (Ε.Ε., MEDAWater, MEDROPLAN, 2006).

9.2 Επιχειρησιακός Σχεδιασμός και Μέτρα

Η αργή εκκίνηση του φαινομένου καθώς και η απουσία ενός καθολικά αποδεκτού ορισμού της ξηρασίας προκαλεί προβλήματα στους επιστήμονες, στους διαχειριστές φυσικών πόρων και σε αυτούς που παίρνουν τις αποφάσεις. Επίσης, επειδή η ξηρασία δεν είναι τόσο ορατή όσο άλλες φυσικές καταστροφές, ο κόσμος αρκετές φορές δυσκολεύεται να συνειδητοποιήσει τις συνέπειές της και την ανάγκη για κατάλληλο σχεδιασμό διαχείρισης. Ακόμη, άλλο ένα εμπόδιο είναι η έλλειψη μεθοδολογιών, οι οποίες θα κατευθύνουν τους ανθρώπους στον απαραίτητο προγραμματισμό (National Drought Mitigation Center, USA, 2007). Για αυτό το λόγο, ο D. A. Wilhite (Wilhite, 1991; Wilhite et al., 2000) ανέπτυξε και αναθεώρησε μια μεθοδολογία που παρέχει οδηγίες, βασικά στοιχεία σχεδιασμού και μια διαδικασία 10 βημάτων προγραμματισμού διαχείρισης ξηρασίας που μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιαδήποτε βαθμίδα κρατικού ή γεωγραφικού περιβάλλοντος. Τα 10 αυτά βήματα συνοπτικά είναι τα εξής:

1. Ορισμός μιας επιτροπής που θα ηγείται της προσπάθειας
2. Καθορισμός σκοπού και στόχων του σχεδιασμού
3. Αναζήτηση ομάδων με συγκρουόμενα συμφέροντα και συνεργασία μεταξύ τους
4. Καταγραφή πόρων και εκτίμηση της τρωτότητάς τους στην ξηρασία
5. Σύνταξη του σχεδίου ξηρασίας
6. Καθορισμός των αναγκών για την απαραίτητη έρευνα και πλήρωση τυχόν θεσμικών κενών,
7. Κατανόηση και συνεργασία μεταξύ επιστημόνων και πολιτικών,
8. Δημοσιοποίηση του σχεδίου ξηρασίας – ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του κόσμου,
9. Ανάπτυξη εκπαιδευτικών και ενημερωτικών προγραμμάτων
10. Εκτίμηση και αναθεώρηση του σχεδίου ξηρασίας

Παρόμοια είναι και η μεθοδολογία που αναπτύσσεται στις Οδηγίες Διαχείρισης Ξηρασίας (E.E., MEDAWater, MEDROPLAN, 2006) και συνοψίζεται στο Σχήμα 9-3. Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή το μεθοδολογικό μέρος περιλαμβάνει το χαρακτηρισμό και τη συνεχή παρακολούθησης, την αποτίμηση της επικινδυνότητας και της τρωτότητας της ξηρασίας, και πρέπει να είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με ένα επιχειρησιακό μέρος που σκοπό του έχει τον προσδιορισμό των μέτρων και του μόνιμου σχεδιασμού.

Σχήμα 9-3: Μεθοδολογία σχεδίου διαχείρισης της ξηρασίας (Ε.Ε., MEDAWater, MEDROPLAN, 2006).

Το γενικό αντικείμενο κάθε επιχειρησιακής δράσης είναι η ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων της ξηρασίας και της λειψυδρίας, διατηρώντας τις κοινωνικές και οικολογικές υπηρεσίες του ύδατος. Εν τούτοις, δεν είναι όλες οι δράσεις κατάλληλες και εφαρμόσιμες σε κάθε κατάσταση και στιγμή. Η κατάταξη των δράσεων επιτρέπει κάποιο επίπεδο προτεραιοτήτων, το οποίο εξαρτάται από επιλεγμένα χαρακτηριστικά. Για τις ανάγκες του ΥΔ07 τα προτεινόμενα μέτρα έχουν επιλεχθεί με βάση δύο προτεραιότητες:

- Πρώτη προτεραιότητα: Εξασφάλιση επαρκών προμηθειών εγχώριου ύδατος διαθέσιμων για τη δημόσια υγεία, ασφάλεια και ευημερία.
- Δεύτερη προτεραιότητα: Ελαχιστοποίηση αρνητικών επιπτώσεων στην οικονομία, το περιβάλλον και την κοινωνική ευημερία.

Στην προηγουμενη ενότητα 8.2 του παρόντος Σχεδίου παρουσιάστηκαν τα προτεινόμενα επίπεδα επιφυλακής σε σχέση με τους δείκτες SPI3 και SPI6του μήνα Μαρτίου και η αντίστοιχη κατηγοριοποίηση σε φυσιολογική κατάσταση, κατάσταση προειδοποίησης, συναγερμού και έκτακτης ανάγκης (Πίνακας 8-5). Στην παρούσα ενότητα προτείνονται συγκεκριμένα μέτρα για κάθε επίπεδο επιφυλακής.

- Κατάσταση προειδοποίησης (επίπεδα επιφυλακής ήπιο και μέτριο) εφαρμόζεται όταν η συνεχής παρακολούθηση δείχνει το αρχικό στάδιο ανάπτυξης της ξηρασίας, το οποίο αντιστοιχεί σε μέτρια επικινδυνότητα κατανάλωσης όλου του ύδατος που αποθηκεύεται στο σύστημα και δεν επιτρέπει την ικανοποίηση της ζήτησης ύδατος. Το αντικείμενο διαχείρισης στην κατάσταση προειδοποίησης είναι η προετοιμασία για την πιθανότητα ξηρασίας. Αυτό σημαίνει την εξασφάλιση της δημόσιας αποδοχής των μέτρων που θα ληφθούν αν η ένταση της ξηρασίας αυξηθεί, αυξάνοντας την ενημερότητα της πιθανότητας κοινωνικών επιπτώσεων λόγω ξηρασίας. Τα μέτρα που λαμβάνονται στην κατάσταση προειδοποίησης γενικά έμμεσης φύσης, εφαρμόζονται εθελοντικά από τους άμεσα ενδιαφερόμενους και έχουν συνήθως χαμηλό κόστος. Σκοπός είναι η προετοιμασία των χρηστών για μελλοντικές δράσεις. Όσον αφορά στο σώμα διαχείρισης των υδάτων, οι κύριες δράσεις είναι η εντατικοποίηση της συνεχούς παρακολούθησης, συνήθως μέσω της δημιουργίας ή της ενεργοποίησης επιτροπών ξηρασίας, και η αποτίμηση μελλοντικών σεναρίων, με ειδική προσοχή στα σενάρια της χειρότερης περίπτωσης. Όσον αφορά στους άμεσα ενδιαφερόμενους, θα πρέπει να εστιάσουν στην επικοινωνία και την ενημερότητα. Γενικά, λαμβάνονται μη δομημένα μέτρα, που στοχεύουν στη μείωση της ζήτησης ύδατος, ώστε να αποφευχθούν οι καταστάσεις συναγερμού ή εκτάκτου ανάγκης.

- Κατάσταση συναγερμού (επίπεδο επιφυλακής υψηλό) εφαρμόζεται όταν η συνεχής παρακολούθηση δείχνει ότι η ξηρασία εμφανίζεται και πιθανά θα έχει επιπτώσεις στο μέλλον αν δεν ληφθούν αμέσως μέτρα. Υπάρχει μια σημαντική πιθανότητα να υπάρχουν ελλείμματα ύδατος στο χρονικό ορίζοντα. Το αντικείμενο διαχείρισης στην κατάσταση συναγερμού είναι να υπερνικηθεί η ξηρασία, αποφεύγοντας την κατάσταση εκτάκτου ανάγκης, βελτιώνοντας την πολιτική εξοικονόμησης ύδατος και επιστρατεύοντας πρόσθετες παροχές ύδατος. Τα μέτρα αυτά πρέπει να εξασφαλίσουν παροχή ύδατος τουλάχιστον κατά τη διάρκεια του απαραίτητου χρονικού διαστήματος για την ενεργοποίηση και εφαρμογή εκτάκτων μέτρων. Το είδος των μέτρων που λαμβάνονται σε κατάσταση συναγερμού είναι γενικά άμεσης φύσης, είναι υποχρεωτικά για τους άμεσα ενδιαφερόμενους και είναι γενικά χαμηλού με μέτριου κόστους υλοποίησης, παρόλο που μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην οικονομία των άμεσα ενδιαφερομένων. Τα περισσότερα μέτρα περιλαμβάνουν τμηματικούς περιορισμούς για τις υδατικές χρήσεις οι οποίες δεν επηρεάζουν το πόσιμο νερό ή την ανταλλαγή ύδατος μεταξύ χρήσεων. Το τελευταίο μπορεί να είναι μια δυνητική πηγή συμπλοκών επειδή τα δικαιώματα των χρηστών ύδατος και οι προτεραιότητες υπό κανονικές συνθήκες καταπατώνται, καθώς το νερό θα πρέπει να διανεμηθεί για χρήσεις υψηλότερης προτεραιότητας.

- Η κατάσταση εκτάκτου ανάγκης (επίπεδο επιφυλακής εξαιρετικά υψηλό) εφαρμόζεται όταν οι δείκτες ξηρασίας δείχνουν ότι έχουν εμφανιστεί οι επιπτώσεις και η παροχή δεν είναι εγγυημένη αν εμμείνει η ξηρασία. Το αντικείμενο διαχείρισης κατά την κατάσταση εκτάκτου ανάγκης είναι ο περιορισμός των επιπτώσεων και η ελαχιστοποίηση της ζημιάς. Προτεραιότητα έχει η ικανοποίηση των ελάχιστων απαιτήσεων για το πόσιμο νερό. Άλλες χρήσεις ύδατος είναι δευτερεύουσα προτεραιότητα σε αυτό το επίπεδο ξηρασίας. Τα μέτρα που υιοθετούνται σε έκτακτη ανάγκη είναι υψηλού οικονομικού και κοινωνικού κόστους και θα πρέπει να είναι άμεσα και περιοριστικά. Συνήθως πρέπει να υπάρχει κάποια ειδική νομική κάλυψη για έκτακτα μέτρα, τα οποία εγκρίνονται ως δράσεις γενικού ενδιαφέροντος υπό συνθήκες ξηρασίας εκτάκτου ανάγκης. Η φύση των έκτακτων μέτρων μπορεί να είναι μη δομημένη, όπως οι περιορισμοί ύδατος για όλους τους χρήστες (περιλαμβανομένης της αστικής ζήτησης), οι επιχορηγήσεις και τα χαμηλότοκα δάνεια, ή δομημένες, όπως οι νέες υποδομές, άδεια για νέα σημεία γεωτρήσεων και μεταφορές ύδατος.

Τα μέτρα που προτείνοντα για κάθε επίπεδο επιφυλακής παροθσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακας 9-1.

Πίνακας 9-1: Προτεινόμενα μέτυρα διαχείρισσης της ξηρασίας για κάθε επίπεδο εποφυλακής

Κατάσταση	Επίπεδο Επιφυλακής	Προτεινόμενα Μέτρα
Προειδοποίησης (warning)	Ήπια επιφυλακή	Κατά κύριο λόγο επικεντρώνονται σε εθελοντικά προγράμματα για τη μείωση της χρήσης του ύδατος. Σε αυτό το επίπεδο της ξηρασίας, δεν αναμένονται αισθητές επιπτώσεις στη διαμόρφωση του τοπίου λόγω της εθελοντικής μείωση της χρήσης του νερού. Στόχος: μείωση της κατανάλωσης νερού κατά 0-10%. Δραστηριότητες εξοικονόμησης νερού: ▪ Ενημέρωση αρμόδιων αρχών και φορέων ▪ Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των χρηστών για προσοχή στην κατανάλωση ▪ Σύνταξη και δημοσιοποίηση καλών πρακτικών για εξοικονόμηση νερού για κάθε χρήση (αστική, τουριστική, εμπορική, αγροτική, βιομηχανική) ▪ Περιορισμός σπατάλης νερού από πρακτικές αλόγιστης άρδευσης, οικιακής χρήσης (π.χ. κλείσιμο της βρύσης κατά τη διάρκεια πλυσίματος δοντιών, ξυρίσματος ή λουσίματος, λειτουργία πλυντηρίων ρούχων και πιάτων στη μέγιστη πληρότητά τους) και από διαρροές/απώλειες στα συστήματα διανομής νερού (υδρευτικά και αρδευτικά) ▪ Μείωση υπαίθριας χρήσης νερού συμπεριλαμβανομένου του ποτίσματος χλοοτάπητων/ γκαζόν, καθώς και του εξωραϊσμού τοπίων ▪ Αποτροπή των αλλαγών χρήσεων γης σε χρήσεις υψηλότερης κατανάλωσης νερού ▪ Προγραμματισμό και σχεδιασμός από τις διοικήσεις των αστικών κέντρων για τη μείωση της χρήσης του νερού ▪ Προώθηση κίνητρων για την αντικατάσταση των υδραυλικών εγκαταστάσεων (σε οικιακές χρήσεις, άρδευση, κλπ) με υψηλής απόδοσης συσκευές/συστήματα χαμηλότερης κατανάλωσης νερού ▪ Συνεργασία με μεγάλους καταναλωτές νερού ώστε να προσδιοριστούν οι πιθανές περιοχές όπου θα μπορούσε να ελαττωθεί η χρήση του νερού ▪ Απαγόρευση νέων μεγάλων έργων απολήψεων νερού
Προειδοποίη	Μέτρια	Απαίτηση για κάτι περισσότερο από περιορισμό της σπατάλης νερού και εθελοντικές δραστηριότητες εξοικονόμησης. Μέτριες αλλαγές στην

Κατάσταση	Επίπεδο Επιφυλακής	Προτεινόμενα Μέτρα
σης (warning)	επιφυλακή	κανονική χρήση του νερού. Πρόσθετες χρεώσεις ώστε να τονιστεί η ανάγκη διαφύλαξης των αποθεμάτων με κλιμακωτό σύστημα. Περιορισμός του ποτίσματος σε συγκεκριμένη ώρα της ημέρας. Στόχος: Μείωση της κατανάλωσης νερού κατά 10-20%. Δραστηριότητες εξοικονόμησης νερού: ▪ Δημοσιοποίηση κατάστασης και εντατικοποίηση του προγράμματος ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης των χρηστών για περιορισμό σπατάλης νερού και μείωση της κατανάλωσης ▪ Προσδιορισμός χρήσεων στις οποίες πρέπει να μειωθεί η κατανάλωση νερού ▪ Περιορισμός της άρδευση του πρασίνου σε συγκεκριμένες ώρες. Άρση χρήσης ψεκαστήρων και άλλων συσκευών αυτόματου ποτίσματος ▪ Πλύσιμο αυτοκινήτων μόνο με κουβά. ▪ Περιορισμός χρήσης κλιματιστικών που χρησιμοποιούν νερό για ψύξη ▪ Ενθάρρυνση εγκατάστασης συσκευών εξοικονόμησης νερού στο σπίτι, όπως τουαλέτες χαμηλής ροής ▪ Έλεγχος κάθε βρύσης και τουαλέτας στο σπίτι ή στην εργασία και άμεση επιδιόρθωση τυχόν διαρροών ▪ Αποθάρρυνση της πλύση πεζοδρομίων, ραμπών και δρόμων και άλλων ασφαλτοστρωμένων επιφανειών (π.χ. κλειστοί χώροι στάθμευσης, γήπεδα τένις, κ.α.) με λάστιχο ή άλλες εντατικές μεθόδους. Η διαβροχή δρόμων για την απομάκρυνση της σκόνης θα συνεχιστεί με τη χρήση ονομαστικών ποσοτήτων νερού. ▪ Άρση χρήσης νερού σε διακοσμητικές εγκαταστάσεις, όπως κρήνες, σιντριβάνια, τεχνητούς καταρράκτες, κ.α. ▪ Αναβολή εξωραϊσμού νέων τοπίων και αποθάρρυνση τροποποίησης τοπίων που οδηγεί σε μεγαλύτερη χρήση νερού ▪ Εφαρμογή πρόσθετης επιβάρυνση για τη χρήση νερού (όπως αναφέρεται προηγουμένως) για την προώθηση της προστασίας των αποθεμάτων νερού αλλά και την ενίσχυση των εσόδων για τις υπηρεσίες υδάτων ▪ Διεξαγωγή ελέγχων για περιορισμό ανεξέλεγκτων απολήψεων, παράνομων γεωτρήσεων

Κατάσταση	Επίπεδο Επιφυλακής	Προτεινόμενα Μέτρα
		▪ Καμία νέα άδεια απόληψης νερού και ανόρυξης γεώτρησης, χωρίς τη ρητή έγκριση των διευθυντών του αρμόδιων φορέων
Συναγερμού (alert)	Υψηλή επιφυλακή	Αποτελεσματικός περιορισμός του μεγαλύτερου τμήματος της υπαίθριας χρήσης νερού, εκτός από στοχευμένες κοινωφελείς χρήσεις. Οι περισσότερες οικιστικές και εμπορικές χρήσεις θα λαμβάνουν μικρή ποσότητα αρδευτικού νερού και συνεπώς θα περιοριστεί σημαντικά η συντήρηση του γκαζόν/ πρασίνου ανάλογα με τον τύπο. Το πότισμα των δέντρων, των θάμνων και των κήπων θα πρέπει να ακολουθήσει συγκεκριμένους κανόνες. Στόχος: Μείωση της κατανάλωσης νερού κατά 20-30%. Δραστηριότητες εξοικονόμησης νερού: ▪ Δημοσιοποίηση κατάστασης και εντατικοποίηση του προγράμματος ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης των χρηστών για ανάγκη σημαντικής μείωσης της κατανάλωσης ▪ Υλοποίηση συμβουλευτικών προγραμμάτων για τους γεωργούς (κυρίως) και τους υπόλοιπους χρήστες ▪ Εντατικοποίηση ελέγχων για περιορισμό ανεξέλεγκτων απολήψεων, παράνομων γεωτρήσεων, για περιορισμό της σπατάλης και τήρηση των μέτρων ▪ Περιορισμένη άρδευση χλοοτάπητα σε πάρκα, γήπεδα γκολφ και άλλες δημόσιες εγκαταστάσεις, εκτός εάν αρδεύονται με επαναχρησιμοποιούμενο νερό, και μόνον στο βαθμό που η επαναχρησιμοποίηση νερού δε θα καταλήξει σε επιπλέον ζήτηση για πρωτογενείς υδατικούς πόρους ▪ Άρση πλυσίματος ασφαλτοστρωμένων επιφανειών όπως δρόμοι, πεζοδρόμια, κλειστοί χώροι στάθμευσης, γήπεδα τένις, κ.α. ▪ Άρση πλήρωσης των πισινών ▪ Άρση χρήσης νερού για το πλύσιμο ή καθαρισμό κινητού εξοπλισμού, συμπεριλαμβανομένων των αυτοκινήτων, των φορτηγών και των σκαφών ▪ Άρση καύσης σε ανοιχτούς χώρους ▪ Εφαρμογή πρόσθετης επιβάρυνση ξηρασίας στην τιμολόγηση του νερού για την ενίσχυση της προστασίας των υδάτινων αποθεμάτων μέσω μηχανισμών καθορισμού τιμών και τη σταθεροποίηση των εσόδων του νερού ▪ Παροχή κινήτρων στους μεγάλους καταναλωτές νερού όπως είναι τα

Κατάσταση	Επίπεδο Επιφυλακής	Προτεινόμενα Μέτρα
		ξενοδοχεία, βιομηχανικές μονάδες, κ.λ.π. για την εγκατάσταση συσκευών εξοικονόμησης νερού και επανάχρησης νερού και ανταμοιβή αυτών με μειώσεις χρεώσεων για εξοικονόμηση νερού ▪ Κίνητρα στους γεωργούς για εγκατάσταση φτηνού εξοπλισμού γεωργίας ακριβείας ▪ Έκτακτες πηγές νερού σε επιφυλακή ▪ Διερεύνηση εναλλακτικών πηγών νερού
Έκτακτης ανάγκης (emergency)	Εξαιρετικά υψηλή επιφυλακή	Υποχρεωτικοί περιορισμοί: Αυτό το στάδιο εφαρμόζεται σε συνεχείς συνθήκες ξηρασίας με πολύ χαμηλά επίπεδα αποθεμάτων, περιορισμένες βροχοπτώσεις και συνολική επιδείνωση του συστήματος υδροδότησης. Υποχρεωτικοί περιορισμοί χρήσης νερού θα τεθούν σε ισχύ με κυρώσεις. Όλες οι υπαίθριες χρήσεις νερού θα απαγορευτούν. Οι πρόσθετες χρεώσεις λόγω ξηρασίας ώστε να τονιστεί η ανάγκη για εξοικονόμηση νερού θα εφαρμοστούν μέσω των λογαριασμών νερού. Θα μπορούσε να εφαρμοστεί μια δομή ειδικού συντελεστή νερού (π.χ. δημιουργία συντελεστών με βάση την ποσότητα νερού). Λαμβάνοντας υπόψη την πιθανή διάρκεια του επεισοδίου, είναι πιθανό ότι θα χαθούν οι εκτάσεις με γκαζόν και θα υπάρξουν επιπτώσεις σε δέντρα, θάμνους και σχετική βλάστηση. τόχος: Μείωση της κατανάλωσης νερού κατά 40-50%. Δραστηριότητες εξοικονόμησης νερού: ▪ Δημοσιοποίηση κατάστασης και εντατικοποίηση του προγράμματος ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης των χρηστών για ανάγκη μείωσης της κατανάλωσης κατά 50%. ▪ Κατάστρωση στρατηγικού σχεδίου για την περίπτωση παρατεταμένης ξηρασίας από τους αρμόδιους φορείς. ▪ Εντατικοποίηση ελέγχων για περιορισμό ανεξέλεγκτων απολήψεων, παράνομων γεωτρήσεων, και για περιορισμό ▪ Εντατικοί έλεγχοι για την τήρηση των μέτρων ▪ Απαγόρευση όλων των χρήσεων νερού για υπαίθριο πότισμα ▪ Κλείσιμο δημόσιων κολυμβητηρίων και άλλων εγκαταστάσεων, όπως κέντρων αναψυχής. Απαγορεύεται η πλήρωση των ιδιωτικών πισινών, η λειτουργία χώρων θερμών λουτρών (σάουνα) και των διακοσμητικών σιντριβανιών και άλλες δευτερεύουσες χρήσεις νερού.

Κατάσταση	Επίπεδο Επιφυλακής	Προτεινόμενα Μέτρα
		▪ Αναστολή νέων εγκαταστάσεων υδροδότησης μέχρι να επιτευχθούν ελάχιστες στάθμες νερού στους ταμιευτήρες ή μέχρι να τελειώσει η περίοδος ξηρασίας ▪ Καθιέρωση ενός προγράμματος υψηλών απαιτήσεων εξοικονόμησης του νερού σε εσωτερικούς χώρους (ιδιωτικού και δημόσιους) για τον περιορισμό της σπατάλης ▪ Κίνητρα για την επιδιορθώσεις των υδραυλικών εγκαταστάσεων και εγκατάσταση συσκευών χαμηλής κατανάλωσης νερού. ▪ Κίνητρα για εγκατάσταση μικρών μονάδων επανάχρησης νερού σε ιδιωτικούς και δημόσιους χώρους ▪ Προώθηση της ανακύκλωσης ύδατος στις βιομηχανικές μονάδες ▪ Αυστηρή τιμολόγηση για να τονιστεί η ανάγκη για εξοικονόμηση. ▪ Ενεργοποίηση έκτακτων πηγών νερού ▪ Προτάσεις για χρήση εναλλακτικών πηγών, συμπεριλαμβανομένων πηγών χαμηλής ποιότητας για συγκεκριμένες χρήσης

Η επιτυχής υλοποίηση των παραπάνω μέτρων, όπως και οποιαδήποτε προληπτικής προσέγγισης, έχει ως απαραίτητη προϋπόθεση μια **σωστή διακυβέρνηση**. Υπό το πρίσμα αυτό, μια ξεκάθαρη ανάθεση αρμοδιοτήτων ανάμεσα στους διαφορετικά εμπλεκόμενους φορείς είναι το σημείο κλειδί. Επομένως μια νομική πράξη, η οποία θα προσδιορίζει τις ευθύνες είναι απαραίτητη σε κάθε χώρα. Μια τέτοια πράξη θα μπορούσε να είναι μέρος της εθνικής στρατηγικής για τους υδατικούς πόρους ή/και στρατηγική καταπολέμησης της ερημοποίησης (στα πλαίσια της συνθήκης των Ηνωμένων Εθνών). Καμία δράση διαχείρισης, νομοθεσία ή στρατηγική δεν μπορεί να αποκριθεί από μόνη της σε όλες τις πλευρές και δεν μπορεί να επιτύχει όλους τους σκοπούς για την αποτελεσματική διαχείριση της ξηρασίας. Πολλαπλές προσπάθειες συνεργασίας χρειάζονται για την αντιμετώπιση των πολυδιάστατων επιπτώσεων της ξηρασίας στην κοινωνία. Άλλες σημαντικές πλευρές που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι:

- Η συμμετοχή των άμεσα ενδιαφερομένων
- Η διαχείριση και οι αλλαγές στη νομοθεσία για τις άδειες νερού που επιτρέπουν ανταλλαγή νερού κατά τις ξηρασίες (water markets)
- Ο προσδιορισμός προτύπων αποτελεσματικότητας για την ενίσχυση της οικονομίας νερού και ποινές όταν υπάρχει έλλειψη σεβασμού προς αυτή.

10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Abrams M. D., Ruffuer M. C. and Morgan T. A. (1998). “Tree-ring responses to drought across species and contrasting sites in the ridge and valley of central Pennsylvania”. Forest Science, 44: 550–558.

2. Agnew C. T. (2000). “Using the SPI to Identify Drought”. Drought Network News, Vol. 12, No. 1: 6-12, Winter 1999–Spring 2000.

3. Alley W. M. (1984). “The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions”. J. Clim. Appl. Meteorol., 23(1): 100-109.

4. American Meteorological Society, (AMS) (2004). “Statement on meteorological drought”. Bull. Am. Meteorol. Soc., 85: 771–773.

5. Anctil F., Larouche W. and Viau A. A. (2002). “Exploration of the standardized precipitation index with regional analysis”. Can. J. Soil Sci. 82 (1): 115-125.

6. Aubry, A., Elliott, M., (2006). The use of environmental integrative indicators to assess seabed disturbance in estuaries and coasts: application to the Humber Estuary, UK. Mar. Pollut. Bull. 53, 175–185.

7. Austin R. B., Cantero-Martinez C., Arrue J. L., Playan E. and Cano-Marcellan P. (1998). “Yield–rainfall relationships in cereal cropping systems in the Ebro river valley of Spain”. Eur. J. Agron. 8: 239–248.

8. Barger G. L., Shaw R. H. and Dale R. F. (1959-b). “Gamma Distribution Parameters for 2- and 3-Week Precipitation Totals in the North Central Region of the United States. Agricultural and home economic experiment station”. Iowa State University: Ames, Iowa.

9. Barua S., Perera B. J. C. and Ng A. W. M. (2009). “A comparative drought assessment of Yarra River Catchment in Victoria, Australia”. Proceedings of 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia, 13-17 July, 3245-3251.

10. Beran M. and Rodier J. A. (1985). “Hydrological Aspects of Drought”. Studies and Reports in Hydrology 39, Unesco-WMO, Paris.

11. Bhalme H. N. and Mooley D. A. (1980). “Large scale droughts/floods and monsoon circulation”. Monthly Weather Review, 108: 1197–1211.

12. Bhalme H. N, Mooley D. A. and Jadhav S. K. (1983). “Fluctuations in the drought/flood area over India and relationships with the Southern Oscillation”. Monthly Weather Review, Vol III: 86-94.

13. Bidone, E.D., Lacerda, L.D. (2004). The use of DPSIR framework to evaluate sustainability in coastal areas. Case study: Guanabara Bay basin, Rio de Janeiro, Brazil. Reg Environ Change (2004) 4, 5–16.

14. Blaikie P., Cannon T., Davis I. and Wisner B. (1994). “At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters”. Rontledge, London.

15. Bonaccorso B., Bordi I., Cancelliere A., Rossi G. and Sutera A. (2003). "Spatial Variability of Drought: An Analysis of the SPI in Sicily". Water Resources Management, 17: 273–296.

16. Bordi I. and Sutera A. (2001). "Fifty years of precipitation: Some spatially remote teleconnections". Water Resour. Manag., 15: 247– 280.

17. Bordi I., Frigio S., Parenti P., Speranza A. and Sutera A. (2001). "The analysis of the Standardized Precipitation Index in the Mediterranean area: large-scale patterns". Annali di Geofisica, Vol. 44, N. 5-6: 965-978, October/December.

18. Borja A. et al (2006). The European Water Framework Directive and the DPSIR, a methodological approach to assess the risk of failing to achieve good ecological status. Estuarine, Coastal and Shelf Science 66, 84-96

19. Bruce J. P. (1994). "A perspective on reducing losses from natural hazards". Bull Am Meteorol Soc, 75: 1237–1240.

20. Bruins H. J. and Berliner P. R. (1998). "Bioclimatic aridity, climatic variability, drought and desertification: definitions and management options". In: H. J. Bruins & H. Lithwick (eds), The Arid Frontier-Interactive Management of Environment and Development, Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

21. Bryant E. A. (1991). "Natural Hazards". Cambridge University Press, 85-107.

22. Bryson R. and Murray T. (1979). "Climates and Hunger". Australian National University Press, Canberra, 171p.

23. Byun H. R. and Wilhite D. A. (1999). "Objective Quantification of Drought Severity and Duration". Journal of Climate, Vol. 12: 2747-2756, September.

24. Cancelliere A., Rossi G. and Ancarani A. (1996). "Use of Palmer Index as Drought Indicator in Mediterranean Regions". Proc. IAHR Congress "From Flood to Drought", Sun City, South Africa, August 5-7, 1996, pp. S4.12. 1-25.

25. Cancelliere A., Mauro G., Bonaccorso B. and Rossi G. (2005). "Stochastic Forecasting of Standardized Precipitation Index". Proc. XXXI IAHR Congress, September 11~16, 2005, Seoul, Korea, pp. 3252-3260.

26. Cancelliere A., Di Mauro G., Bonaccorso B. and Rossi G. (2007). "Drought forecasting using the Standardized Precipitation Index". Water Resources Management, 21: 801–819.

27. Cancelliere A. and Bonaccorso B. (2009). "Uncertainty analysis of the Standardized Precipitation Index in the presence of trend". Hydrology Days, 14-26.

28. Currie R. G. (1981). "Evidence of 18.6 year MN signal in temperature and drought conditions in N. America since 1800 A.D." Journal Geophysical Research, 86: 11055-11064.

29. Currie R. G. (1984). "Periodic (18.6 year) and cyclic (11 year) induced drought and flood in western North America". Journal Geophysical Research, 89: 7215-7250.

30. Dalezios R. N., Papazafiriou G. Z., Papamichail M. D. and Karacostas S. T., (1991). "Drought Assessment for the Potential of Precipitation Enhancement in Northern Greece". Theoretical and Applied Climatology, 44: 75-88.

31. Dalezios R. N., Loukas A., Vasiliadis L. and Liakopoulos E. (2000). "Severity-duration- frequency analysis of droughts and wet periods in Greece". Hydrological Sciences-Journal- des Sciences Hydrologiques, 45: 751-768.

32. Doesken N. J. and D. Garen (1991). "Drought monitoring in the western United States using a Surface Water Supply Index". Preprints, Seventh Conf. on Applied Climatology, Salt Lake City, UT, Amer. Meteor. Soc.: 266–269.

33. Dracup J. A., Lee K. S., and Paulson Jr., E. G. (1980). "On the definition of droughts". Water Resour. Res., 16, 2: 297–302.

34. Edwards C. D. C., McKee T. B., Doesken N. J. and Kleist J. (1997). "Historical Analysis of Drought in the United States". 77th AMS Annual Meeting, Long Beach, California, 2-7 February: pp. 129-139.

35. European Commission, 2011. Third Follow up Report to the Communication on water scarcity and droughts in the European Union. COM (2007) 414 final, SEC(2011)338 final, COM (2011) 133 final, Brussels 21.03.2011.

36. European Commission, 2010. Report form the Commission to the European Parliament and the Council. Second Follow up Report to the Communication on water scarcity and droughts in the European Union COM (2007) 414 final, SEC(2010) 228 final, Brussels, 18.05.2010.

37. European Commission, 2008. Report form the Commission to the European Parliament and the Council. First Follow up Report to the Communication on water scarcity and droughts in the European Union COM (2007) 414 final. SEC(2008) 875 final, Brussels, 19.12.2008.

38. European Commission, 2007. Communication from the Commission to the European Parliament and the Council: Addressing the challenge of water scarcity and droughts in the European Union. Brussels, 18.7.2007, COM(2007) 414 final, {SEC(2007)993}{SEC(2007)996}

39. European Commission, 2007. 2nd Interim Report, 2007, "Water Scarcity and Droughts 2nd Interim Report", produced by the DG Environment, European

40. European Commission, A Blueprint to safeguard Europe's Waters

http://ec.europa.eu/environment/water/blueprint/index_en.htm, accessed 15/11/2011

41. European Commission, Water Scarcity & Droughts in the European Union

http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/eu_action.htm, accessed 15/11/2011

42. European Environment Agency (2010). "Water resources: quantity and flows – SOER 2010 thematic assessment". EEA State of the environment report No 1/2010, EEA, Copenhagen

43. European Environment Agency (2009). "Water resources across Europe - confronting water scarcity and drought". EEA Report No 2/2009, EEA, Copenhagen

44. European Environment Agency (2001). “Sustainable water use in Europe, Part 3: extreme hydrological events: floods and droughts”. Environmental Issue Report No. 21.

45. Garcia R. V. (1984). “Nature Pleads not Guilty”. Pergamon Press, 300 pp.

46. Geist H. J. and Lambin E. F. (2004). “Dynamic causal patterns of desertification”. Bioscience, 54: 817–829.

47. Gibbs W. J. and Maher J. V. (1967). “Rainfall Deciles as Drought Indicators”. Bureau of Meteorology bulletin No. 48. Commonwealth of Australia: Melbourne; 29.

48. Glantz M. H. (1994). “Drought, desertification and food production”. In: H. H. Glantz (ed.), Drought Follows the Plow, Cambridge: Cambridge University Press: pp. 6–22.

49. Gommes R. and Petrassi F. (1994). “Rainfall variability and drought in Sub-Saharan Africa since 1960”. Agrometeorology Series Working Paper, Rome: Food and Agriculture Organization, No 9.

50. Gribbin J. (1978). “The Climatic Threat”. Fontana, Glasgow.

51. Guttman N. B. (1998). “Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index”. Journal of the American Water Resources Association, Vol. 34, No. 1: 113-121.

52. Guttman N. B. (1999). “Accepting the Standardized Precipitation Index: a calculation algorithm”. Journal of the American Water Resources Association, Vol. 35, No. 2: 311-322.

53. Hagman G. (1984). “Prevention Better than Cure, Report on Human and Environmental Disasters in the Third World”. Prepared for the Swedish Red Cross, Stockholm.

54. Hameedi, J., (2005). Environmental indicators as performance measures for improving estuarine environmental quality. In: Bortone, S.A. (Ed.), Estuarine Indicators. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 451–465.

55. Hayes M. J. (1999). “Drought Indices”. NDMC – Drought Happens, Drought Indices. http://enso.unl.edu/ndmc/enigma/indices.htm/, updated 12 October 1999.

56. Hayes M. J. (2000). “Revisiting the SPI: Clarifying the Process”. Drought Network News, Vol. 12, No. 1: 13-14, Winter 1999–Spring 2000.

57. Heim Jr. R. R. (2002). “A Review of Twentieth- Century Drought Indices Used in the United States”. American Meteorological Society.

58. Husak G. J., Michaelson J. and Funk C. (2007). “Use of the gamma distribution to represent monthly rainfall in Africa for drought monitoring applications”. International Journal of Climatology 27: pp. 935–944.

59. Ji L. and Peters A. (2003). “Assessing vegetation response to drought in the northern Great Plains using vegetation and drought indices”. Remote Sensing of Environment, 87: pp. 85–89.

60. Jones P. D., Hulme M., Briffa K. R. and Jones C. G. (1996). “Summer moisture availability over Europe in the Hadley centre general circulation model based on the Palmer drought severity index”. Int. J. Climatol., 16: 155–172.

61. Jorge, M.R, Nelson Lourenço, N., Machado, C.R., Rodrigues, L. (2002). Measuring, monitoring and managing sustainability in Indian coastal areas: the socioeconomic dimension. Littoral 2002, 22-26 September. Porto, Portugal.

62. Kanti B. (1998). “Coping mechanisms practised by drought victims (1994/1995) in north Bengal, Bangladesh”. Applied Geography, 18: 355–373.

63. Karl T. R. and Koscielny A. J. (1982). “Drought in the United States: 1895–1981”. J. Climatol. 2: 313–329.

64. Karl T. R. and Knight R. W. (1985). “Atlas of the Monthly Palmer Hydrological Drought Indices (1931-1983) for the contiguous United States”. Historical Climatology Series, 3-7, Asheville, NC: National Climatic Data Center.

65. Karl T. R., Knight R. W., Ezell D. S. and Quinlan F. T. (1986). “Probabilities and precipitation required to end/ameliorate droughts”. Historical Climatology Series, 3-16, National Oceanic and Atmospheric Administration.

66. Keyantash J. A. and Dracup J. A. (2002). “The quantification of drought: An evaluation of drought indices”. Bulletin of the American Meteorological Society 83: 1167–1180.

67. Keyantash J. A. and Dracup J. A. (2004). “An Aggregate Drought Index: Assessing Drought Severity based on Fluctuations in the Hydrologic Cycle and Surface Water Storage”. Water Resources Research, 40, W09304, doi: 10.1029/2003WR002610.

68. Khan S., Gabriel H. F. and Rana T. (2008). “Standard Precipitation Index to track drought and assess impact of rainfall on watertables in irrigation areas”. Irrig. Drainage Syst., 22: 159–177.

69. Kogan F. N. (1995). “Droughts in the late 1980’s in the United States as derived from NOAA polar-orbiting satellite data”. Bulletin of American Meteorological Society, 76: 655-668.

70. Kogan F. N. (1997). “Global drought watch from space”. Bulletin of the American Meteorological Society, 78: 621–636.

71. Komuscu A. U. (1999). “Using the SPI to Analyze Spatial and Temporal Patterns of Drought in Turkey”. Drought Network News, Vol. 11, No. 1: 7-13.

72. Kossida, M., 2010. Towards a Water Scarcity & Drought Indicator System (WSDiS). Presentation to the WS&D Expert Group Meeting, Helsinki, September 2010.

73. Kossida, M., Kakava A., Koutiva, I., Tekidou, A.., 2012. Thematic Assessment on Vulnerability to Water Scarcity and Drought. Report for the EEA, ETC/ICM, March, 20012

74. Kossida, M., Koutiva, I., Makropoulos, C., Monokrousou K., Mimikou, M.; Fons-Esteve, J., Iglesias, A., 2009. Water Scarcity and Drought: towards a European Water Scarcity and Drought Network (WSDN). European Topic Centre on Water (ETC/W) Internal Report, EEA, July 2009

75. Lamb H. H. (1982). “Climate, History, and Modern World”. Methuen, Lindon.

76. Lana X., Serra C. and Burgueno A. (2001). “Patterns of monthly rainfall shortage and excess in terms of the Standardized Precipitation Index for Catalonia (NE Spain)”. International Journal of Climatology, 21: 1669–1691.

77. Legates D. R. (1991). “An evaluation of procedures to estimate monthly precipitation probabilities”. Journal of Hydrology, 122: 129-140.

78. Le Houerou H. N. (1996). “Climate change, drought and desertification”. J. Arid Environ., 34: 133–185.

79. Linsley R. K., Kohler M. A. and H. Paulhus J. L. (1982). “Hydrology for Engineers”. McGraw Hill. New York, NY: 508 pp.

80. Livada I. and Assimakopoulos V. D. (2007). “Spatial and temporal analysis of drought in Greece using the Standardized Precipitation Index (SPI)”. Theor. Appl. Climatol. 89, 143–153.

81. Lloyd-Hughes B. and Saunders M. A. (2002). “A drought climatology for Europe”. International Journal of Climatology, 22: 1571–1592.

82. Lohani V. K., Loganathan G. V. and Mostaghimi S. (1998). “Long-term analysis and short term forecasting of dry spells by Palmer Drought Severity Index”. Nordic Hydrology, Vol. 29(1): pp. 21-40.

83. López Bermúdez F., Sánchez M.C. (1997). “Las sequías y su impacto en el riesgo de desertificación de la cuenca del Segura”. Apuntes para la gestión y sostenibilidad del agua. Areas 17: 155–168.

84. Loukas A., Vasiliadis L. and Dalezios R. N. (2000). “Hydroclimatic Variability of Regional Droughts in Greece Using the Palmer Moisture Anomaly Index”. Nordic Hydrology, 33: 425-442.

85. Loukas A., Vasiliades L., Dalezios N. R. and Domenikiotis C. (2001). “Rainfall-Frequency Mapping for Greece”. Phys. Chem. Earth (B), Vol. 26, No. 9, pp. 669-674.

86. Loukas A. and Vasiliades L. (2004). “Probabilistic analysis of drought spatiotemporal characteristics in Thessaly region, Greece”. Natural Hazards and Earth System Sciences, 4: 719–731.

87. Mabbutt J. A. (1985). “Desertification of the world’s rangelands”. Desertification Control Bull., 12: 1–11.

88. Marsili-Libelli, S., Betti, F., Cavalieri, S. (2004). Introducing River Modelling in the Implementation of the DPSIR Scheme of the Water Framework Directive. Proc. IEMSs 2004 International Congress “Complexity and Integrated Resources Management”, Osnabruek, Germany, June 2004

89. McKee T. B., Doesken N. J. and Kleist J. (1993). “The relationship of drought frequency and duration to time scales”. Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, California, 17-23 January.

90. McKee T. B., Doesken N. J. and Kleist J. (1995). “Drought monitoring with multiple time scale”. Proceedings of the Ninth Conference on Applied Climatology. American Meteorological Society, Boston.

91. Meteorological Office (1991). “The Meteorological Glossary”. Sixth Edition, London, HMSO.

92. Min S. K., Kwon W. T., Park E. H. and Choi Y. (2003). “Spatial and temporal comparisons of Droughts over Korea with East Asia”. International Journal of Climatology, 23: 223-233.

93. Morales A., Olcina J. and Rico A. M. (2000). “Diferentes persepciones de la sequia en Espana: Adaptacion, catastrofismo e intentos de correccion”. Investigaciones Geograficas, 23: 5–46.

94. Morid S., Smakhtin V. and Moghaddasi M. (2006). “Comparison of seven Meteorological Indices for Drought Monitoring in Iran”. International Journal of Climatology, 26: 971–985.

95. Namias J. (1983). “Some causes of United States drought”. Journal of Climate and Applied Meteorology, 22: 30–39.

96. Narasimhan B. and Srinivasan R. (2005). “Development and evaluation of Soil Moisture Deficit Index (SMDI) and Evapotranspiration Deficit Index (ETDI) for agricultural drought monitoring”. Agricultural & Forest Meteorology, 133: 69-88.

97. Nastos P.T. and Zerefos C. S. (2009). “Spatial and temporal variability of consecutive dry and wet days in Greece”. Atmospheric Research 94: 616–628.

98. National Drought Mitigation Center (2007). “Drought Preparedness Planning: The 10-Step Process”. National Drought Mitigation Center 09-07.

99. National Oceanic and Atmospheric Administration –NOAA 2003: Available online at http://www.ngdc.noaa.gr

100. New M., Todd M., Hulme M. and Jones P. (2002). “Precipitation measurements and trends in the twentieth century”. Int. J. Climatol., 21: 1899–1922.

101. Nicholson S. E., Tucker C. J. and Ba M. B. (1998). “Desertification, drought and surface vegetation: An example from the west African Sahel”. Bulletin of the American Meteorological Society, 79: 815–829.

102. Ntale H. K. and Gan T. (2003). “Drought indices and their application to East Africa”. International Journal of Climatology 23: 1335–1357.

103. Obasi G. O. P. (1994). “WMO’s role in the international decade for natural disaster reduction”. Bull. Am. Met. Soc. 75: 1655–1661.

104. Oladipo O. E. (1985). “A comparative performance analysis of three meteorological drought indexes”. International Journal of Climatology, 5: 655-664.

105. Orwing D. A. and Abrams M. D. (1997). “Variation in radial growth responses to drought among species, site and canopy strata”. Trees, 11: 474–484.

106. Palmer W. C. (1965). “Meteorological drought”. U.S. Weather Bureau Research Paper 45, 58 pp. [Available from NOAA Library and Information Services Division, Washington, DC 20852.]

107. Palmer W. C. (1968). “Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: The new crop moisture index”. Weatherwise, 21: 156-161.

108. Panofsky H. A. and Brier W. G. (1958). “Some Applications of Statistics to Meteorology”. Pennsylvania State University, University Park: 224p.

109. Patel N. R., Chopra P. and Dadhwal V. K. (2007). "Analyzing spatial patterns of meteorological drought using standardized precipitation index". Meteorological Applications, 14: 329–336.

110. Paulo A. A., Ferreira E., Coelho C. and Pereira L. S. (2005). "Drought class transition analysis through Markov and Loglinear models, an approach to early warning". Agric. Water Manag. 77: 59–81.

111. Pausas J. G. (2004). "Changes in fire and climate in the eastern Iberian Peninsula (Mediterranean basin)". Climatic Change, 63: 337–350.

112. Pickup G. (1998). "Desertification and climate change – the Australian perspective". Climate Research, 11: 51–63.

113. Pita F. M. (2000). "Un nouvel indice de sécherresse pour les domains Méditerranéens. Application au bassin du Guadalquivir (Sud-Ouest de l Espagne)". Publications de l'Association Internationale de Climatologie. 14: 1-9.

114. Quiring S. M. and Papakryiakou T. N. (2003). "An evaluation of agricultural drought indices for the Canadian prairies". Agr. Forest Meteorol., 118: 49–62.

115. Quiring S. M. (2009). "Monitoring Drought: An Evaluation of Meteorological Drought Indices". Geography Compass, 3/1: 64–88.

116. Redmond K. T. (2000). "Integrated Climate Monitoring for Drought Detection Drought: A Global Assessment". D. A. Wilhite ed., Routledge, Taylor & Francis Group, 1:145-1:158.

117. Riebsame W. E., Changnon Jr. S. A. and Karl T. R. (1990). "Drought and Natural Resources Management in the United States: Impacts and Implications of the 1987-89 Drought". Westview Press, Boulder, Colorado. U.S.A.

118. Ropelewski C. F. and Halpert M. S. (1987). "Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern oscillation". Monthly Weather Review 115: 1606–1626.

119. Ropelewski C. F. and Halpert M. S. (1989). "Precipitation patterns associated with the high phase of the Southern Oscillation". Journal of Climate, 2: 268–284.

120. Rossi G. (2003). "Requisites for a Drought Watch System". In: Rossi, G., Cancelliere A. et al. (eds), Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions, Kluwer Academic Publishing, Dordrecht: pp. 147-157.

121. Rouault M. and Richard Y. (2003). "Intensity and spatial extension of drought in South Africa at different time scales". Water SA, Vol. 29, No. 4: 489-500.

122. Schlesinger W. H., Reynolds J. F., Cunningham G. L., Huenneke L. F., Jarrell W. M., Virginia R. A. and Whitford W. G. (1990). "Biological feedbacks in global desertification". Science, 247: 1043–1048.

123. Seiler R. A., Hayes M. J. and Bressan L. (2002). "Using the Standardized Precipitation Index for Flood Risk Monitoring". International Journal of Climatology, 22: 1365–1376.

124. Shafer B. A. and Dezman L. E. (1982). "Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas". Proceedings 13th Conference of the 50th Annual Western Snow.

125. Sims A. P., Niyogi D. S. and Raman S. (2002). "Adopting drought indices for estimating soil moisture: A North Carolina case study". Geophys. Res. Lett., 29, 8, 1183.

126. Smith D. I., Hutchinson M. F. and McArthur R. J. (1992). "Climatic and Agricultural drought: Payments and policy". Center for Resource and Environmental Studies RES 7, Candera: Australian National University.

127. Smith D. I., Hutchinson M. F. and McArthur R. J. (1993). "Australian climatic and agricultural drought". Drought Network News 5: 11–12.

128. Sonmez F. K., Komuscu A. U., Erkan A. and Turgu E. (2005). "An analysis of spatial and temporal dimension of drought vulnerability in Turkey using the standardized precipitation index. Natural Hazards 35: 243–264.

129. Svoboda M., LeCompte D., Hayes M., Heim R., Gleason K., Angel J., Rippey B., Tinker R., Palecki M., Stooksbury D., Miskus D. and Stephens S. (2002). "The drought monitor". Bulletin of the American Meteorological Society, 83: 1181–1190.

130. Szalai S. and Szinell C. (2000). "Comparison of two drought indices for drought monitoring in Hungary — a case study". In Drought and Drought Mitigation in Europe, Vogt JV, Somma F (eds). Kluwer: Dordrecht: 161–166.

131. Szinell S. C., Bussay A. and Szentimrey T. (1998). "Drought tendencies in Hungary". International Journal of Climatology, 18: 1479-1491.

132. Tadesse T., Wilhite D. A., Harms S. K., Hayes M. J. and Goddard S. (2004). "Drought monitoring using data mining techniques: A case study for Nebraska, USA". Natural Hazards, 33: 1–21.

133. Tannehill I. R. (1947). "Drought: Its causes and Effects". Princecton NJ, Princecton University Press.

134. Thom H. C. S. (1958). "A note on the gamma distribution". Mon. Weather Rev., 86: 117-122.

135. Tsakiris G. and Vangelis H. (2004). "Towards a Drought Watch System based on Spatial SPI". Water Resources Management, 18: 1–12.

136. Tsakiris G., Pangalou D. and Vangelis H. (2007). "Regional Drought Assessment Based on the Reconnaissance Drought Index (RDI)". Water Resources Management, 21: 821–833.

137. Tsakiris G., Pangalou D., Tigkas D. and Vangelis H. (2007). "Assessing the Areal Extent of Drought". Water Resources Management: New Approaches and Technologies, European Water Resources Association, Chania, Crete - Greece, 14-16 June.

138. Thornthwaite W. C. and Mather J. R. (1957). "Instructions and tables for computing potential evapotranspitation and water balance". Publication of Climatology, John Hopkins University, Vol, 10.

139. Thornthwaite W. C. (1948). “An approach toward a rational classification of climate”. Geogr. Rev. 38: 55-94.

140. Tsakiris G. and Pangalou D. (2009). “Drought Characterisation in the Mediterranean”. Springer Science and Business Media B.V.

141. Vicente-Serrano S. M., González-Hidalgo J. C., de Luis M. and Raventós J. (2004). “Drought patterns in the Mediterranean area: the Valencia region (eastern Spain)”. Climate Research, Vol. 26: 5–15.

142. Vicente-Serrano S. M. (2006). “Differences in Spatial Patterns of Drought on Different Time Scales: An Analysis of the Iberian Peninsula”. Water Resources Management, 20: 37–60.

143. Vicente-Serrano S. M. (2007). “Evaluating the Impact of Drought Using Remote Sensing in a Mediterranean, Semi-arid Region”. Natural Hazards, 40: 173–208.

144. Wallen C. C., (1967). “Aridity definition and their applicability”. Geographiska Annaler, Stockholm, 49A: 367-384.

145. Whipple W. J. (1966). “Regional drought frequency analysis”. Proceedings of the American Society of the Civil Engineers: 11-31.

146. Αναγνωστοπούλου Χ. Γ. (2003). «Συμβολή στη μελέτη της ξηρασίας στον ελληνικό χώρο». Διδακτορική διατριβή. Παράρτημα της Επιστημονικής Επετηρίδας του Τμήματος Γεωλογίας της Σχολής Θετικών Επιστημών του Α.Π.Θ., Αριθμός 74.

147. Ε.Ε, Ευρω-Μεσογειακό Περιφερειακό Πρόγραμμα για Τοπική Διαχείριση Υδάτων (MEDAWater), Μεσογειακή Ετοιμότητα και Σχεδιασμός Περιορισμού της Ξηρασίας (MEDROPLAN). (2006). Οδηγίες Διαχείρισης της Ξηρασίας. http://www.iamz.ciheam.org/medroplan/guidelines/downloads.html

148. Κυπριακή Δημοκρατία, Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων (2011). Τελικό Σχέδιο Διαχείρισης Ξηρασίας, Παράρτημα VIII της Εφαρμογής των Άρθρων 11, 13 και 15 της Οδηγίας Πλαίσιο περί Υδάτων (2000/60/ΕΚ) στην Κύπρο, Μάρτιος 2011

149. Κωτσοβίνος Ν. και Αγγελίδης Π. «Η Περιβαλλοντική Σημασία του Δείκτη Ξηρασίας SPI. Προτάσεις Εναλλακτικού Στατιστικού Υπολογισμού του». ΥΔΡΟΓΑΙΑ, Τιμητικός Τόμος στον Καθηγητή Χρήστο Τζιμόπουλο.

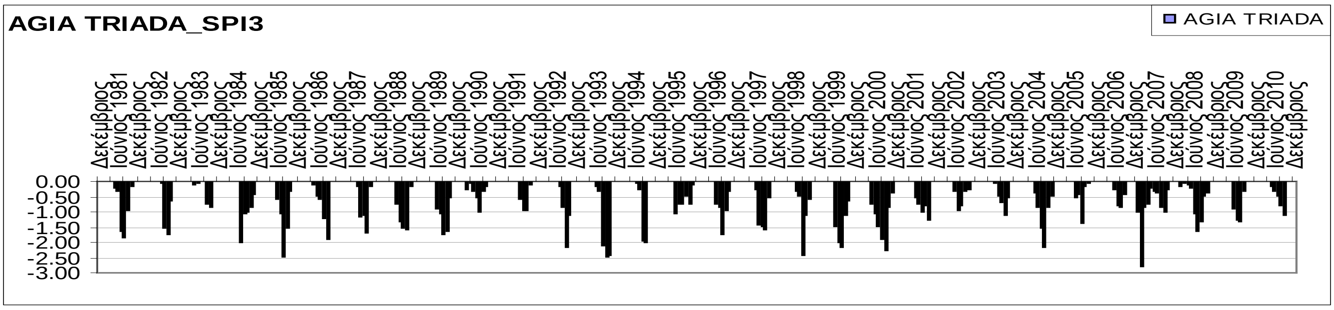
150. Μαχαίρας Π. (1992). «Αίτια και μετεωρολογικά χαρακτηριστικά της ξηρασίας στον ελληνικό χώρο». Πρακτικά Συμποσίου «Λειψυδρία και Πλημμύρες». Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Θεσσαλονίκη 17-18 Μαρτίου 1992. 159-169.

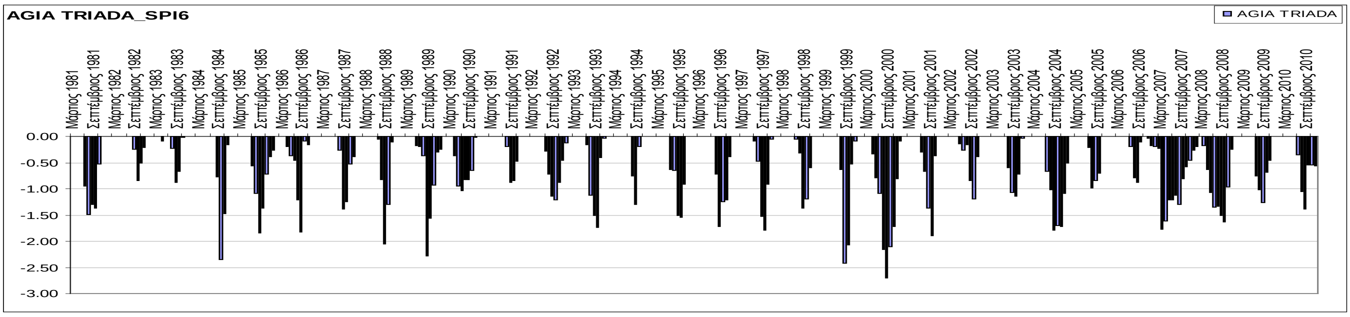
ΜΕΡΟΣ Γ: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

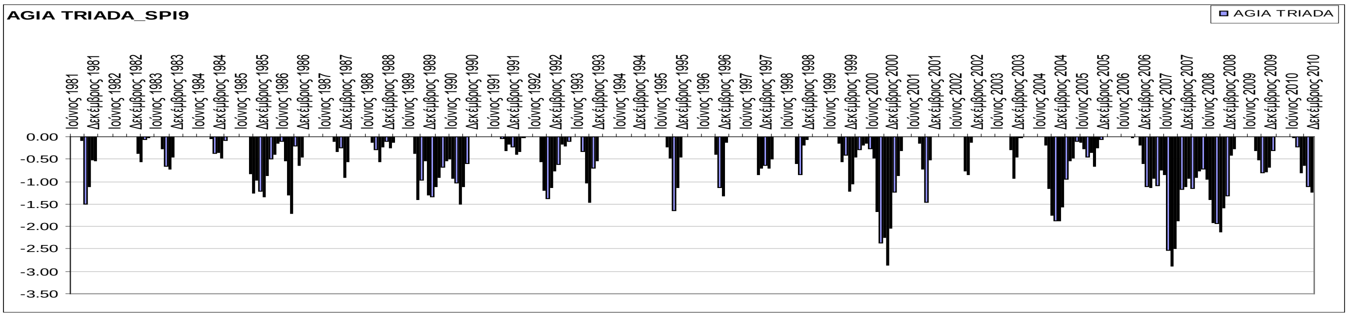
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

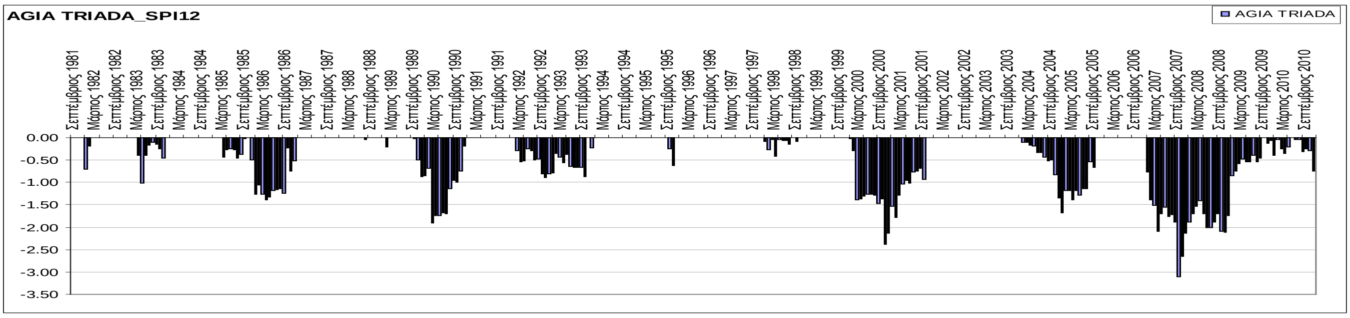
Διαγράμματα χρονοσειρών του Δείκτη SPI3, SPI6, SPI9, SPI12, SPI24 στους 35 σταθμούς του ΥΔ07 για την περίοδο 1980-2010

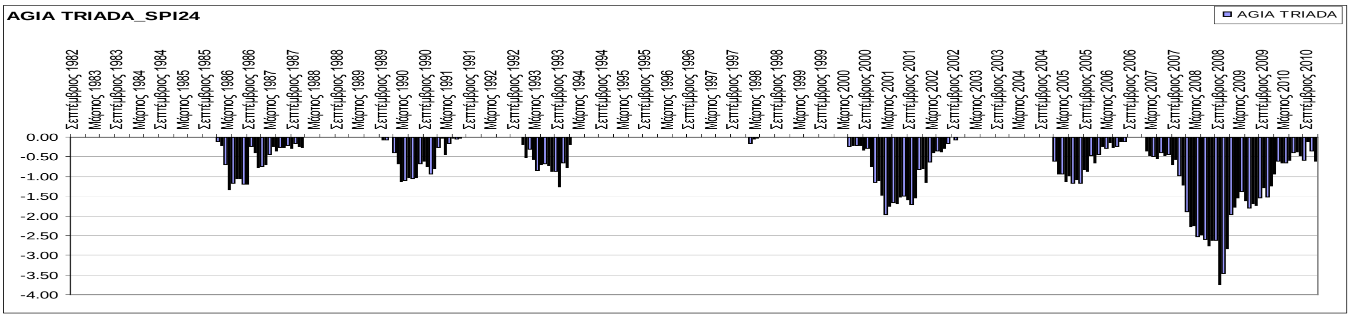
Αγία Τριάδα (1980-2010)



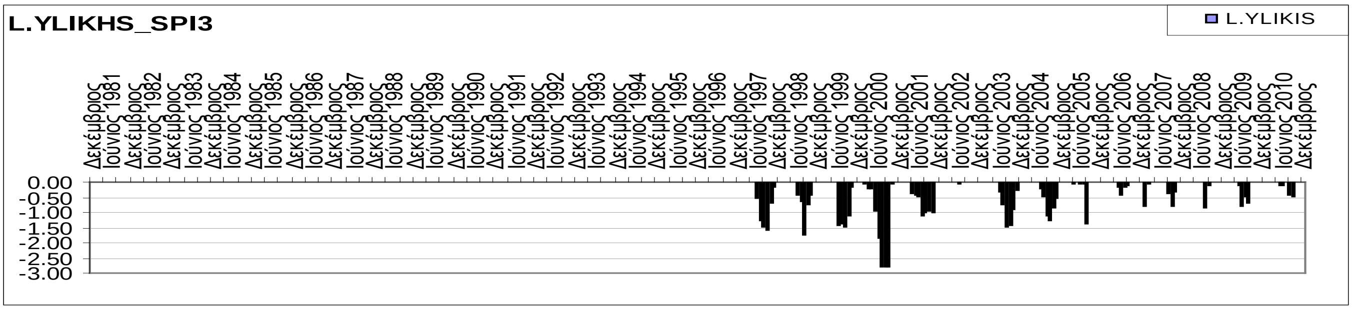


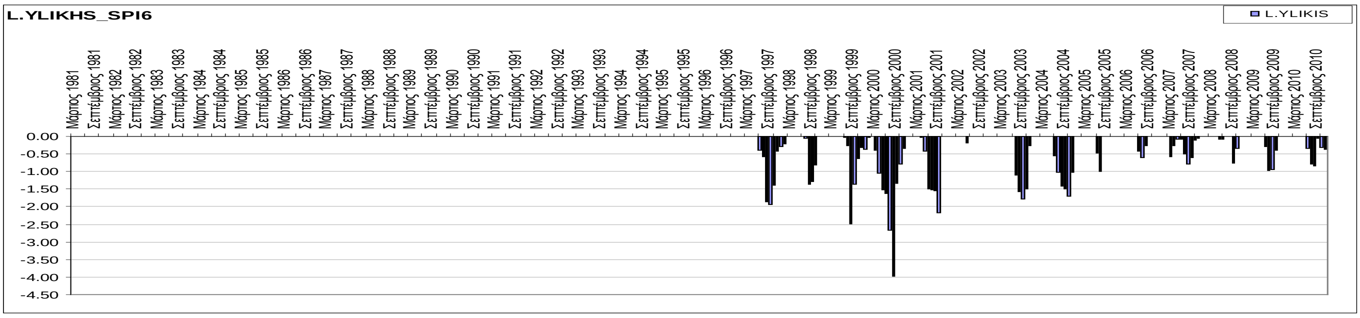


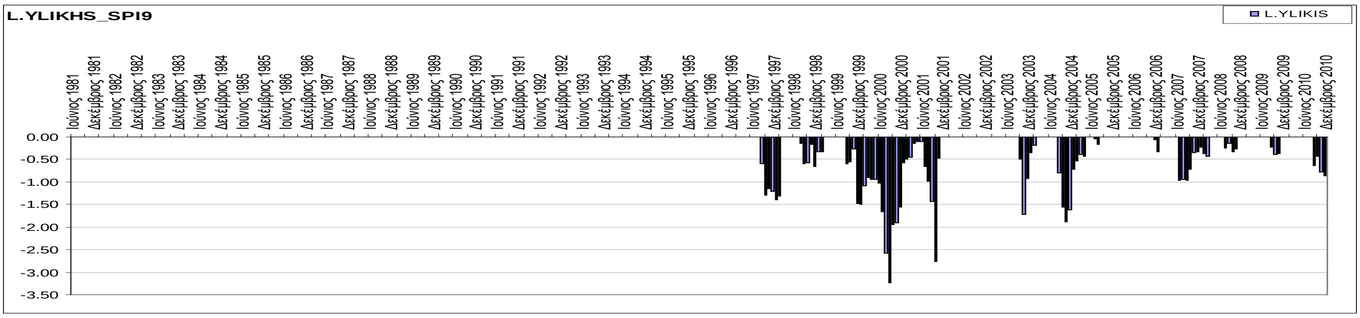


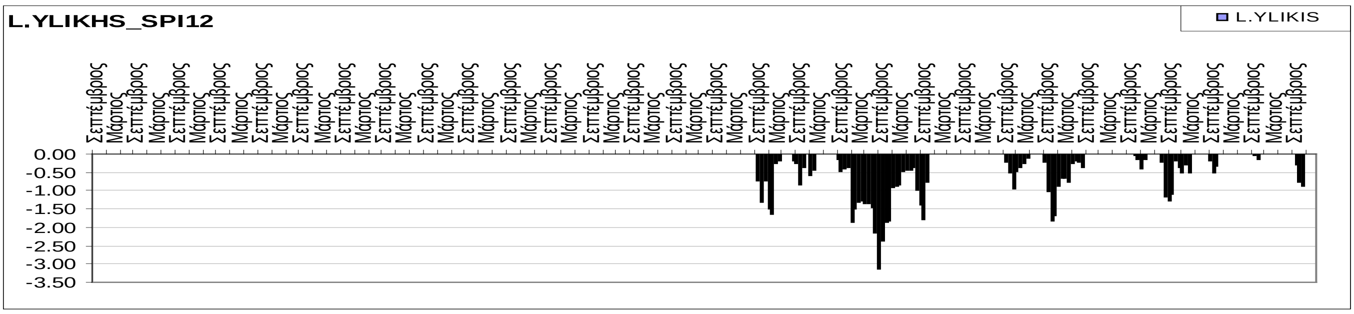


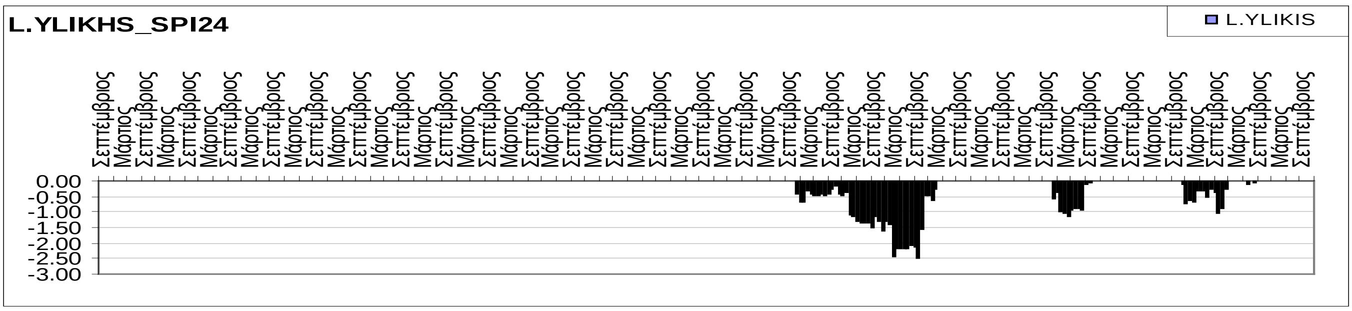
Λ.Υλίκης (1980-2010)



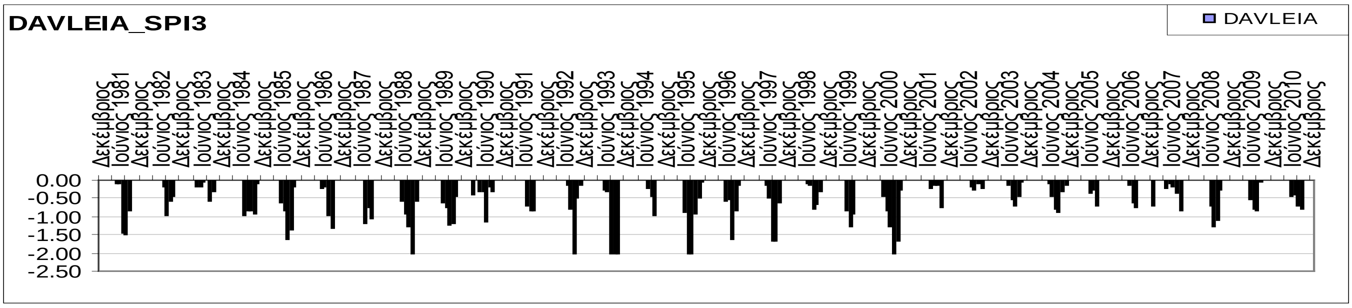


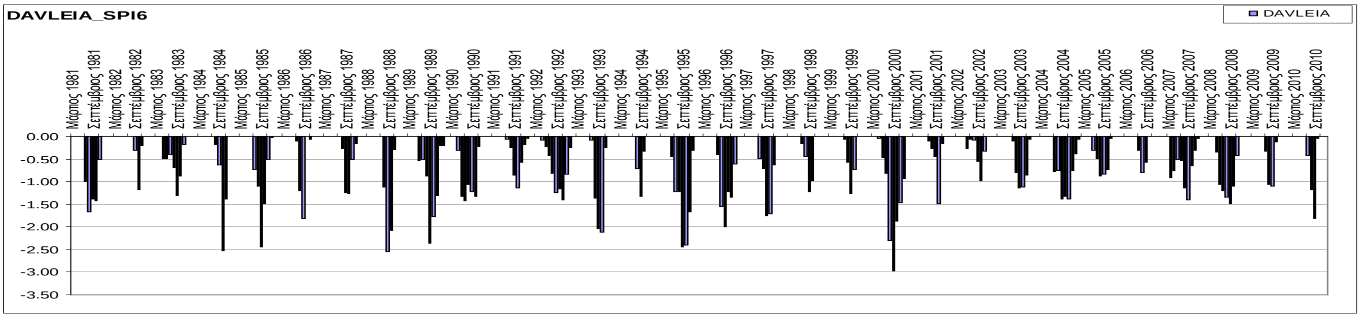


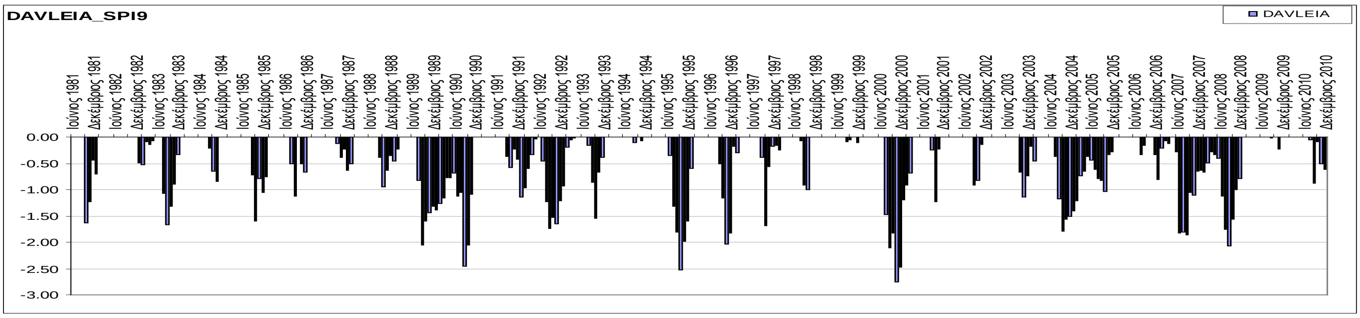


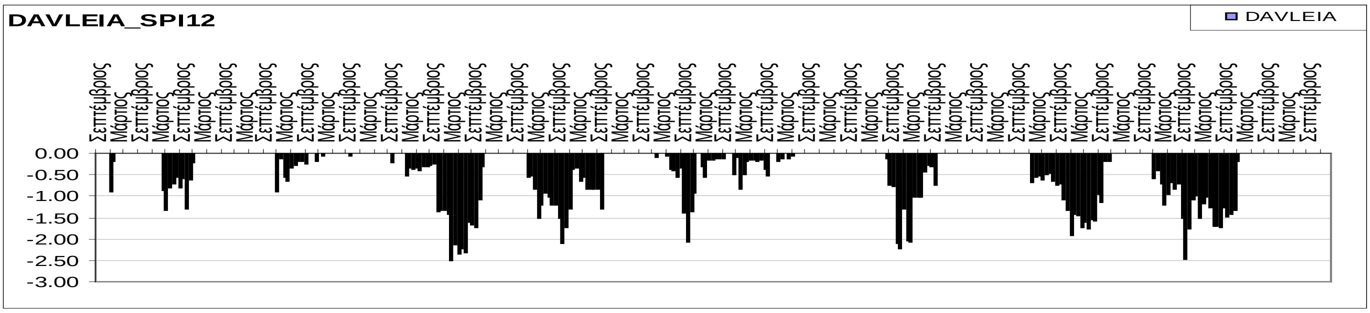


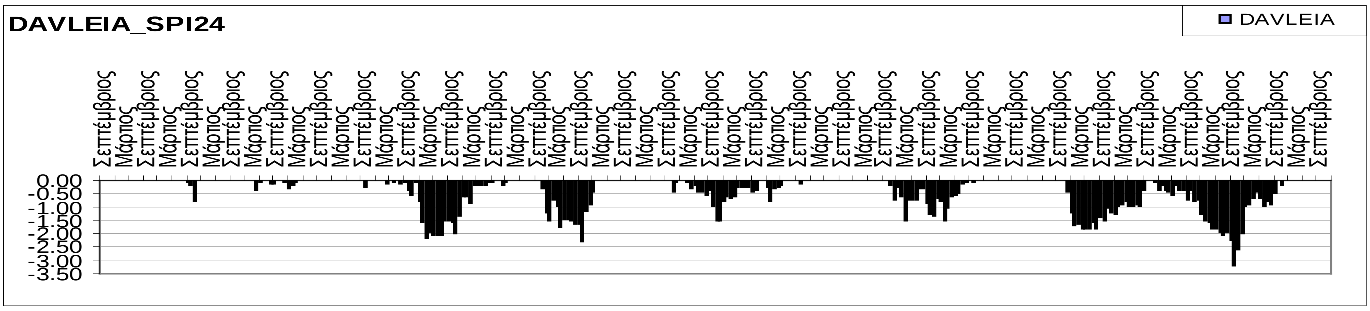
Δαύλεια (1980-2010)



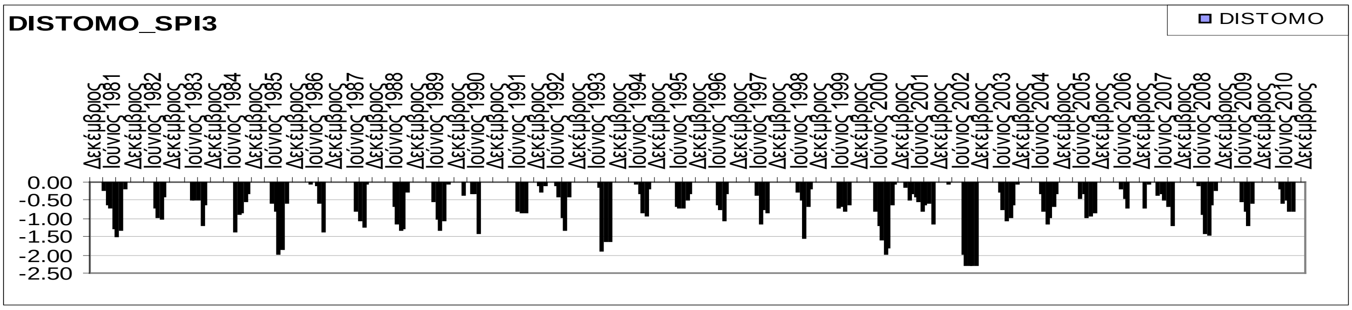


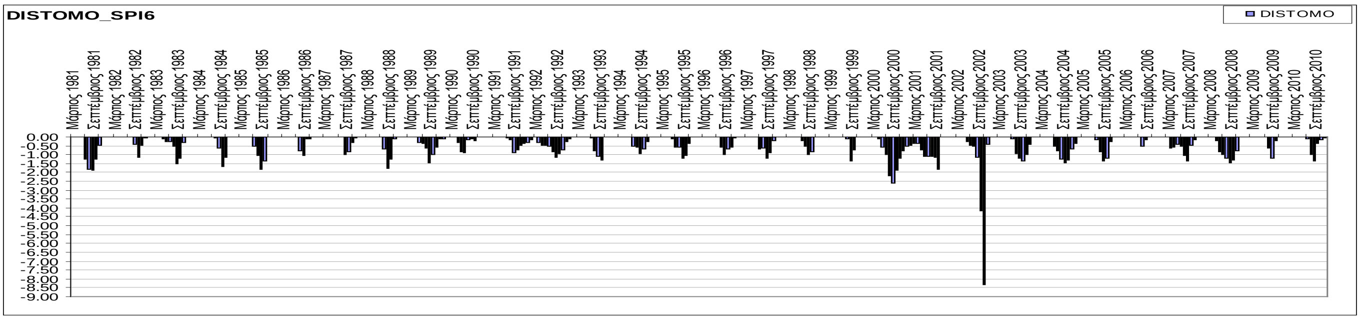


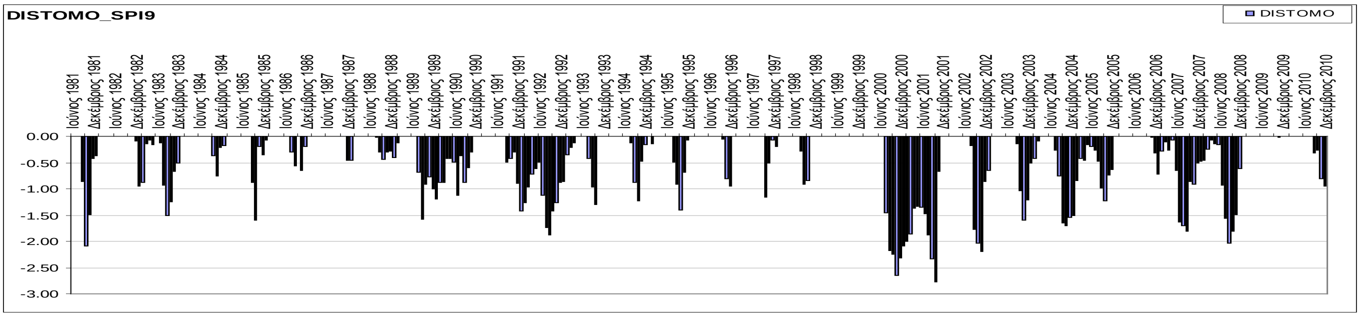


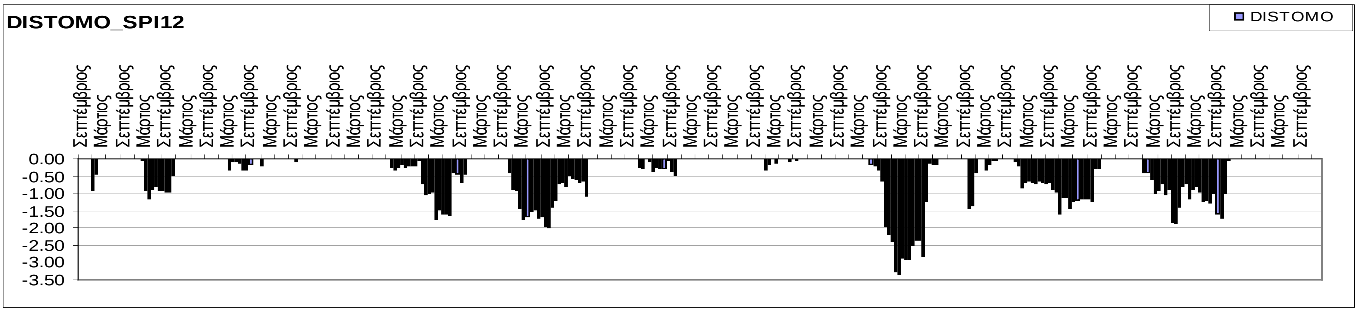


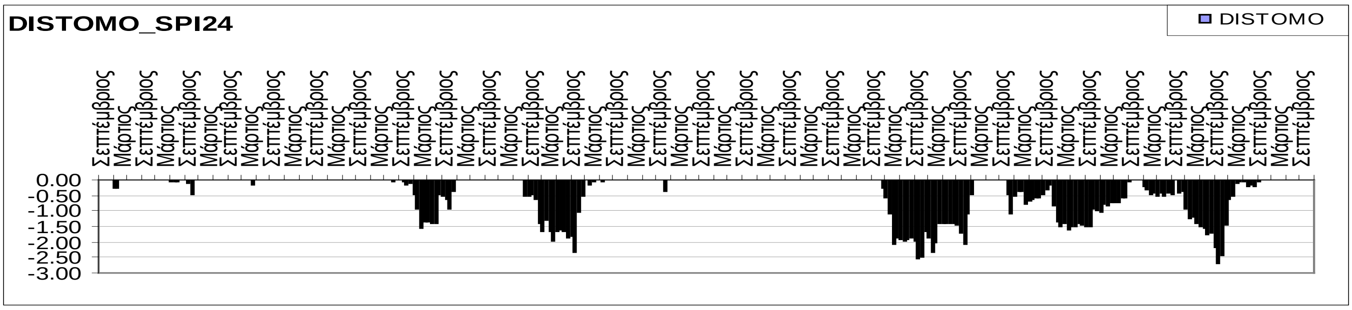
Δίστομο (1980-2010)



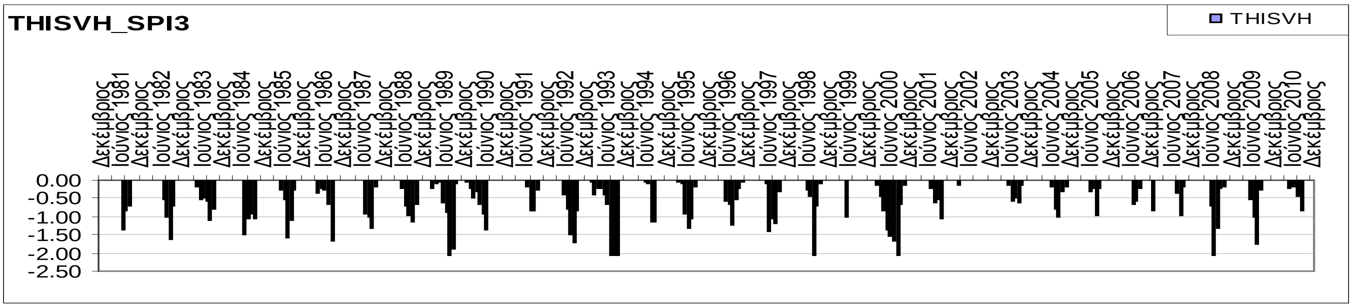


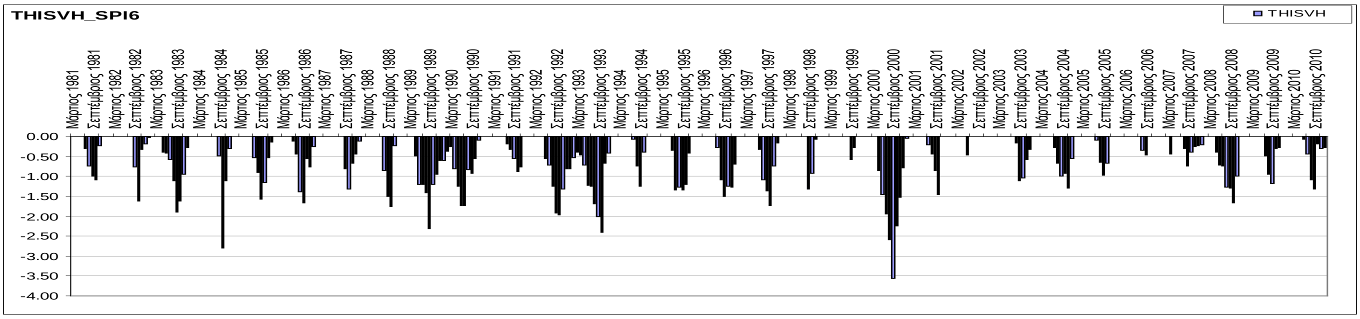


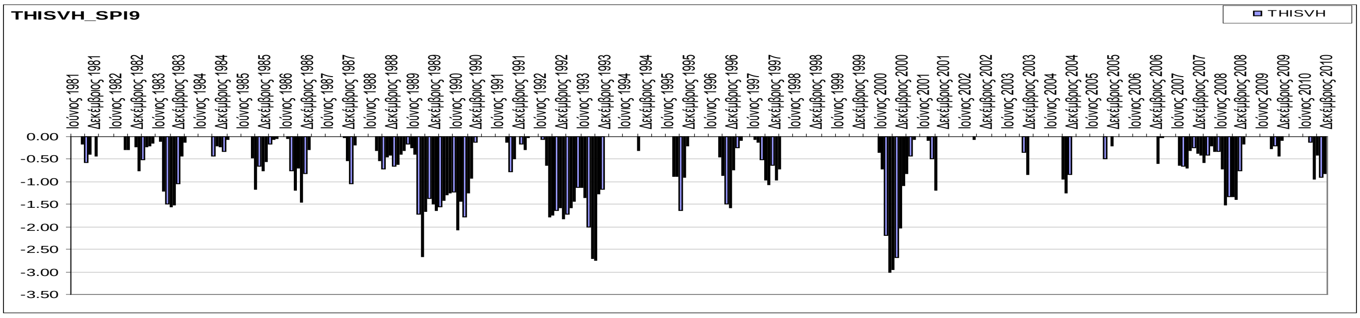


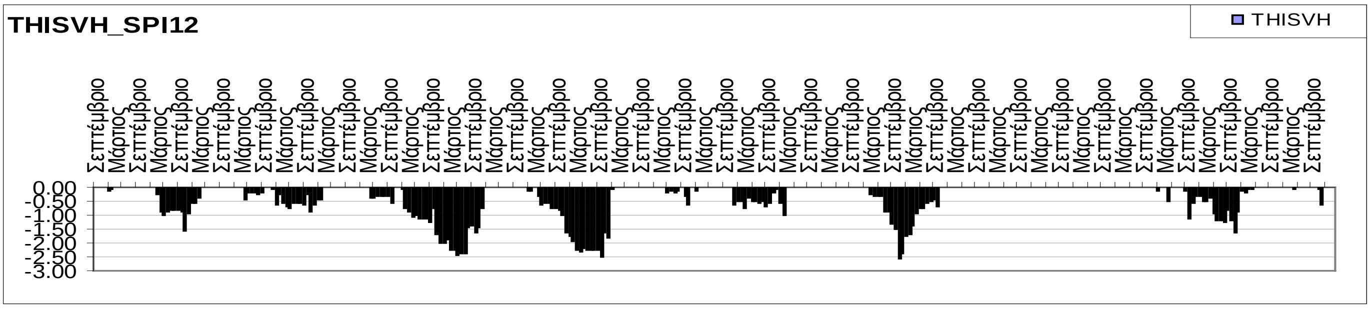


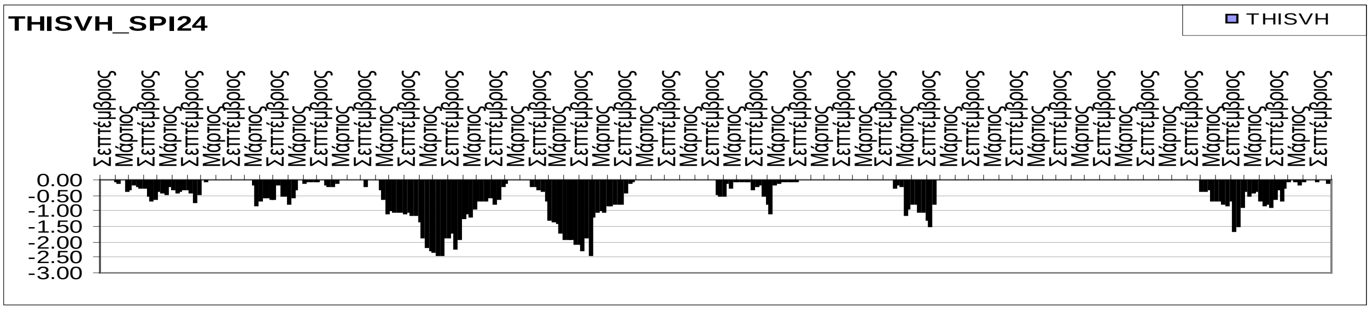
Θίσβη (1980-2010)



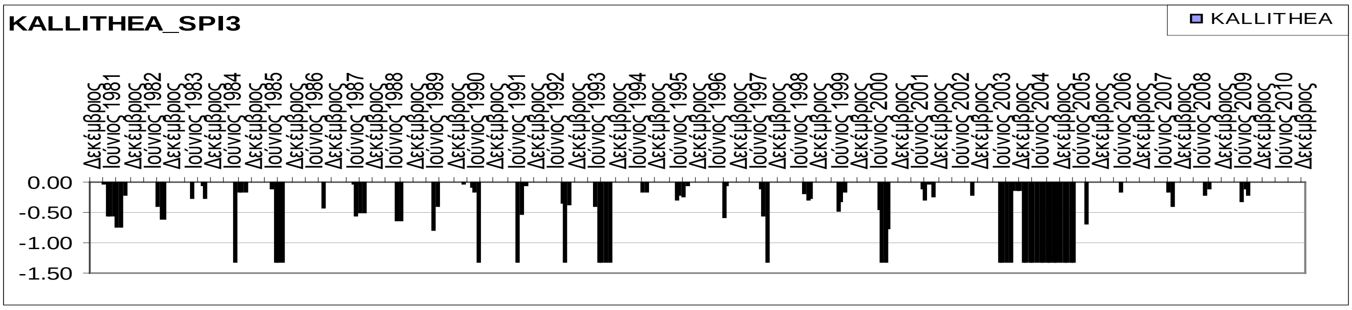


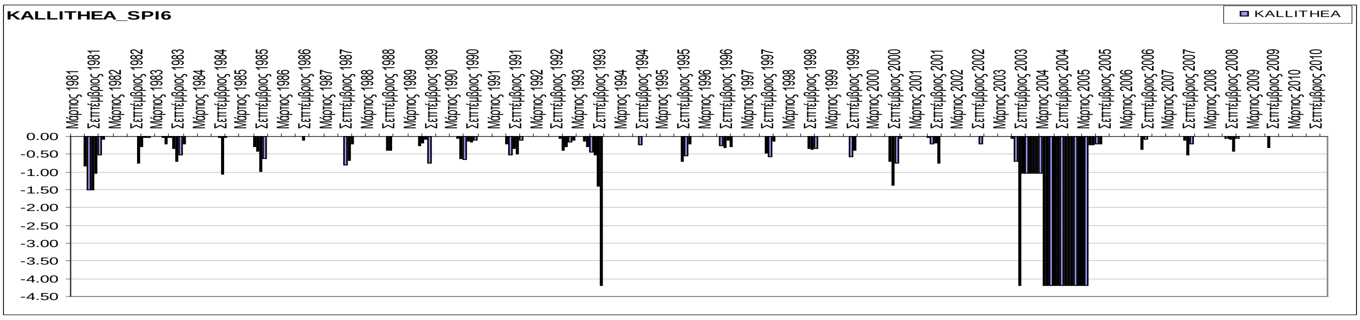


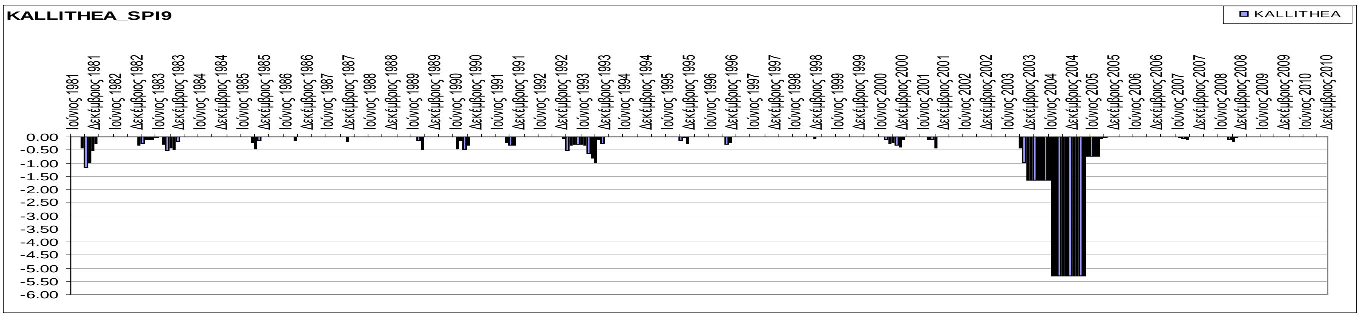


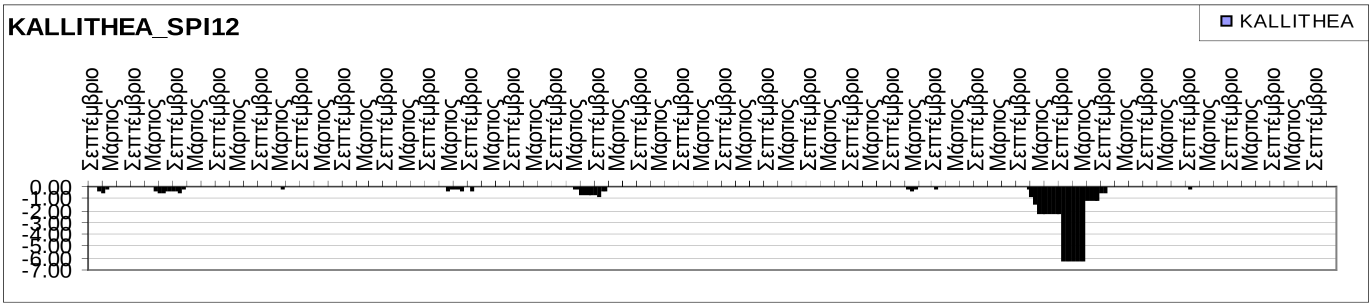


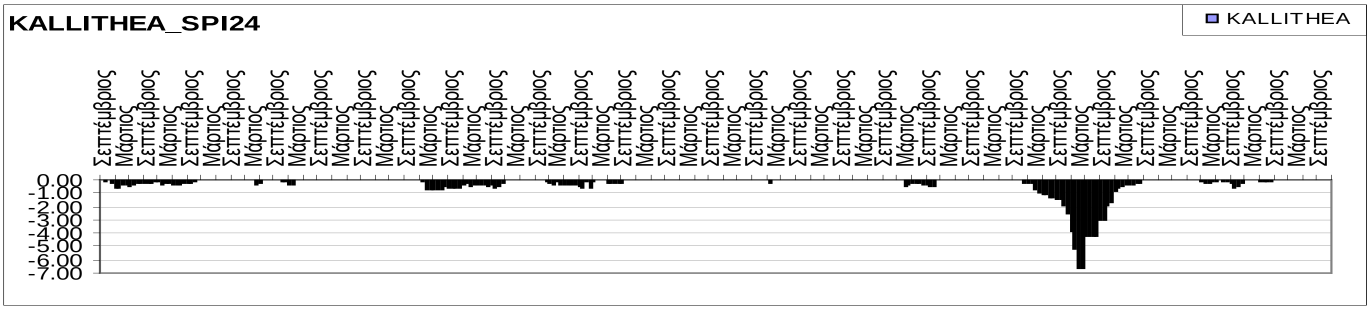
Καλλιθέα (1980-2010)



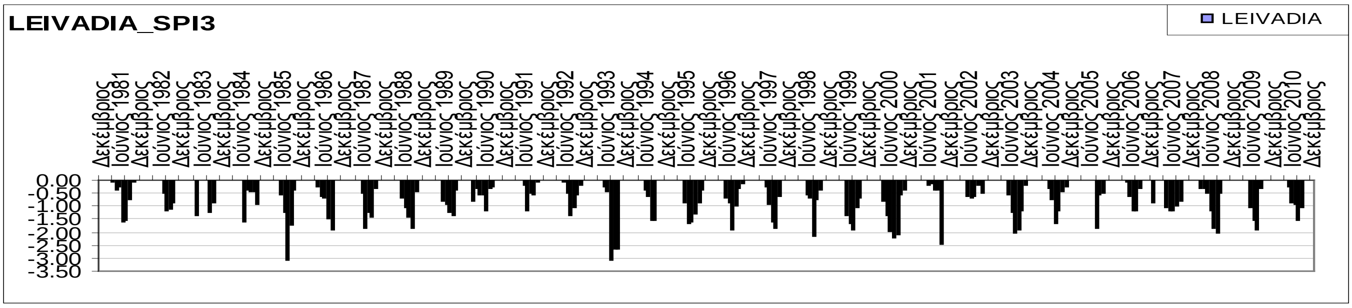


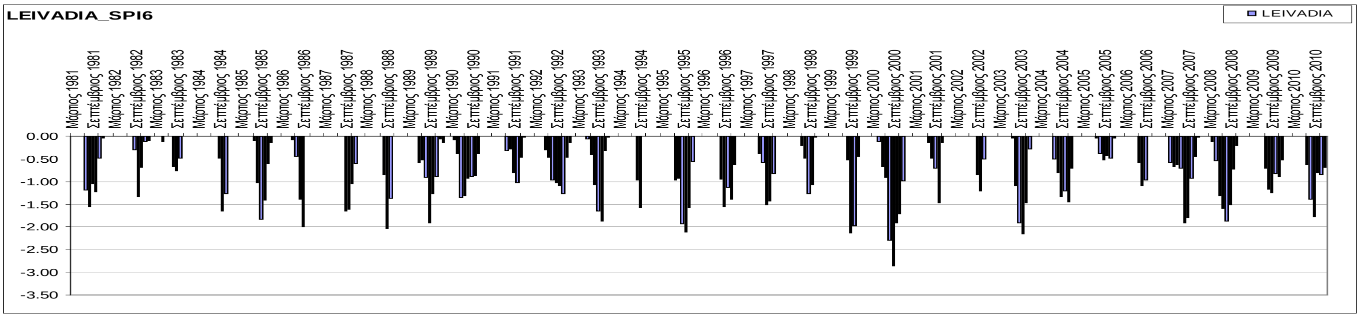


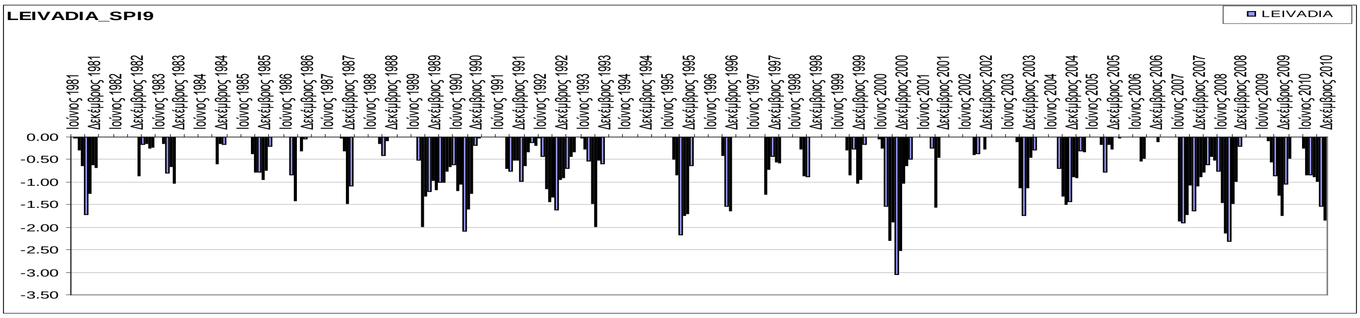


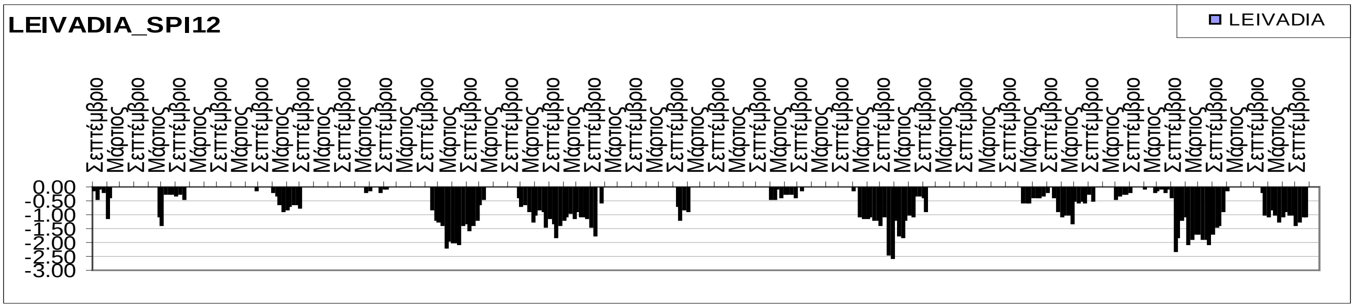


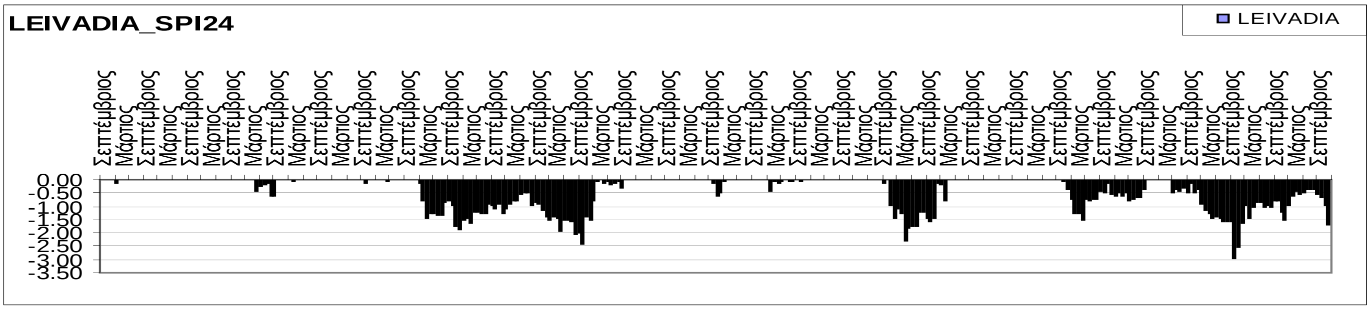
Λειβαδιά (1980-2010)



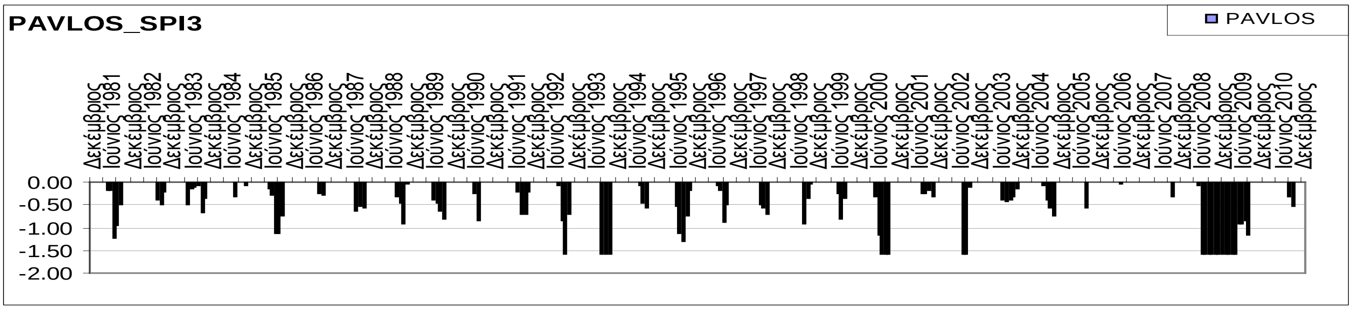


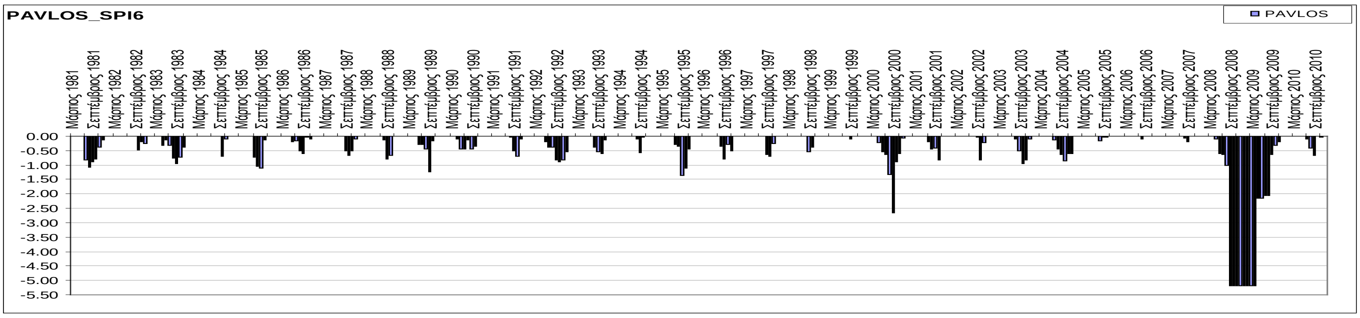


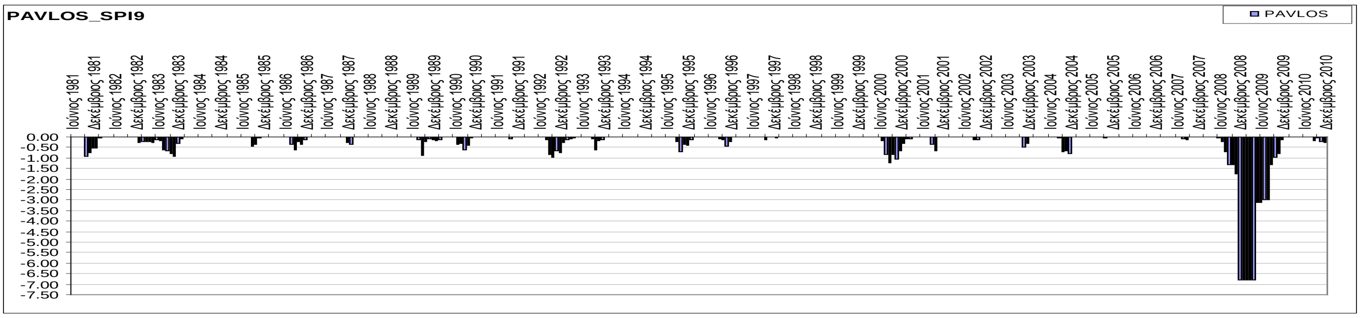


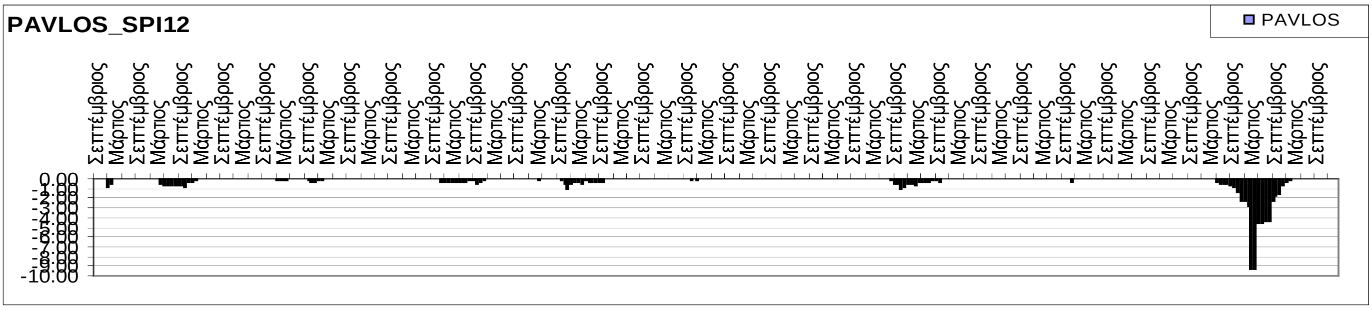


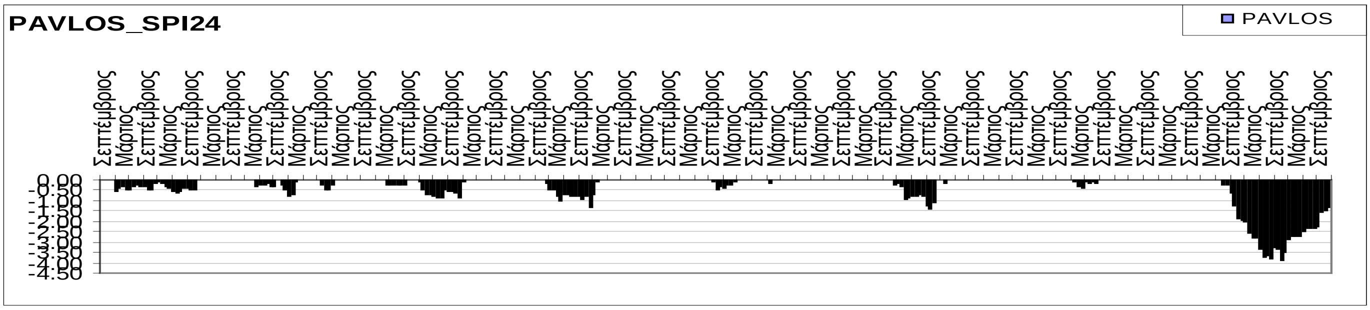
Παύλος (1980-2010)



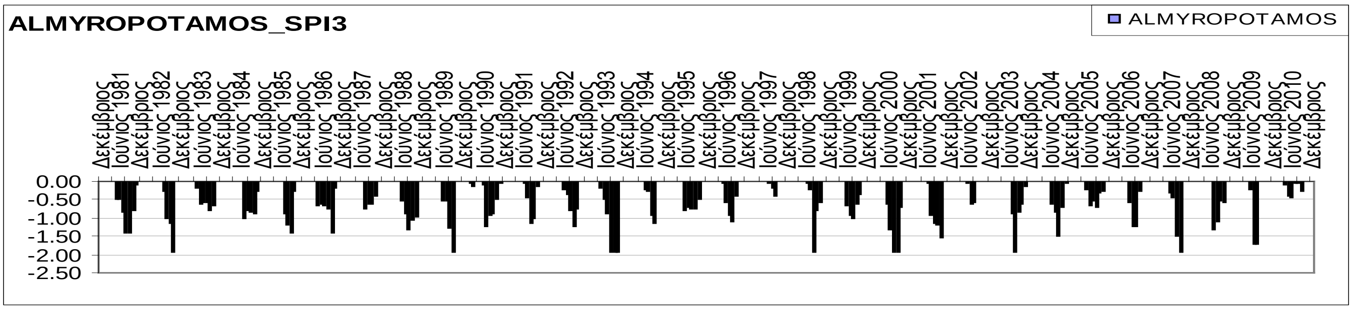


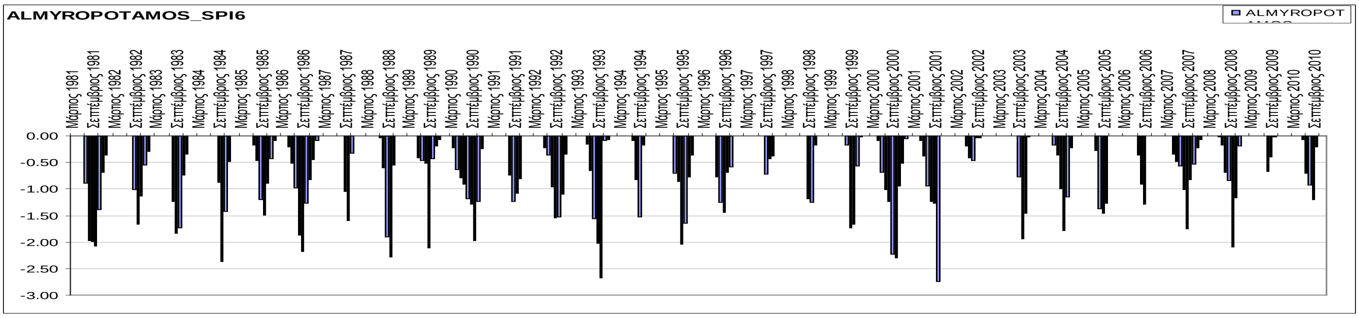


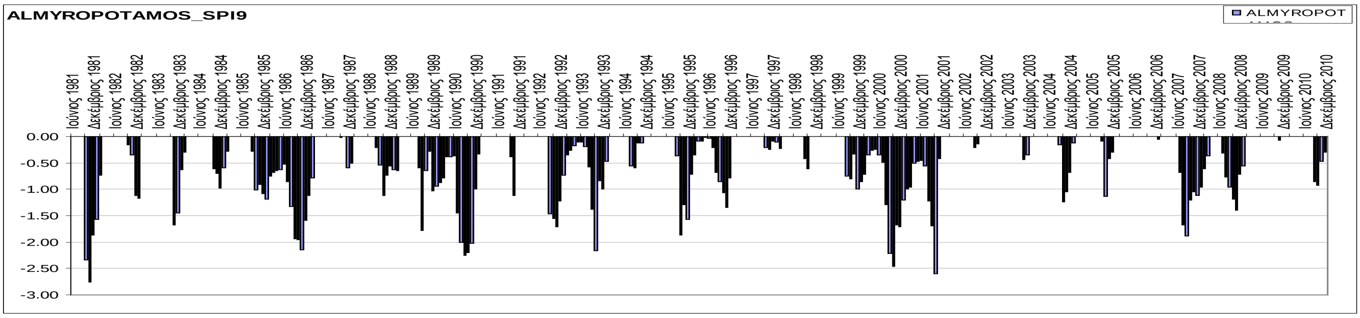


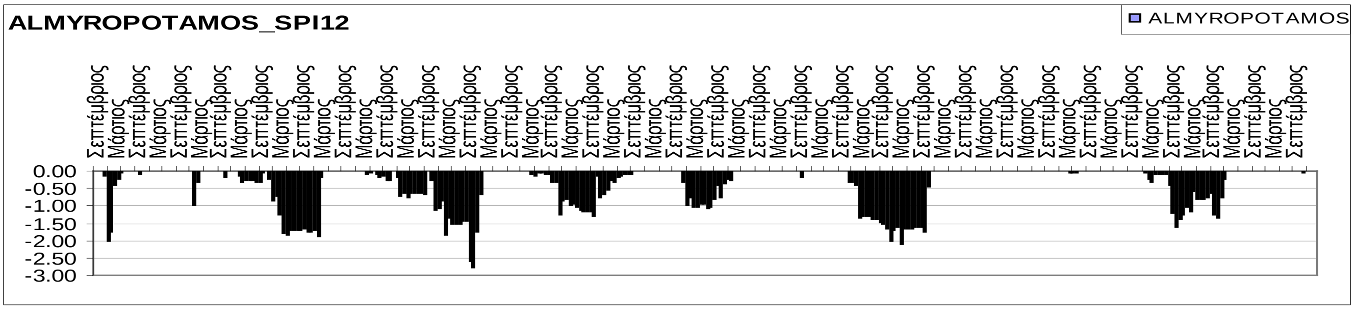


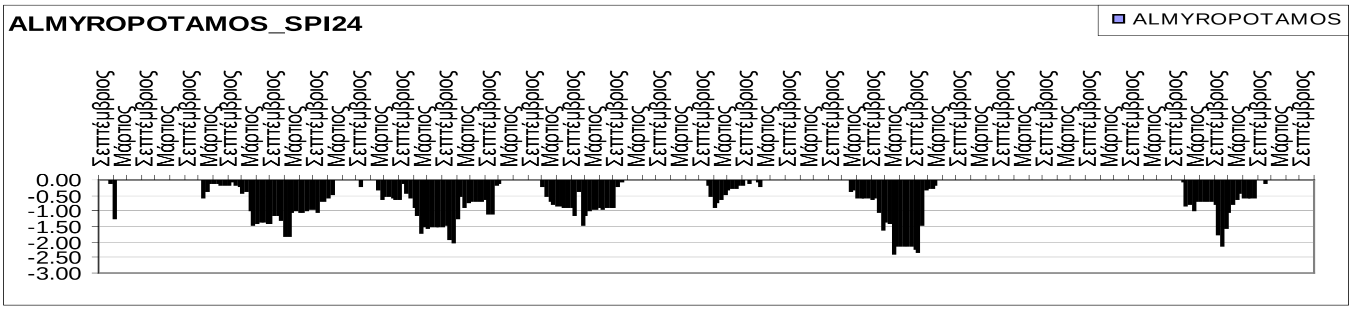
Αλμυροπόταμος (1980-2010)



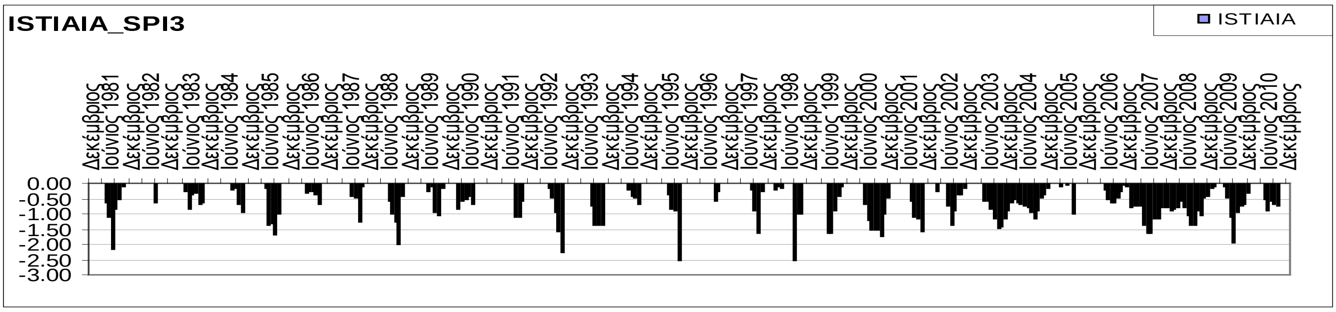


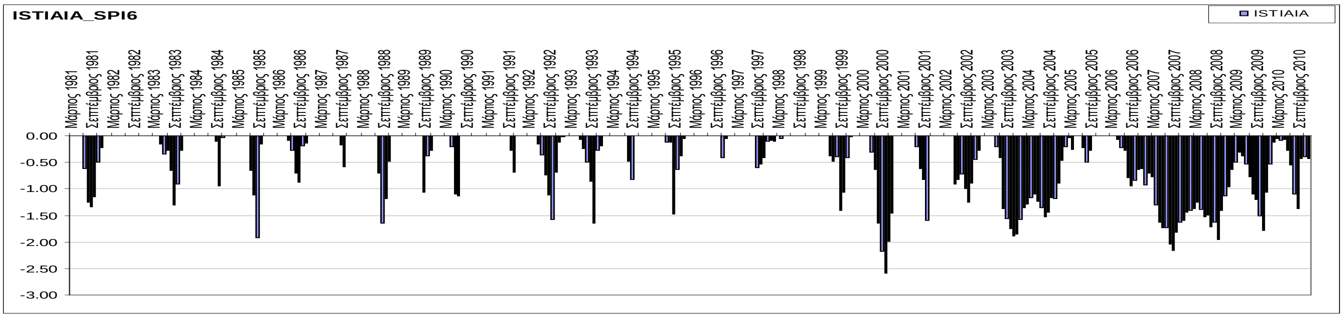


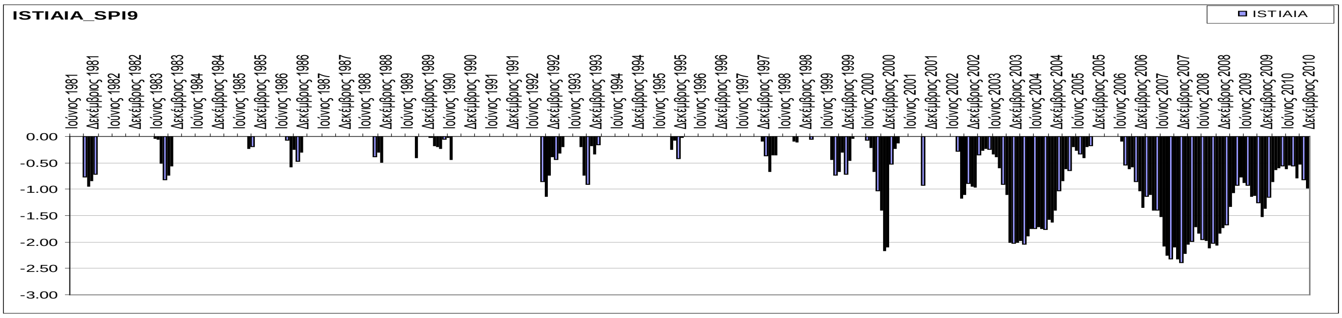


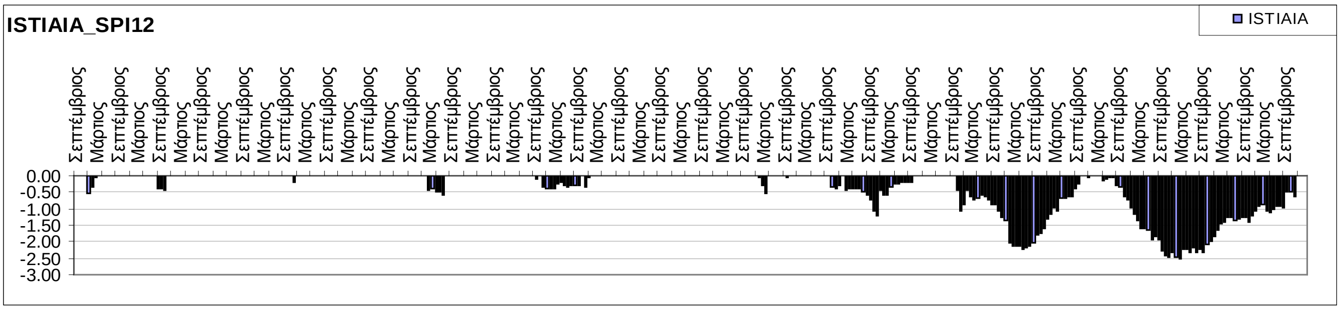


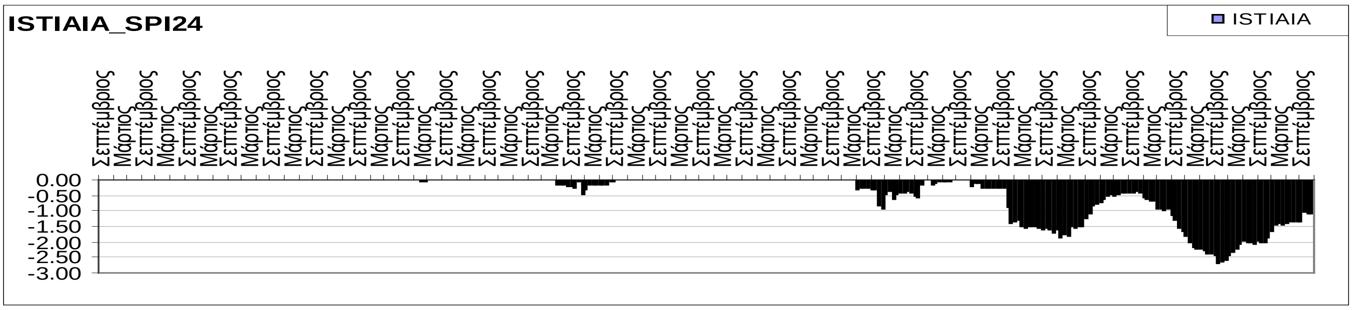
Ιστιαία (1980-2010)



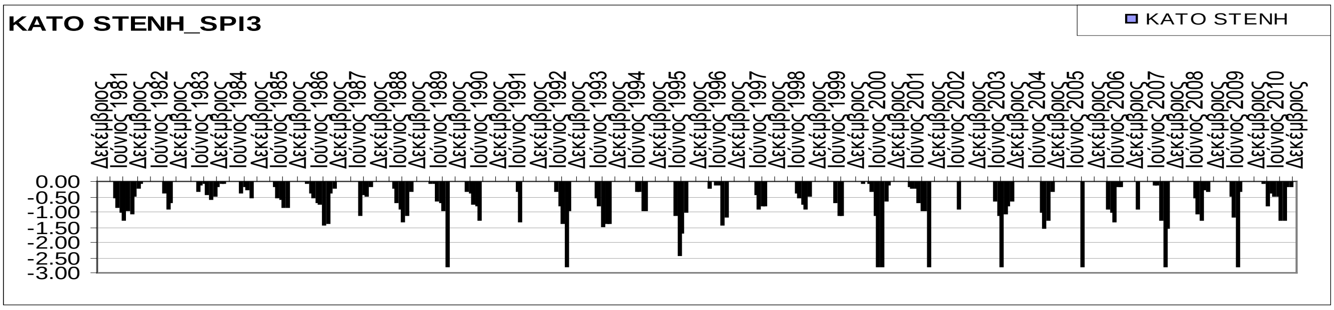


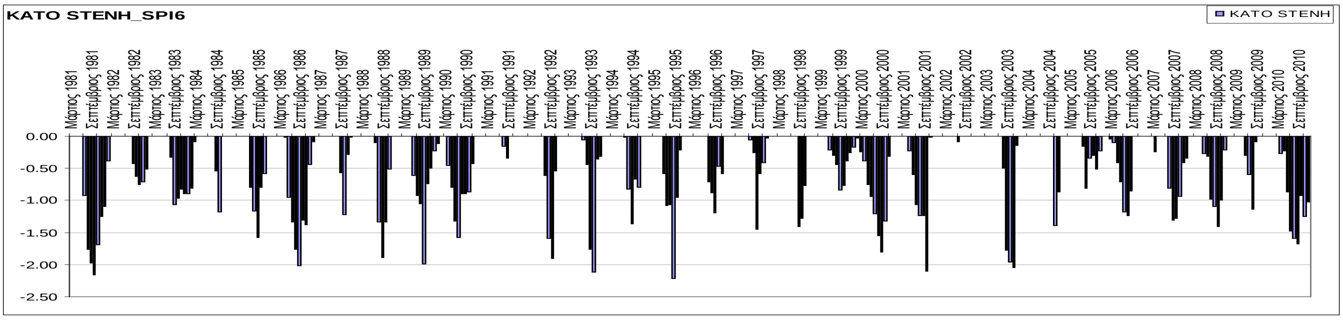


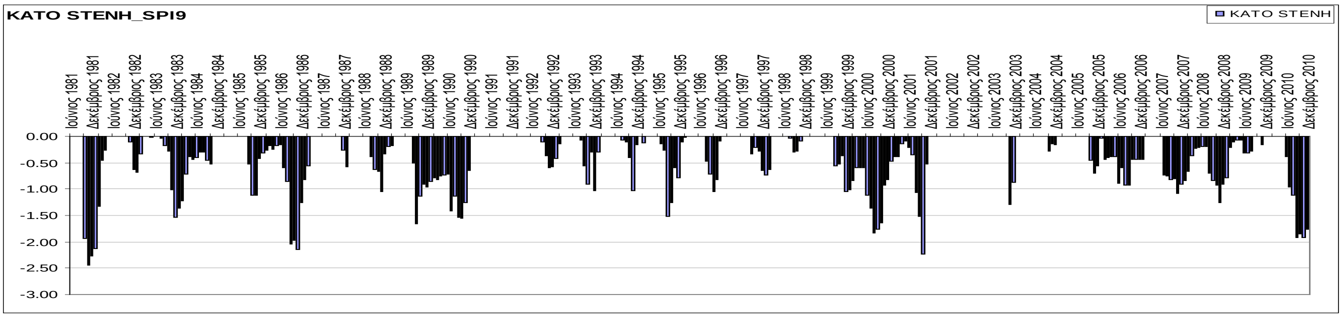


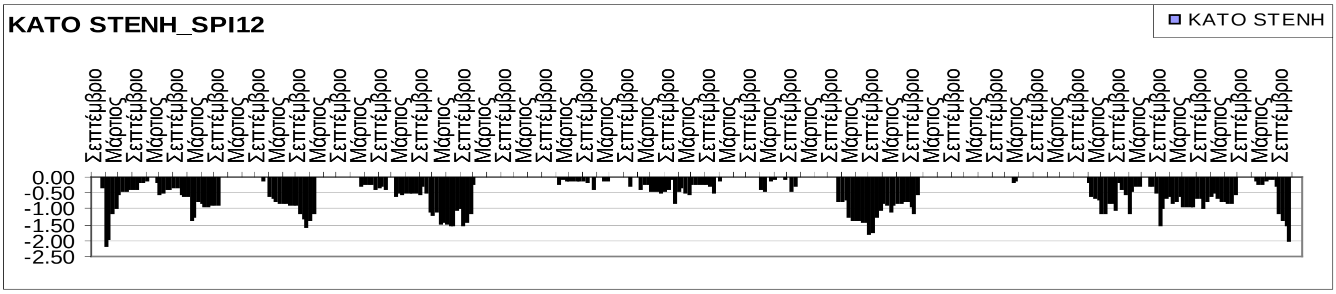


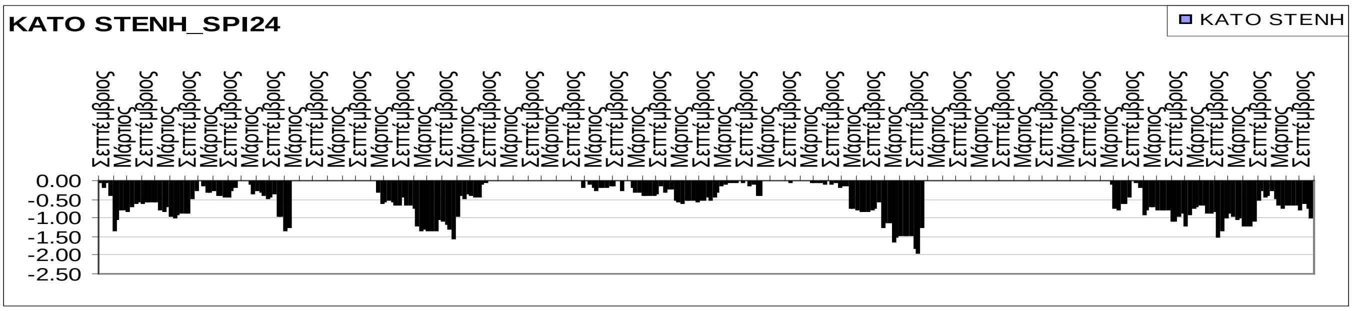
Κάτω Στενή (1980-2010)



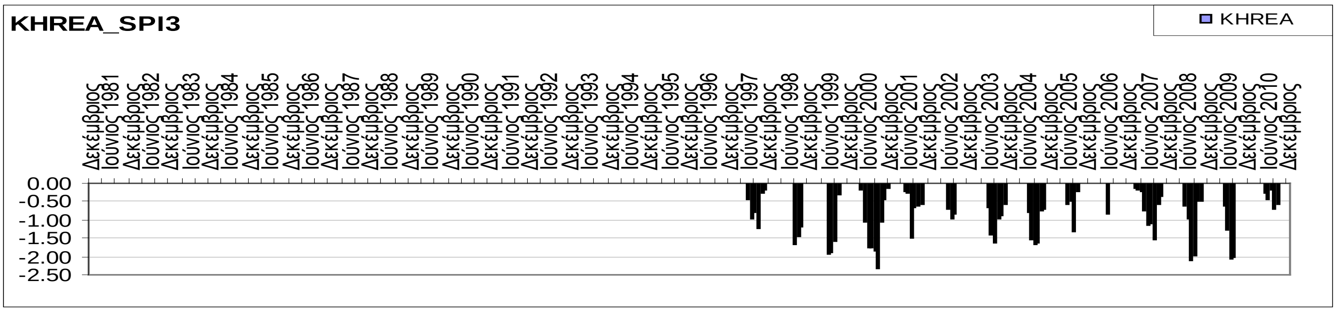


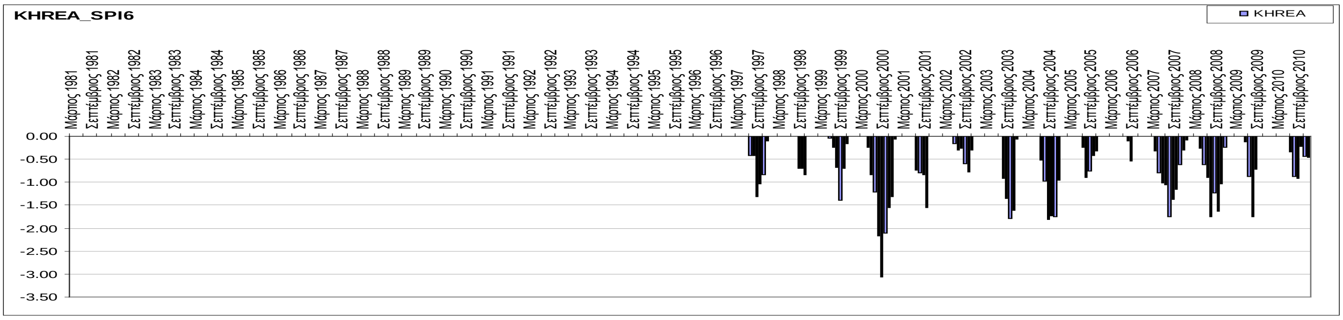


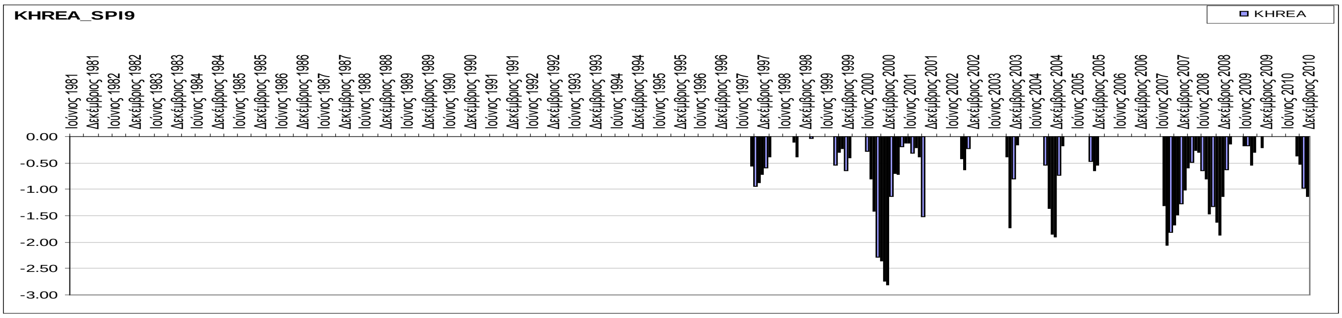


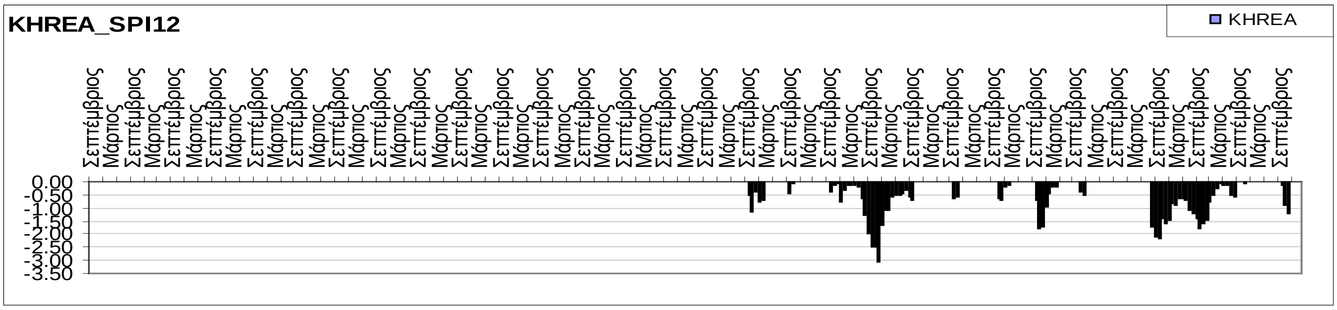


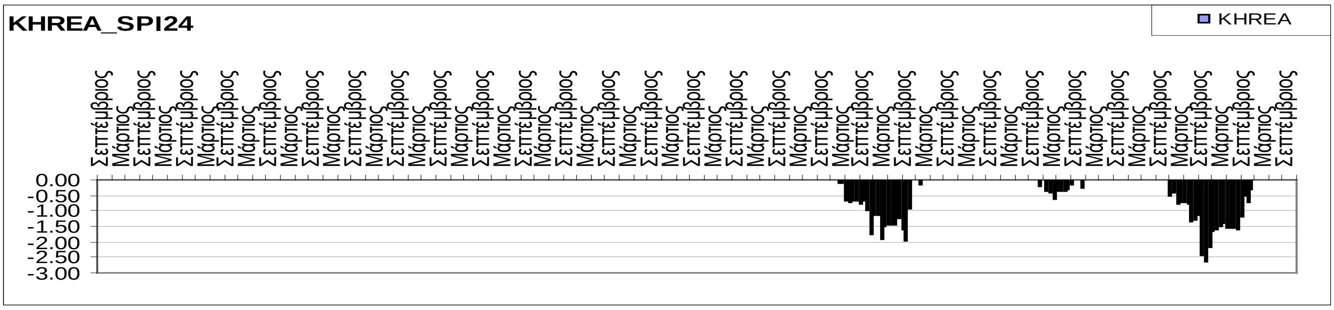
Κηρεά/Προκόπιον (1980-2010)



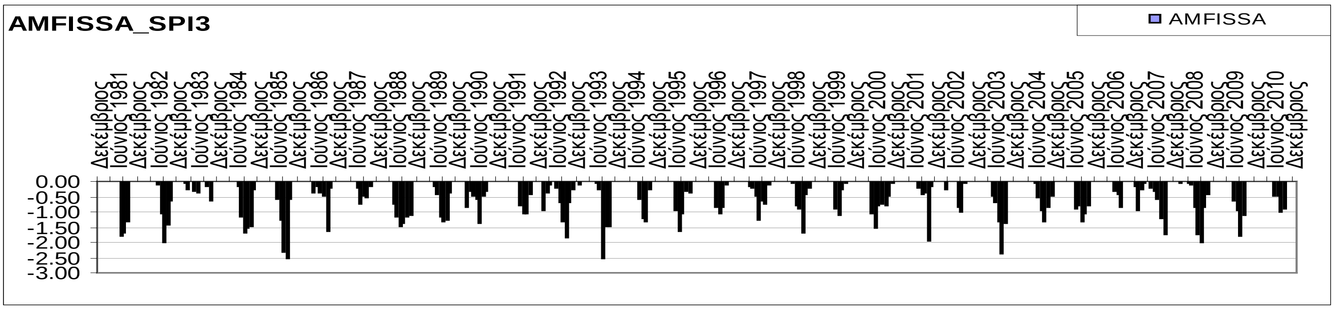


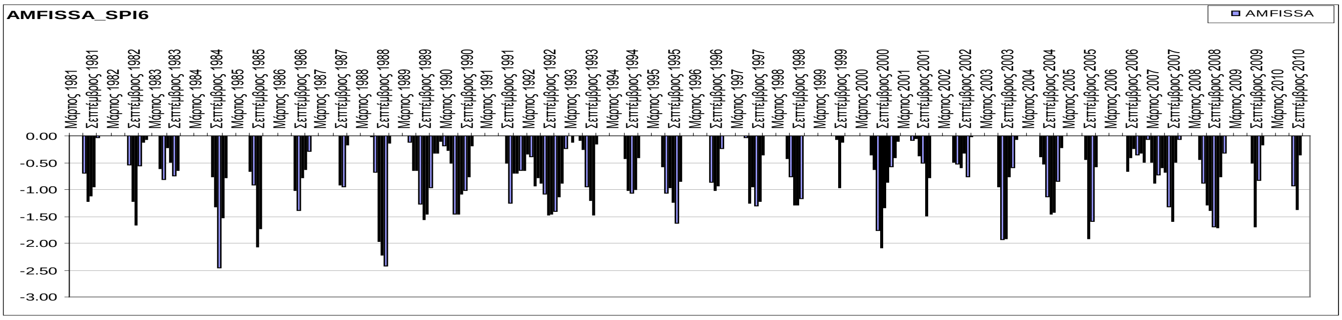


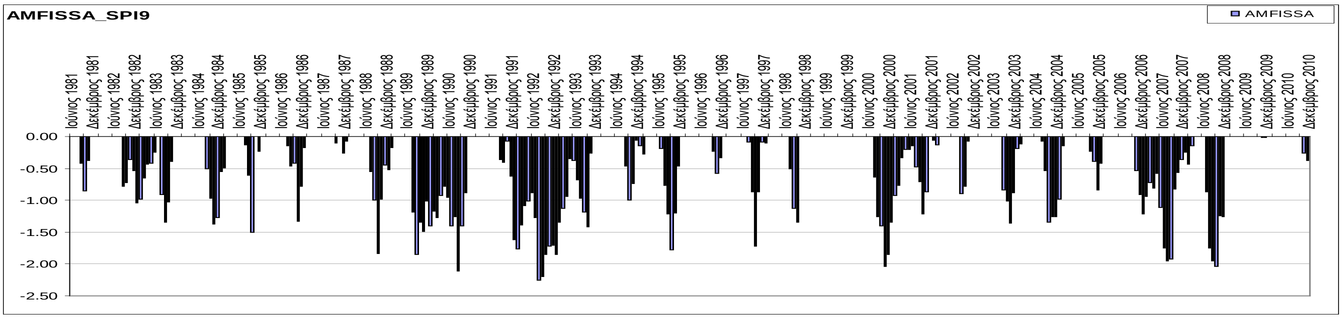


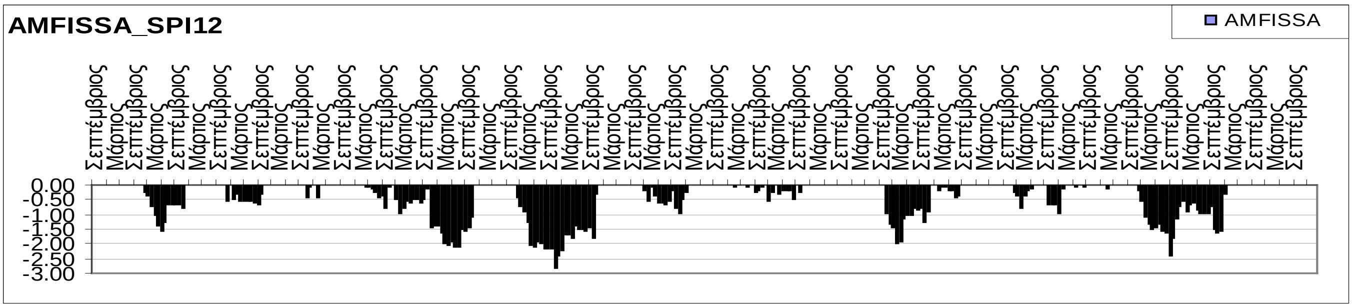


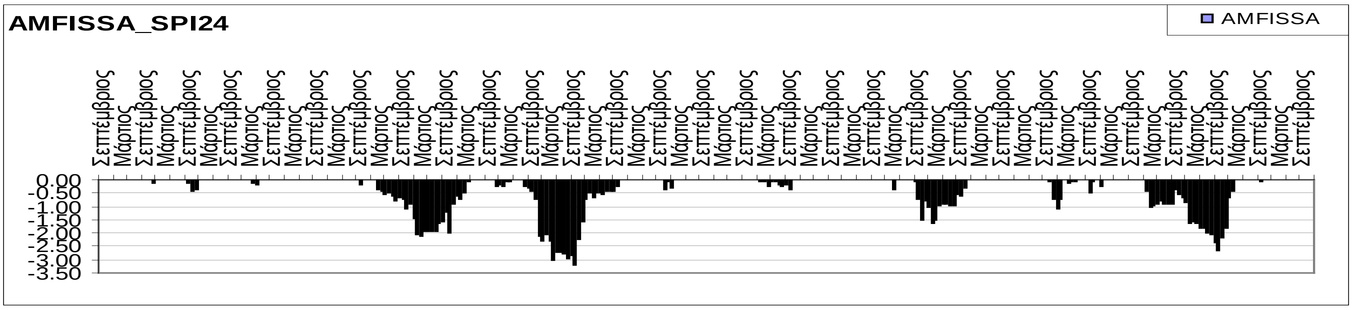
Άμφισσα (1980-2010)



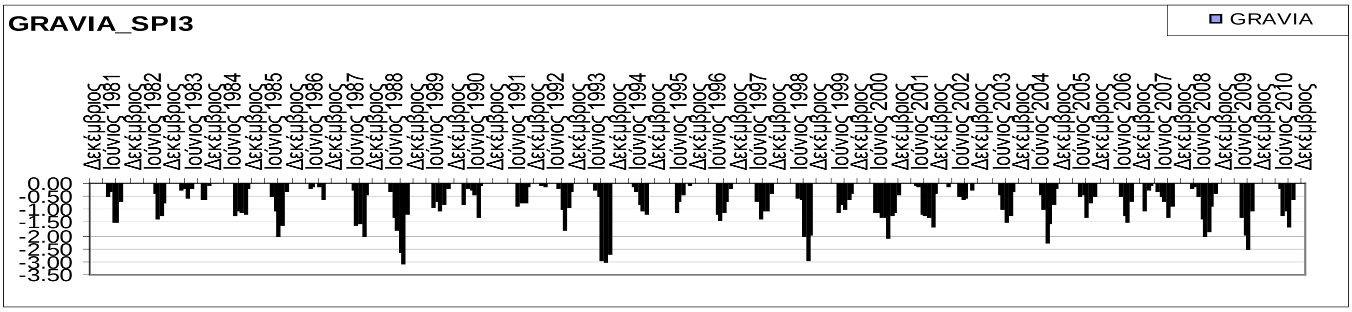


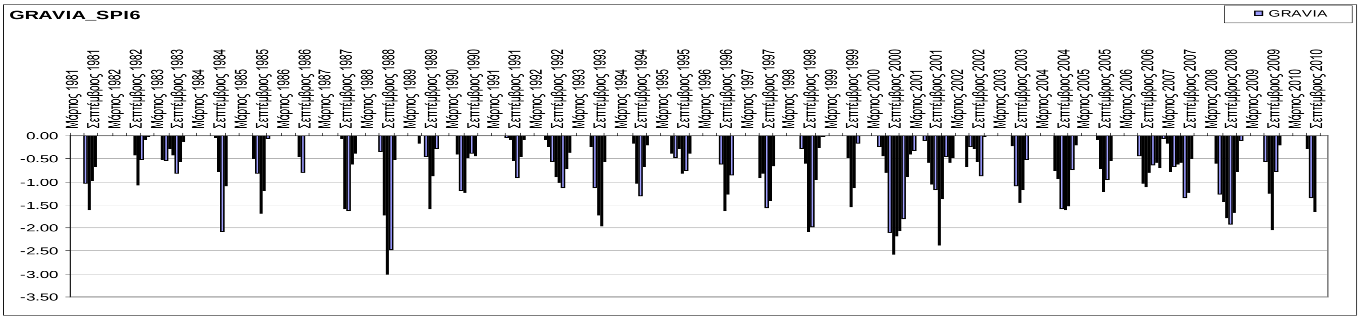


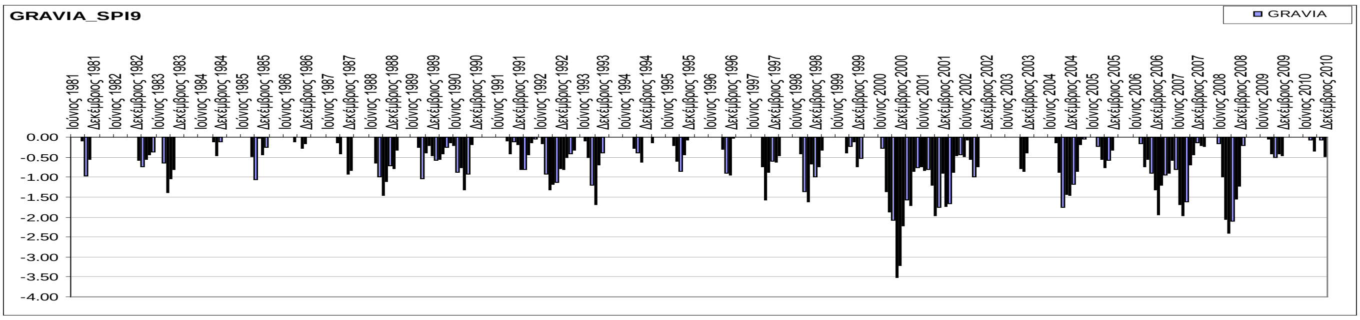


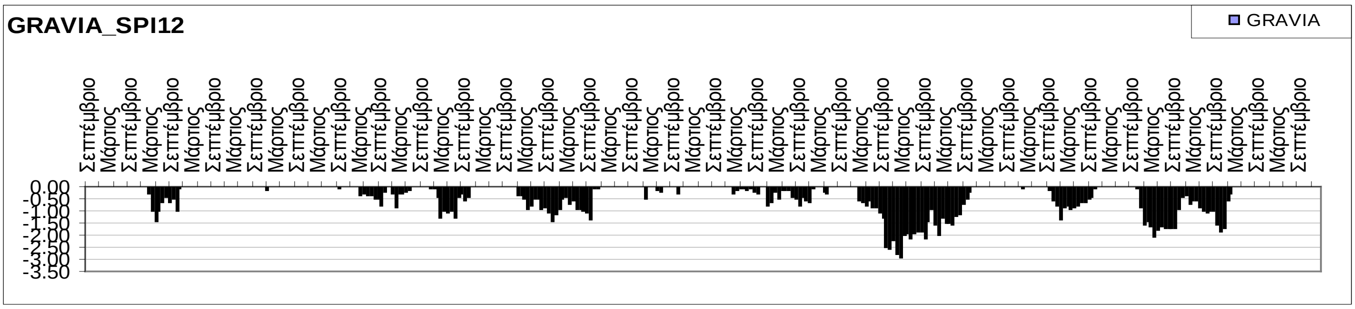


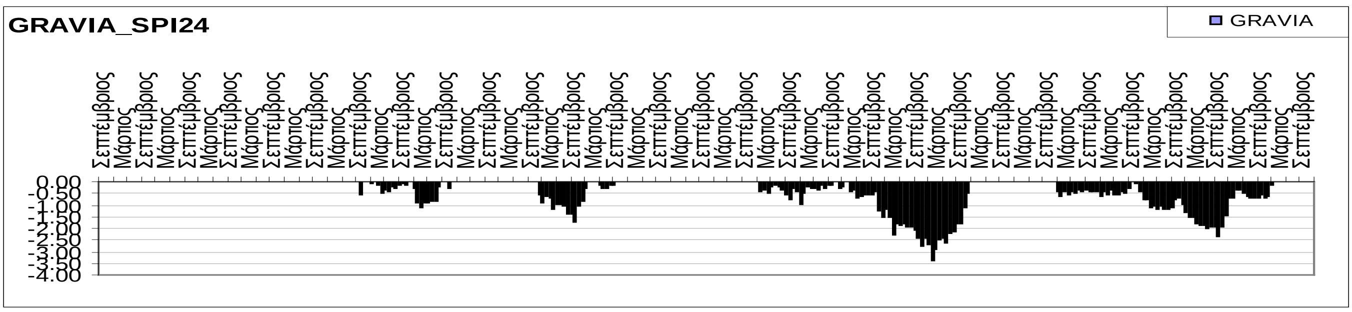
Γραβιά (1980-2010)



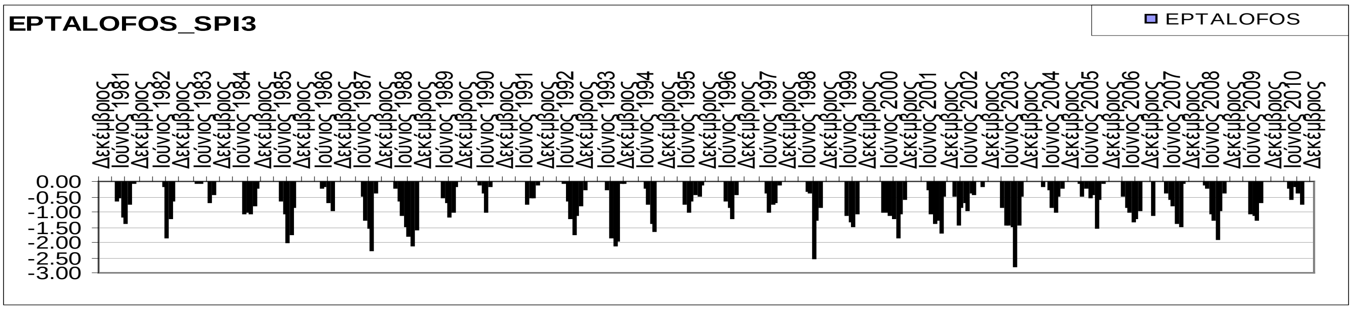


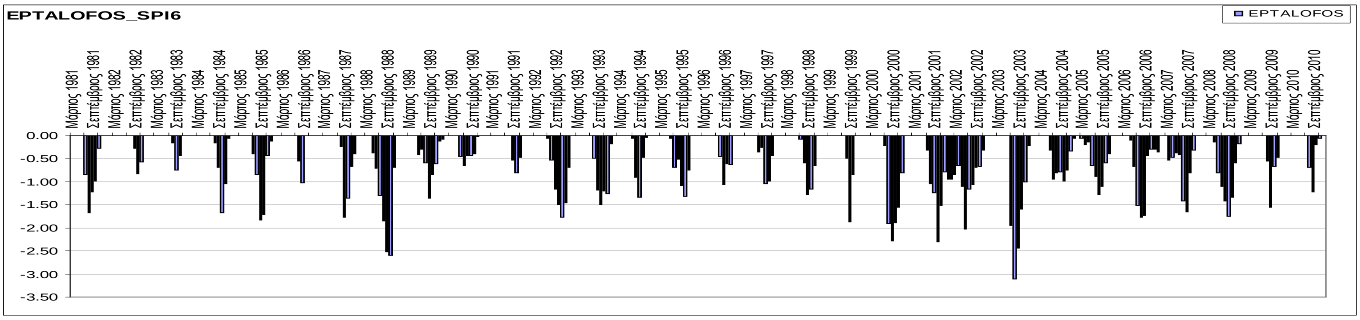


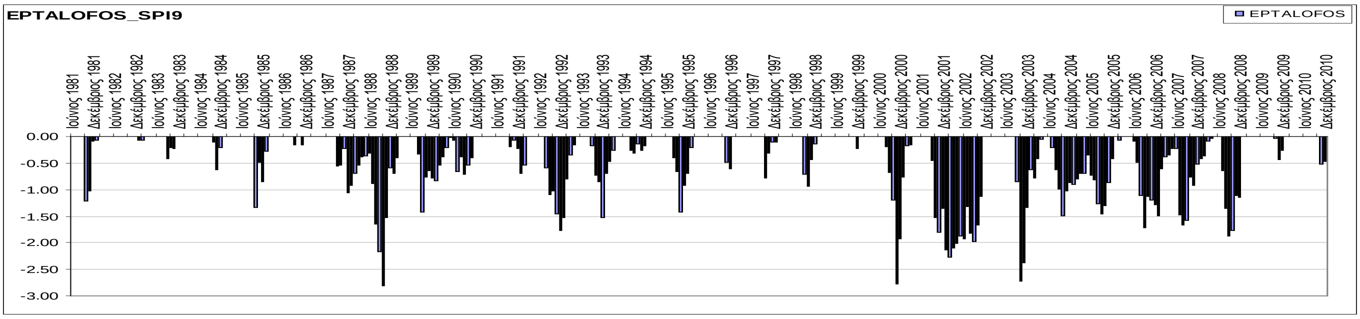


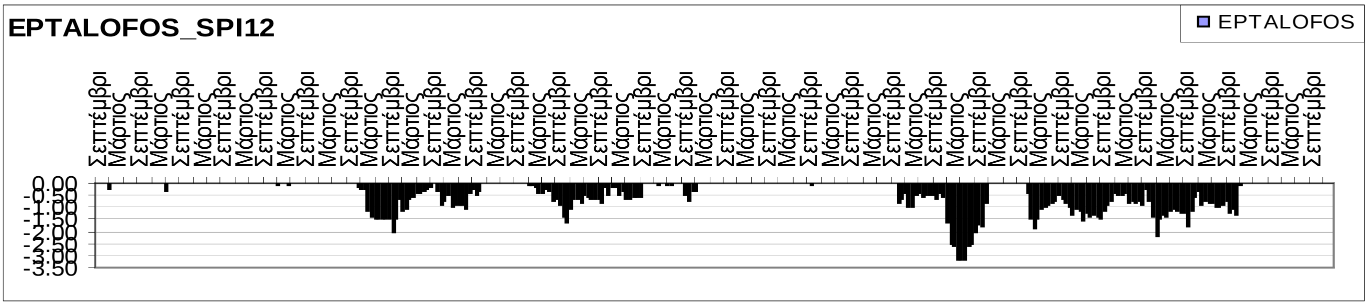


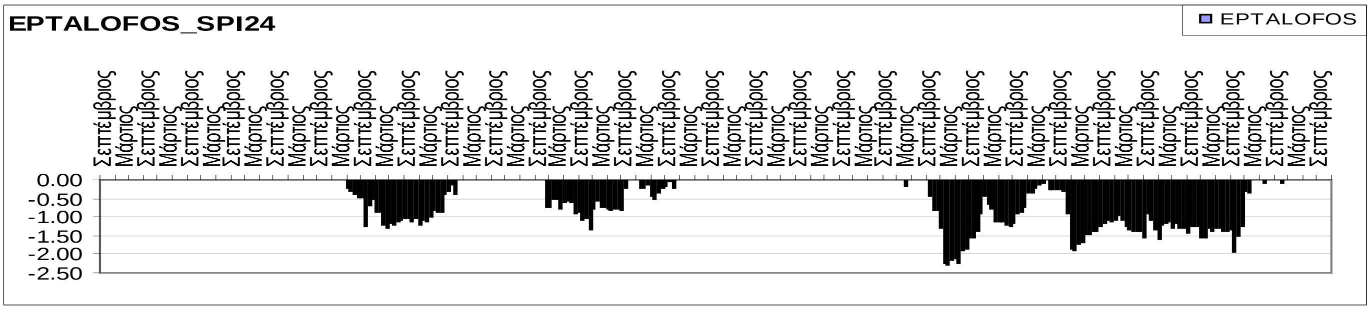
Επτάλοφος (1980-2010)



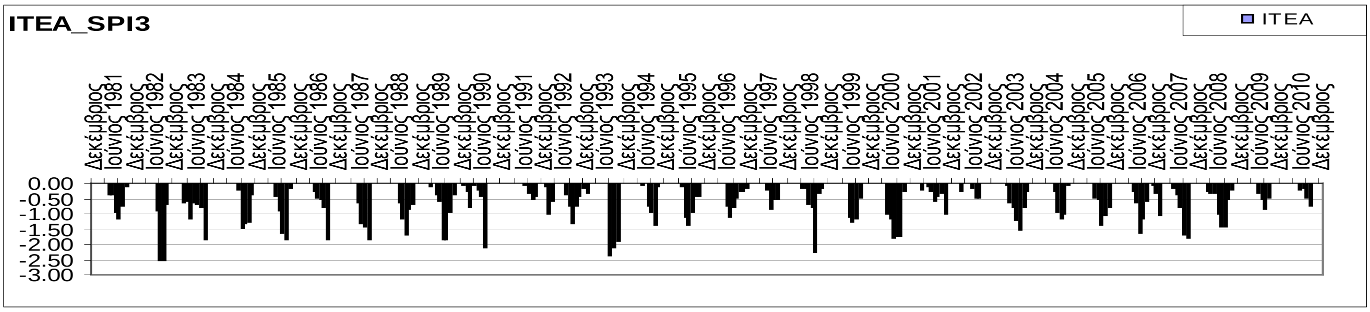


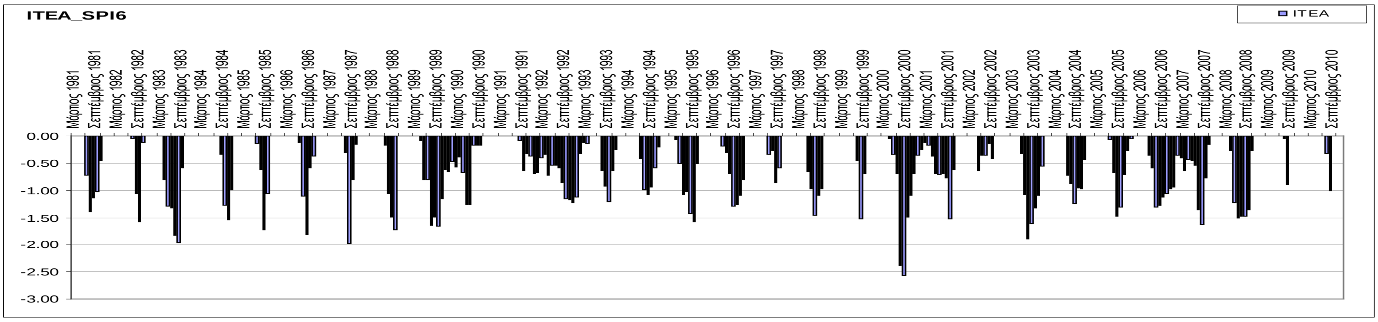


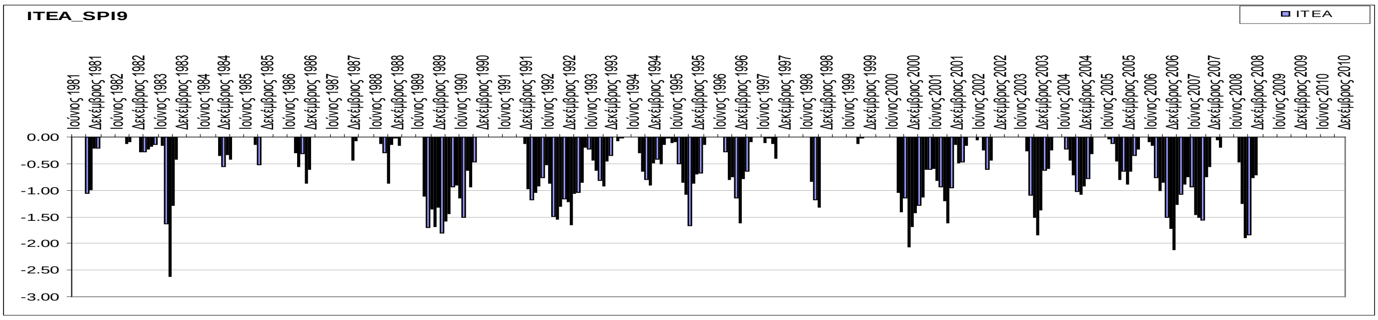


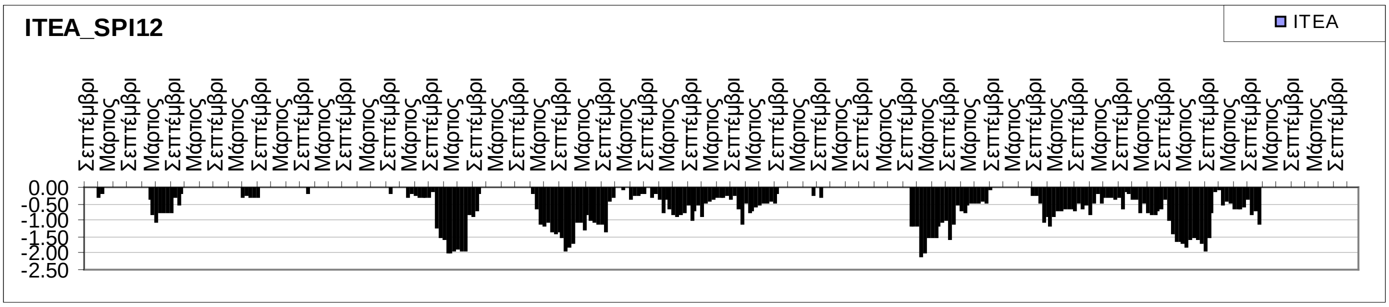


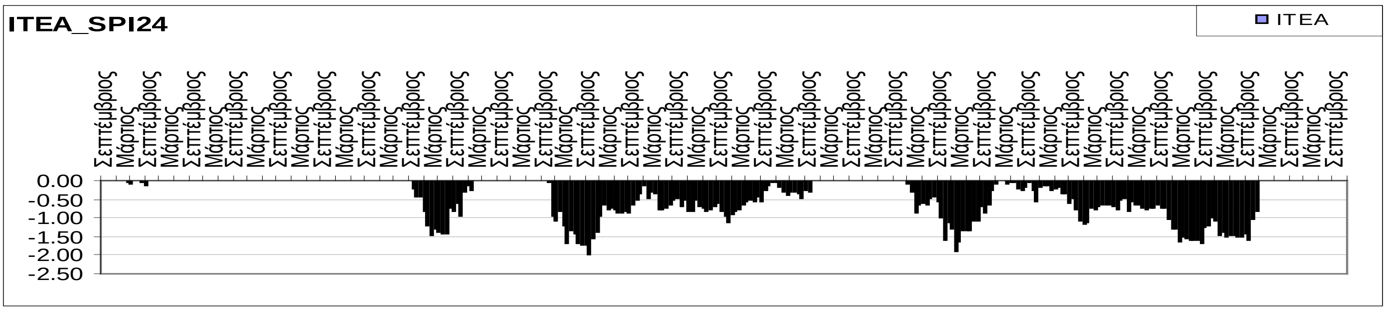
Ιτέα (1980-2010)



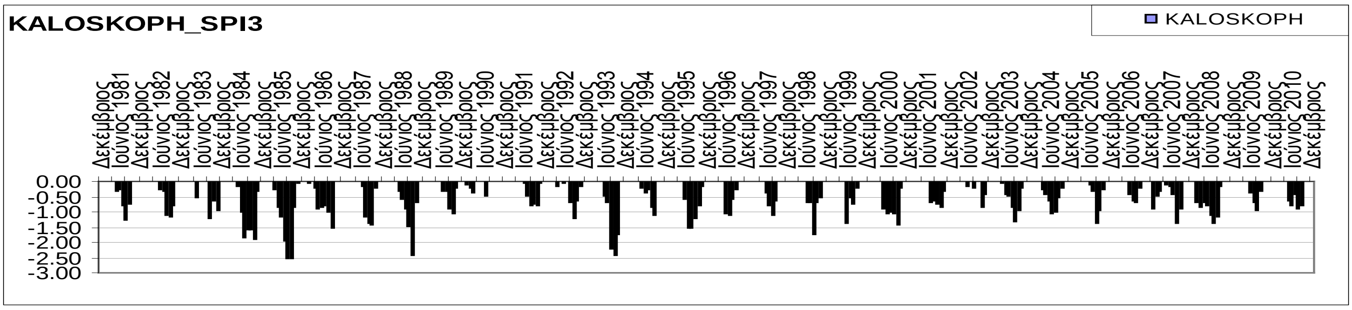


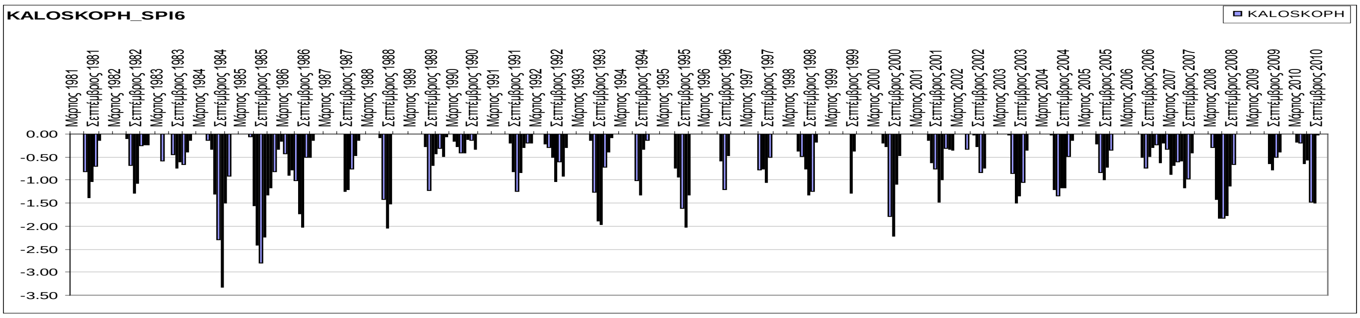


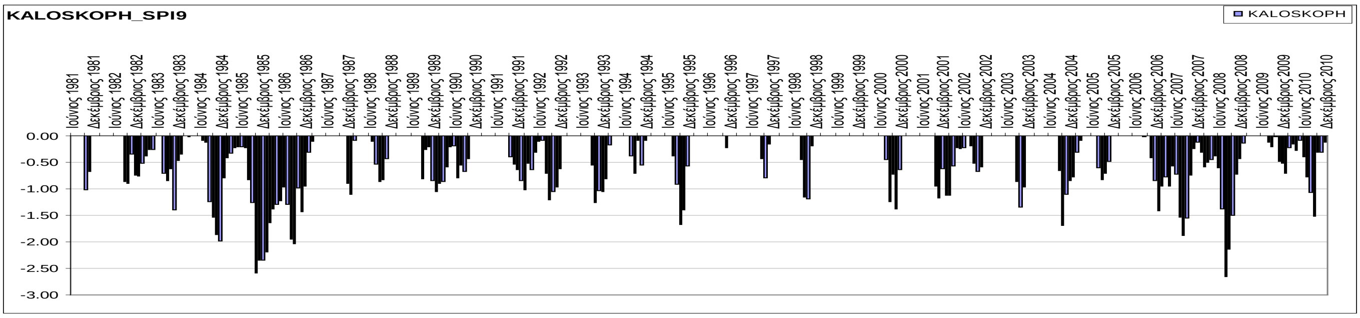


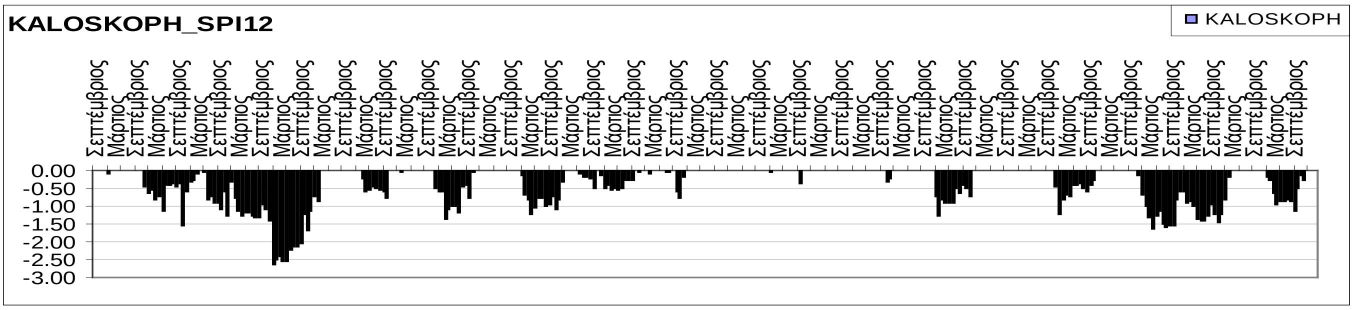


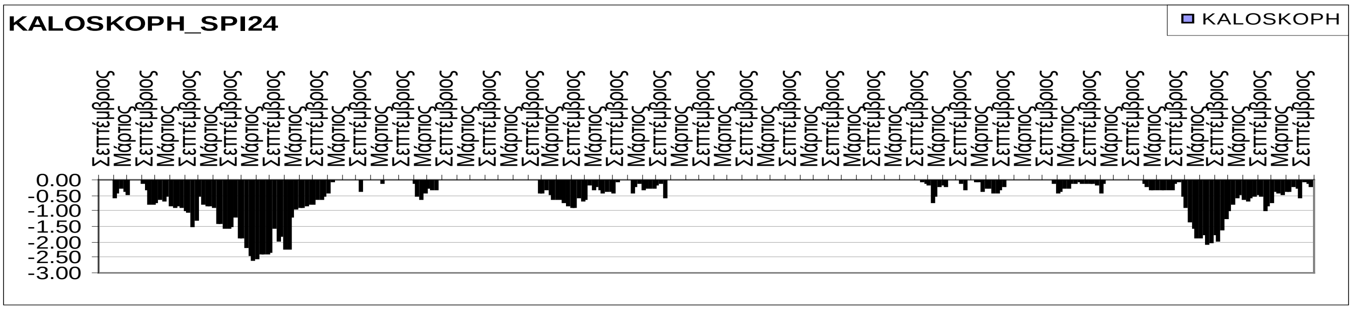
Καλοσκοπή (1980-2010)



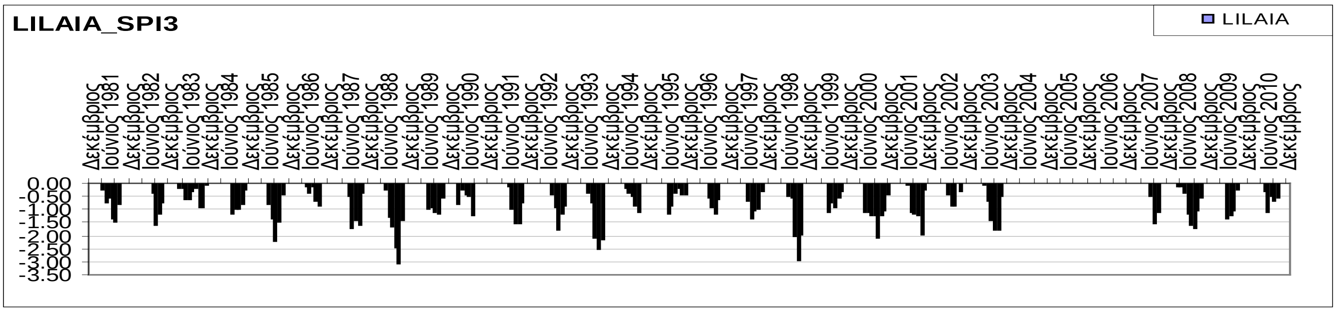


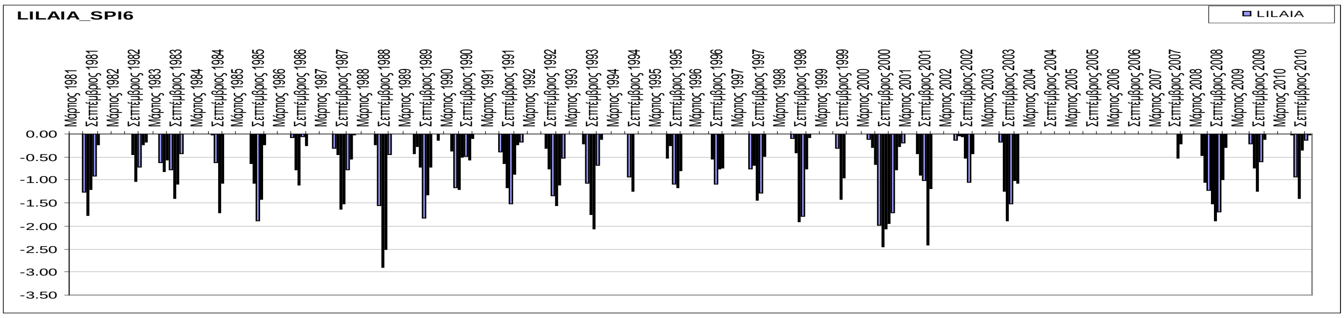


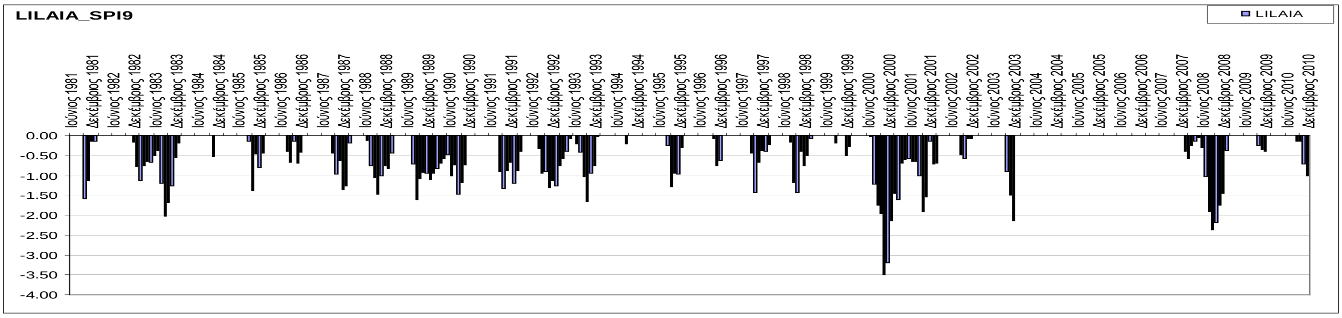


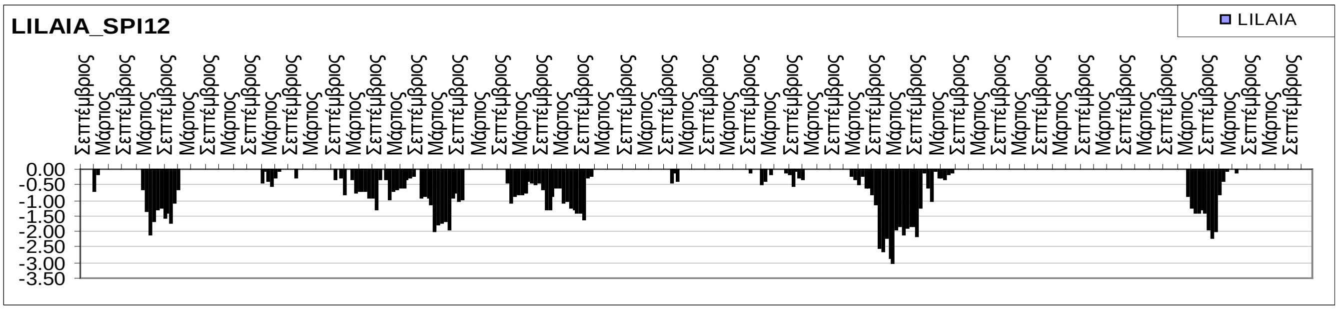


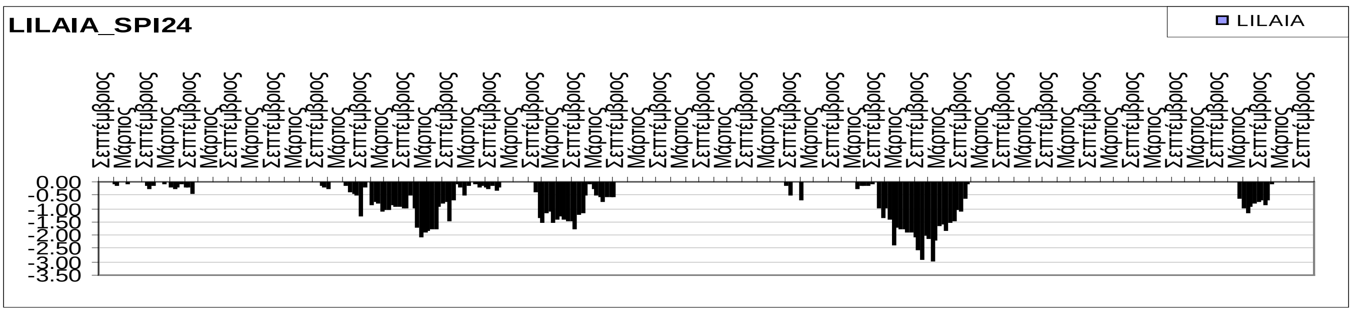
Λιλαία (1980-2010)



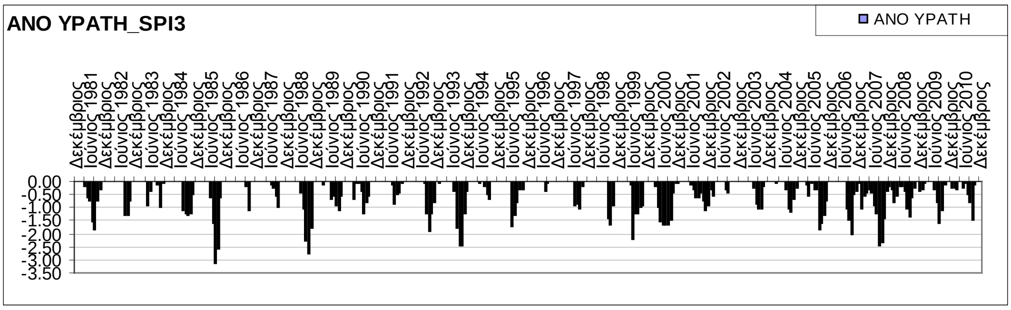


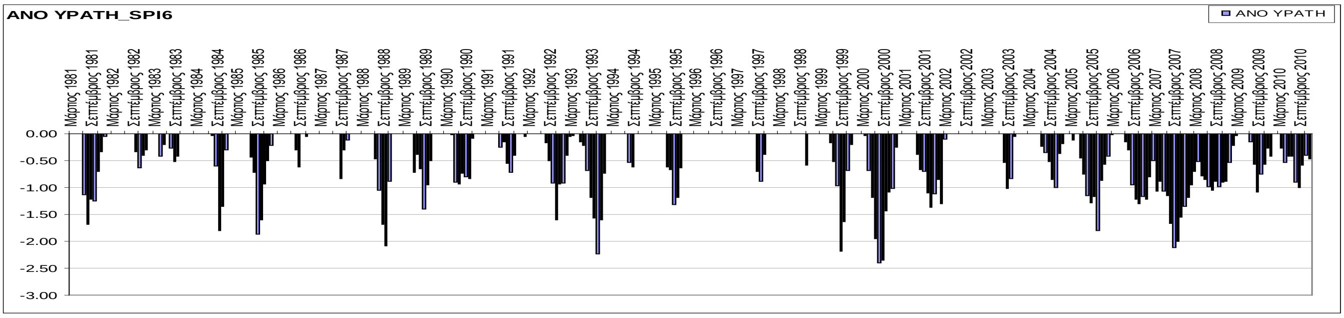


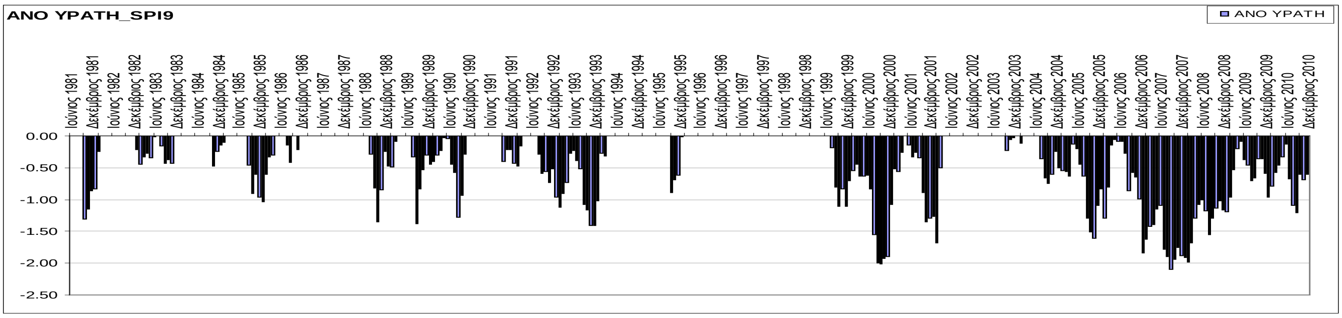


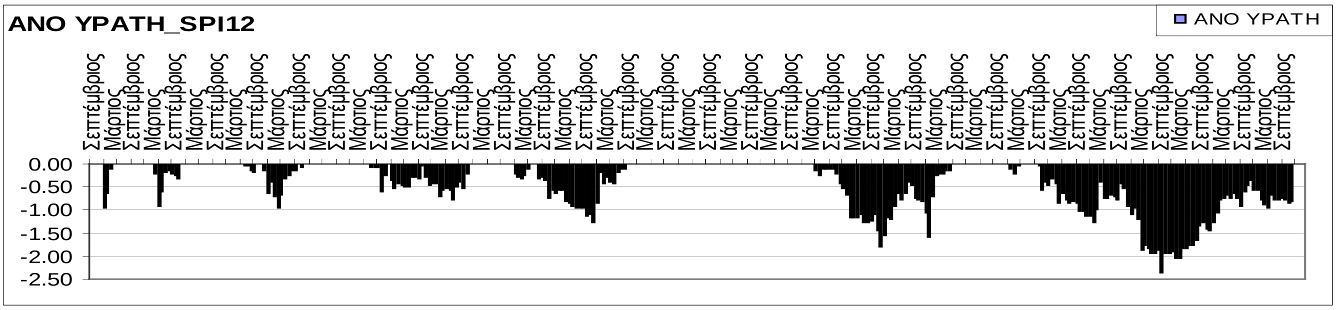


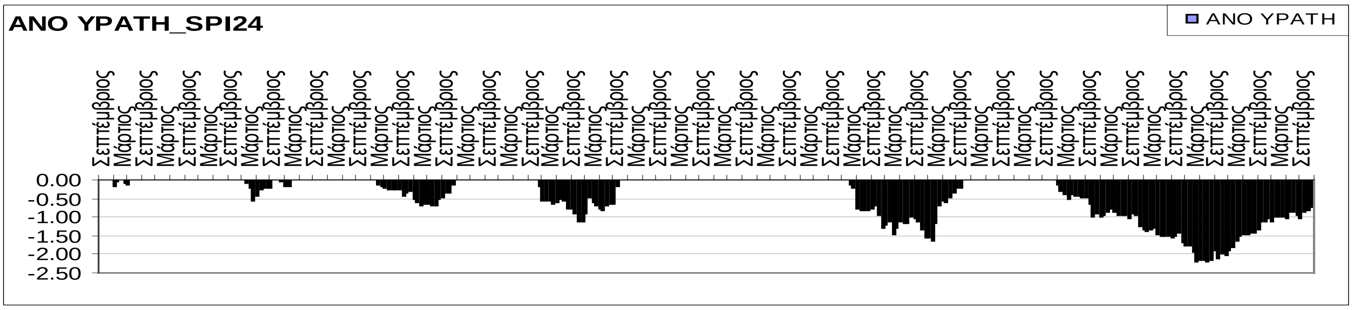
Άνω Υπάτη (1980-2010)



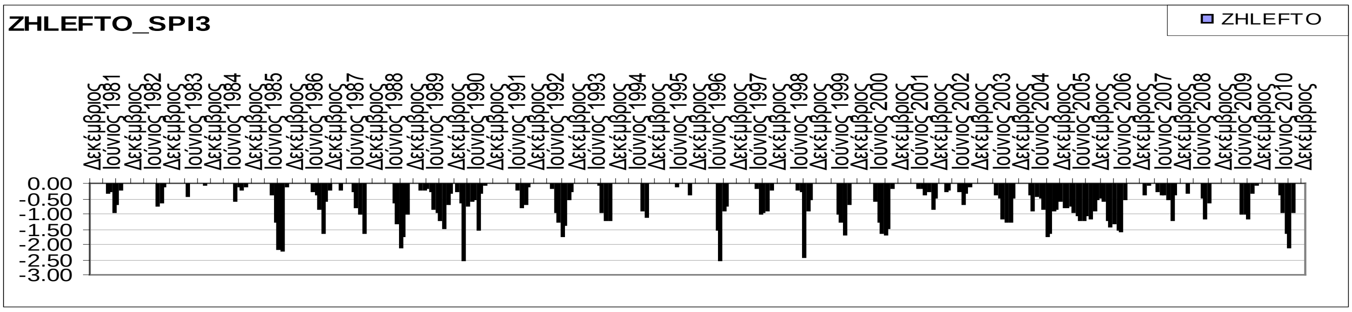


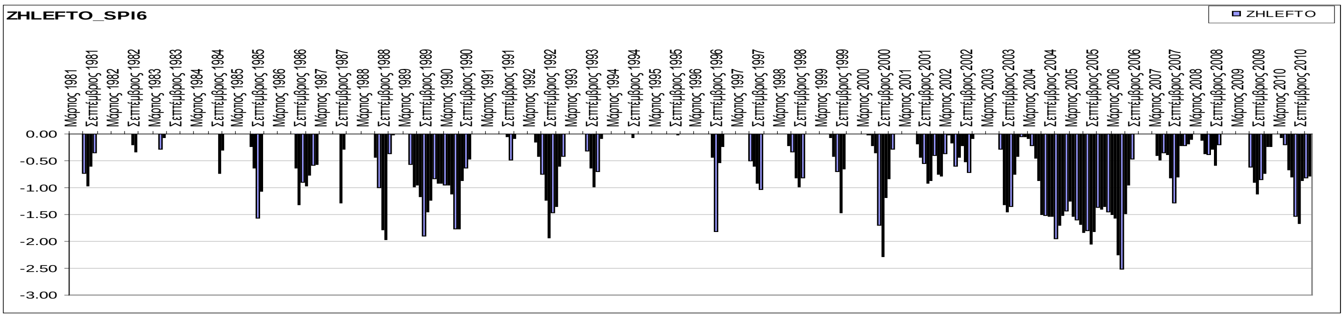


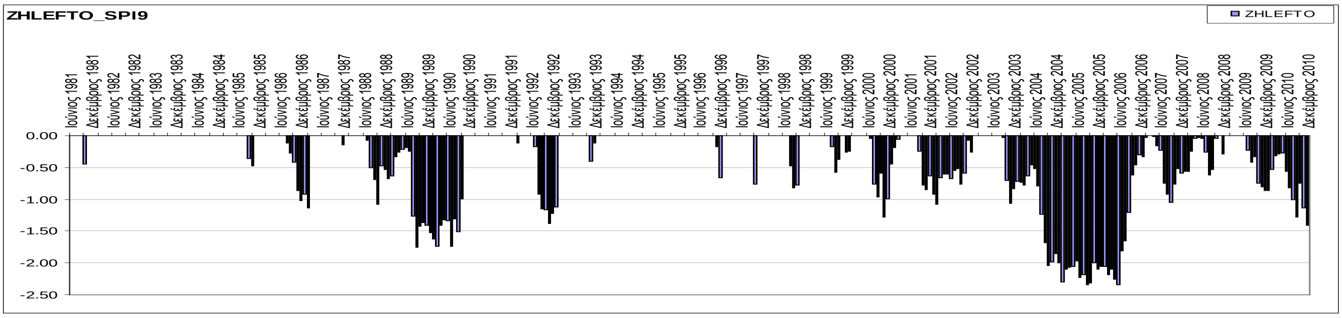


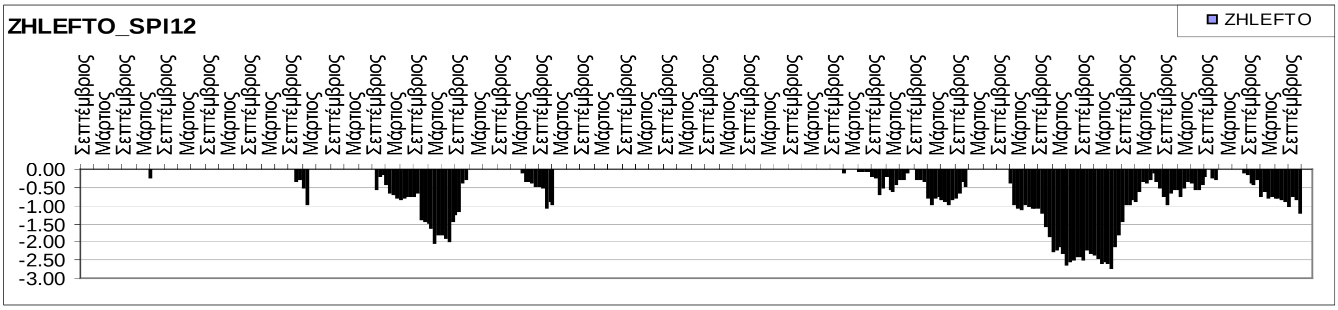


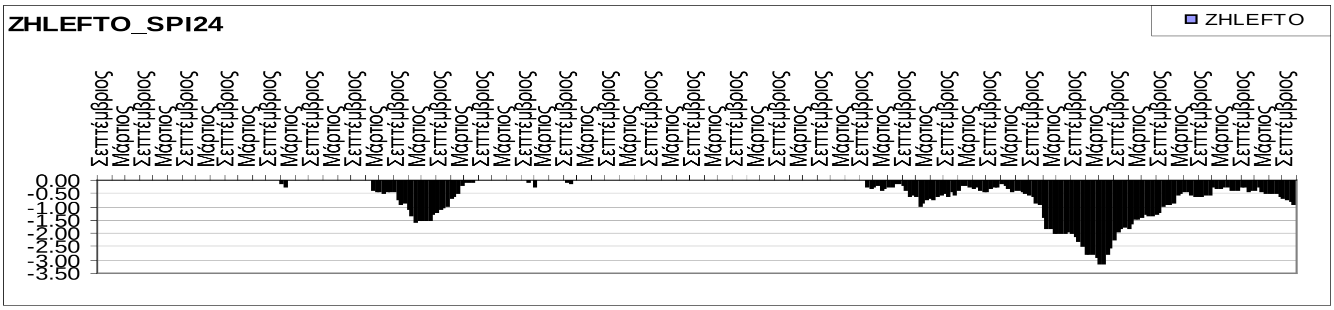
Ζηλευτό (1980-2010)



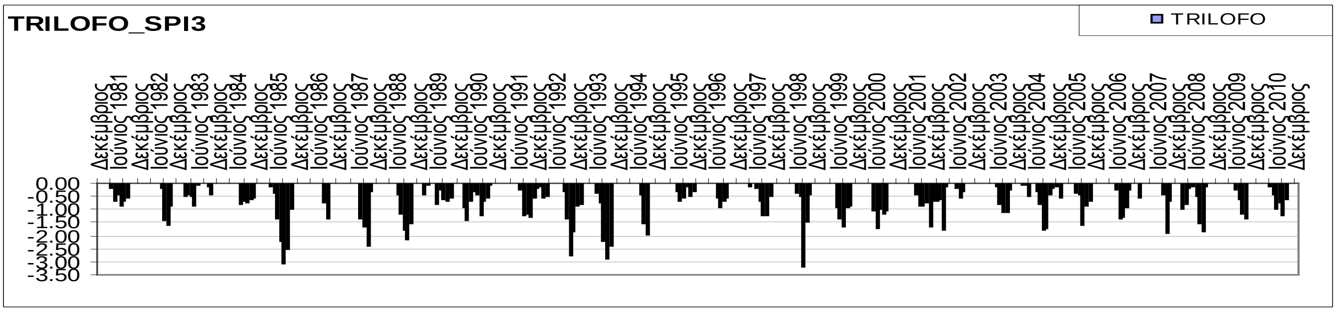


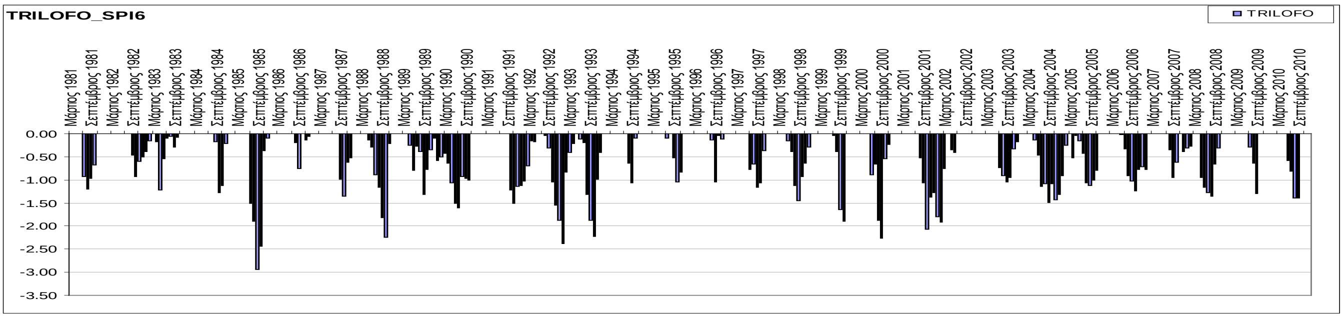


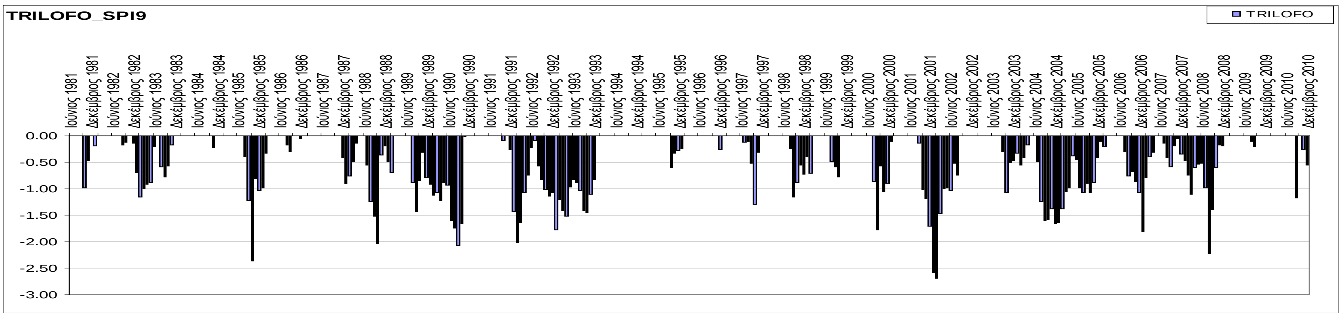


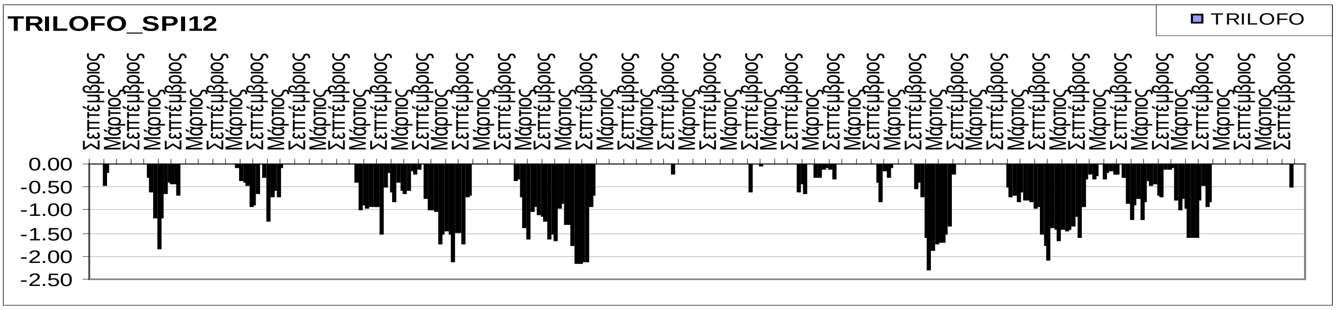


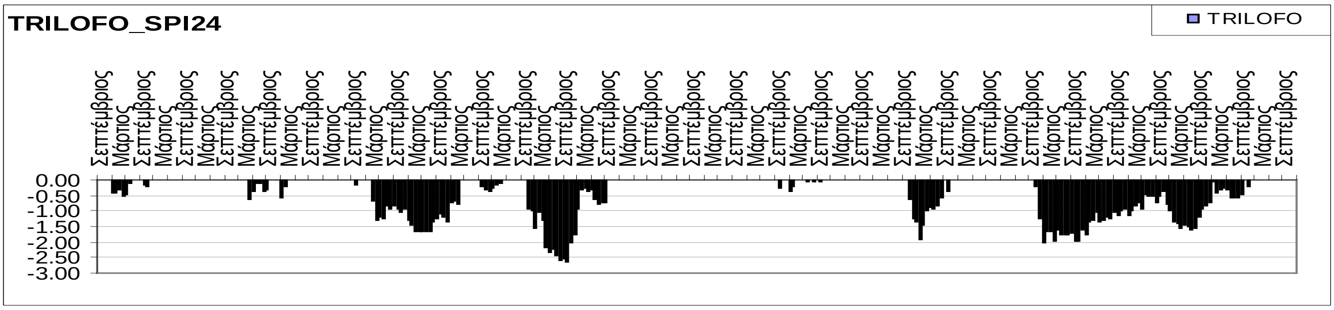
Τρίλοφο (1980-2010)



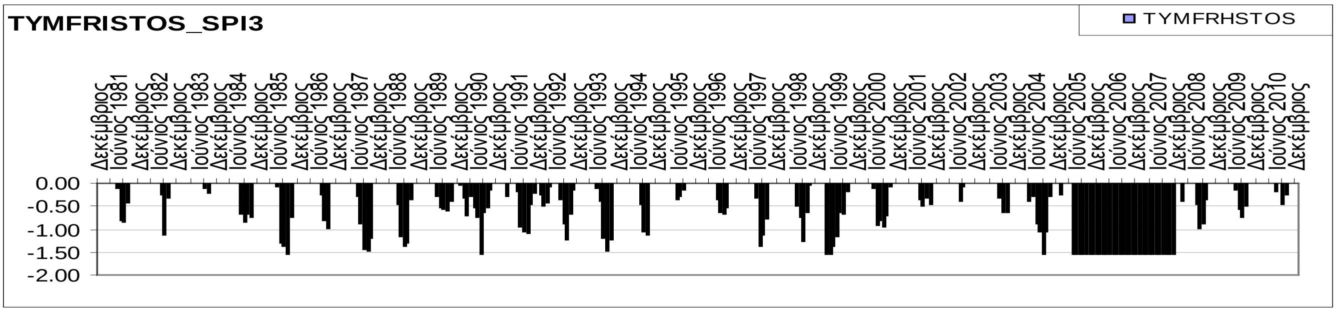


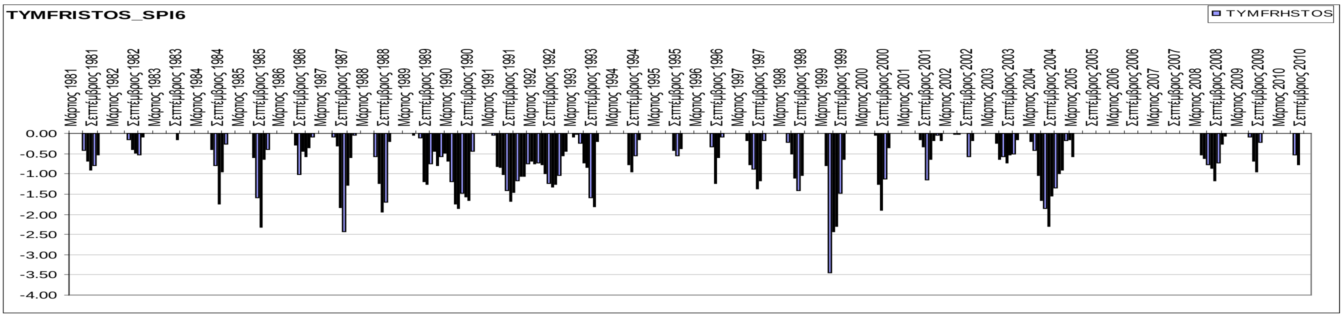


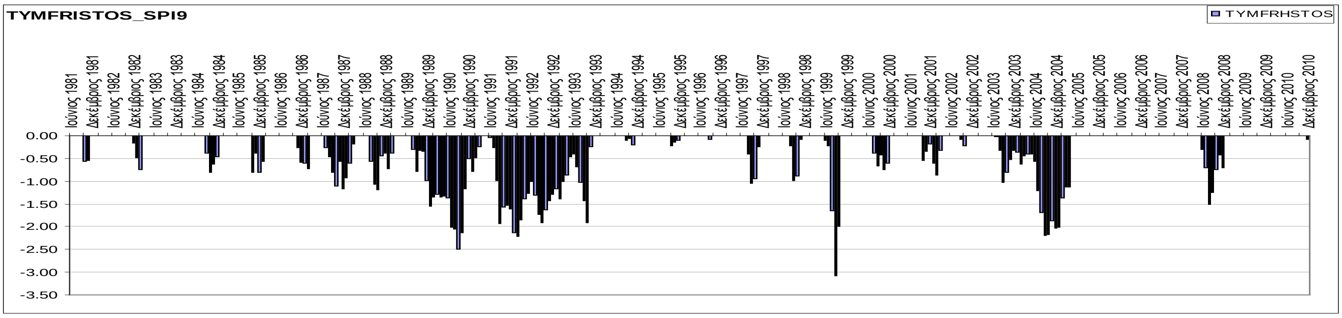


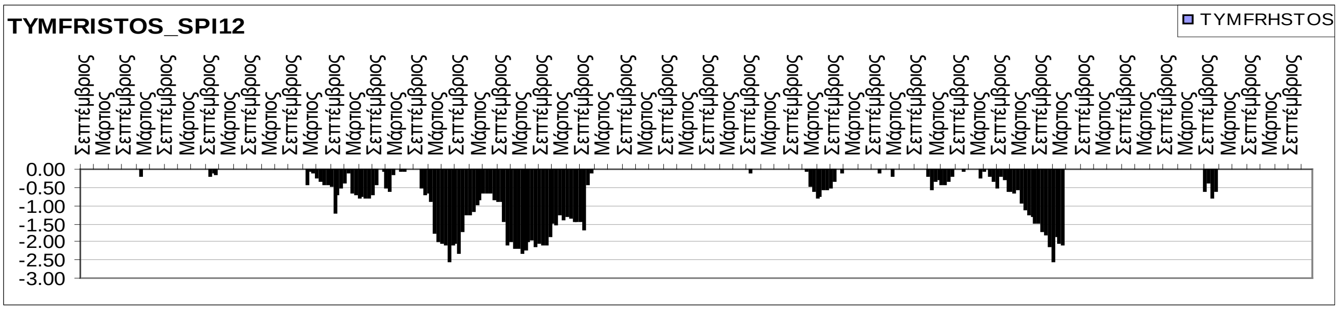


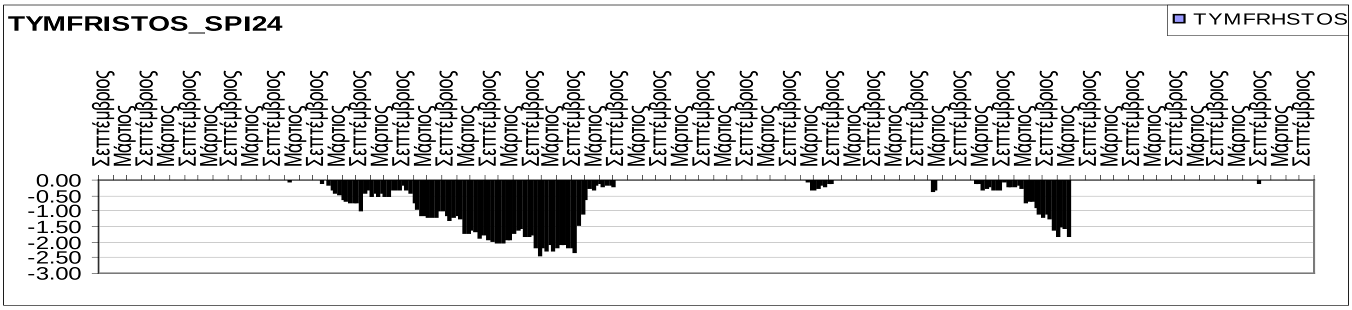
Τυμφρηστός (1980-2010)



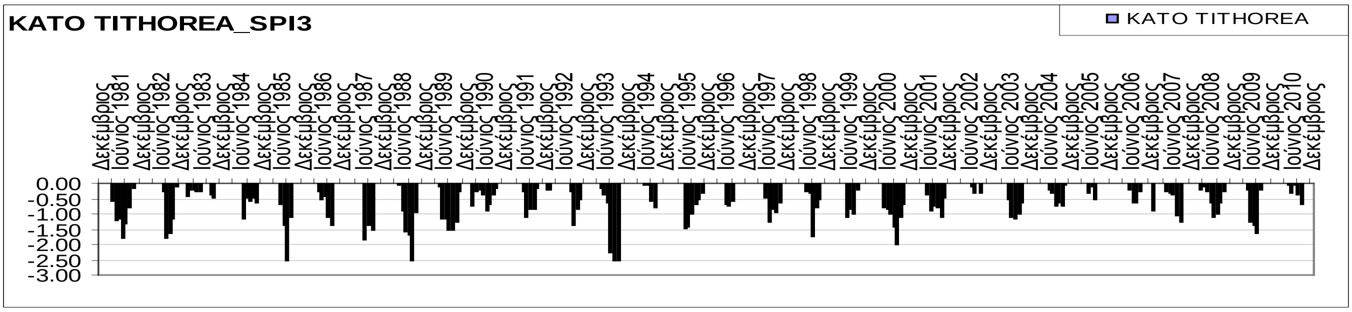


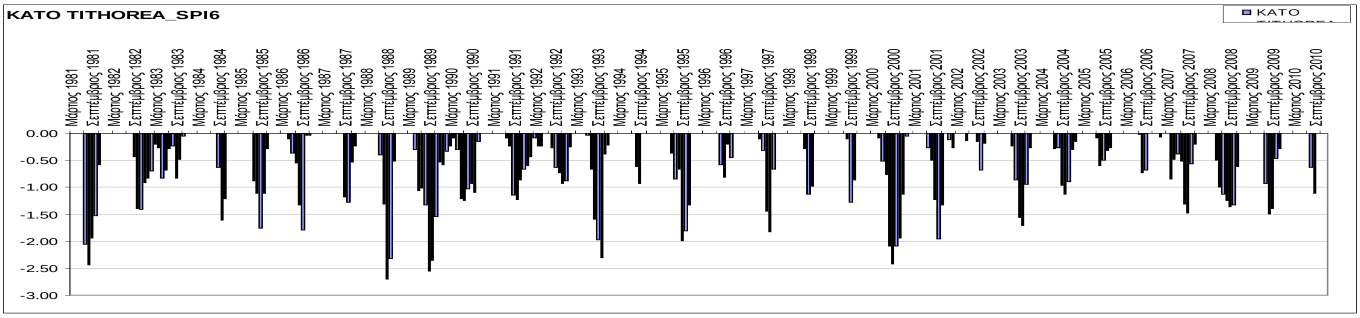


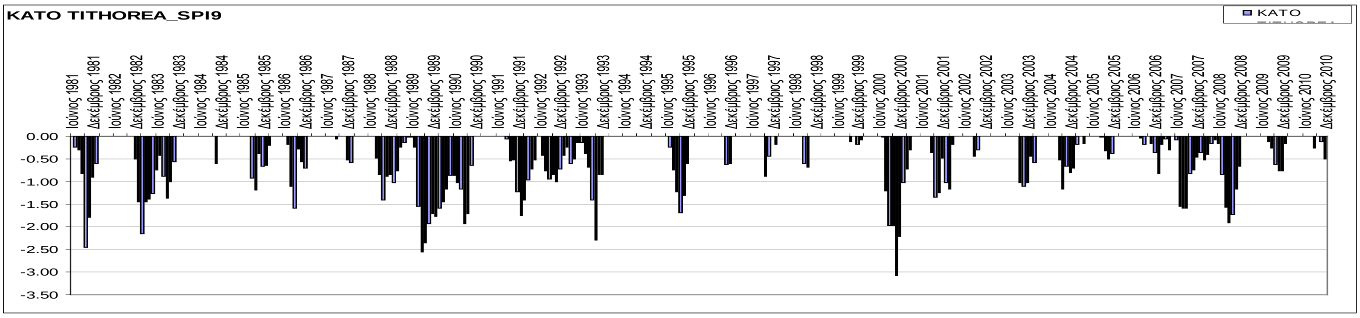


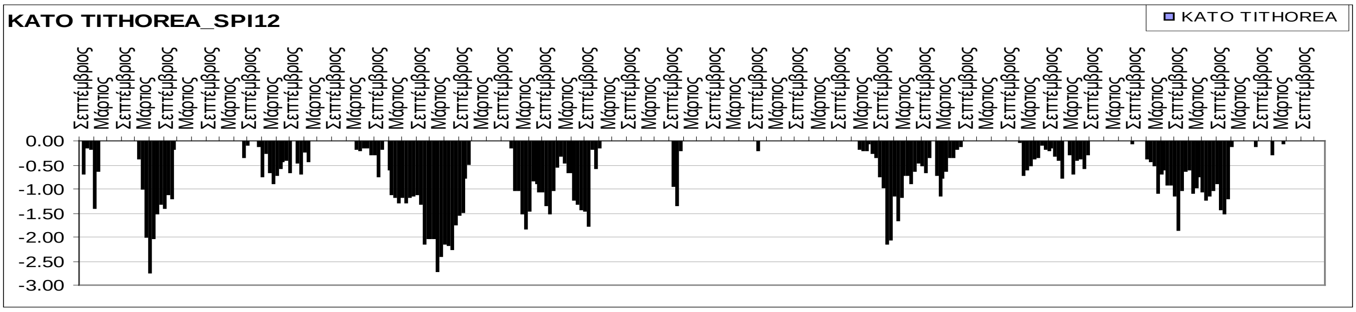


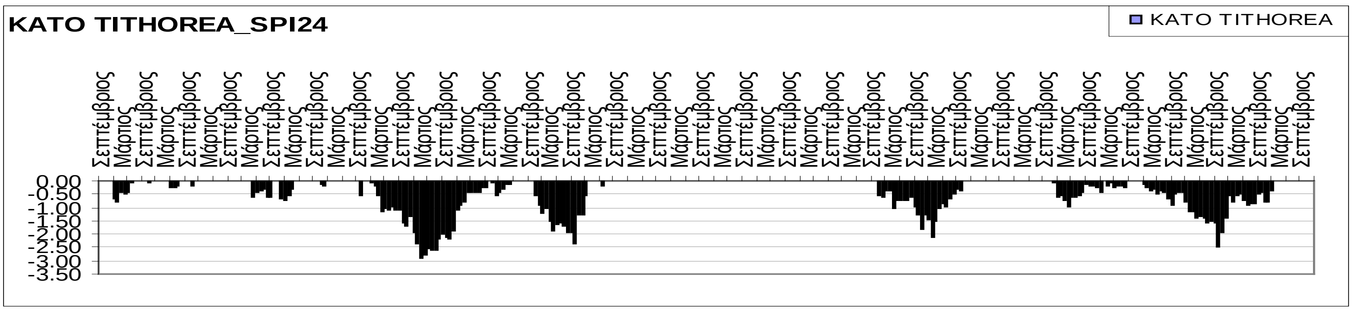
Κάτω Τιθορέα (1980-2010)











ΕΙΔΙΚΗ
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ
ΥΔΑΤΩΝ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ &
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ
ΑΛΛΑΓΗΣ

www.ypeka.gr

Ειδική Γραμματεία Υδάτων,
Μ. Ιατρίδου 2 & Λεωφ. Κηφισίας 115 26 Αθήνα
Τηλ: 210 693 1265, 210 693 1253,
Φαξ: 210 699 4355, 210 699 4357
E-mail: info.egy@prv.ypeka.gr

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΕΠΠΕΡΑΑ
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη

www.epperaa.gr

ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης