



ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

των Λεκανών Απορροής Ποταμών
του Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης

ΣΧΕΔΙΟ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΚΑΙ ΞΗΡΑΣΙΑΣ
(ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4, Β' Φάσης)

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2013



ΕΙΔΙΚΗ
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ
ΥΔΑΤΩΝ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ

**ΕΡΓΟ: ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΧΕΔΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ Υ.Δ. ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΑΚΗΣ
ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ 2000/60/ΕΚ, ΚΑΤ' ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ
Ν.3199/2003 ΚΑΙ ΤΟΥ ΠΔ 51/2007**

ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΣΧΕΔΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ Υ.Δ. ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ-ΘΡΑΚΗΣ

**ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΟΥ
ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΘΡΑΚΗΣ (GR12)**

**Β' ΦΑΣΗ ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4: – ΣΧΕΔΙΟ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ
ΚΑΙ ΞΗΡΑΣΙΑΣ**

Ημερομηνία πρώτης Δημοσίευσης: 2/07/2012

ΦΕΚ Έγκρισης Σχεδίου Διαχείρισης: 2290 Β'/13.09.2013

Π Ι Ν Α Κ Α Σ Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Ω Ν

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ	2
1 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΑΚΡΑΙΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ	3
1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ	3
1.2 ΔΕΙΚΤΕΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ	4
1.2.1 Γενικά	4
1.2.2 Ο δείκτης SPI	5
1.2.3 Χαρακτηρισμός των επεισοδίων ξηρασίας με χρήση του SPI	9
1.3 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ Υ.Δ. 12	11
1.3.1 Χρησιμοποιούμενο λογισμικό και ακολουθούμενη προσέγγιση	11
1.3.2 Διαθέσιμοι βροχομετρικοί σταθμοί και δεδομένα	12
1.3.3 Περίοδος υπολογισμού SPI	17
1.3.4 Χρονικές κλίμακες υπολογισμού	17
1.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟ Υ.Δ. 12	17
1.4.1 Δείκτης SPI-6	18
1.4.2 Δείκτης SPI-12	24
1.4.3 Δείκτης SPI-24	30
1.4.4 Σύγκριση των δεικτών	36
2 ΔΕΙΚΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΚΑΙ ΖΩΝΕΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ Υ.Δ. 12	39
2.1 ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΥΔΑΤΩΝ	39
2.1.1 Ο δείκτης WEI (Water Exploitation Index)	39
2.1.2 Ο δείκτης WEI+	40
2.2 Ο ΔΕΙΚΤΗΣ WEI ^{GR}	44
2.3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ WEI ^{GR} ΣΤΟ Υ.Δ. 12	47
2.3.1 Λεκάνες υπολογισμού	47
2.3.2 Προσφορά νερού	47
2.3.3 Ζήτηση νερού	47
2.3.4 Περιβαλλοντικές παροχές	47
2.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ WEI ^{GR} ΣΤΟ Υ.Δ. 12	48
2.5 ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΚΑΙ ΖΩΝΕΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ Υ.Δ. 12	49
3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΛΕΥΣΗΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ	50
3.1 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΔΕΙΚΤΗ SPI ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	50
3.1.1 Επιφανειακά υδατικά συστήματα	50
3.1.2 Υπόγεια υδατικά συστήματα	53
3.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΓΚΑΙΡΗΣ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ	54
3.2.1 Μεθοδολογία έγκαιρης προειδοποίησης	54
3.2.2 Σταθμοί αναφοράς και υπολεκάνες απορροής	55
4 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΤΟΧΩΝ ΤΗΣ Ο.Π.Υ.	58
4.1 ΥΔΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΥΑΙΣΘΗΤΑ ΣΤΗΝ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑ	58
4.1.1 Επιφανειακά υδατικά συστήματα	58
4.1.2 Υπόγεια υδατικά συστήματα	59
4.2 ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥΣ ΣΤΟΧΟΥΣ	60
4.2.1 Επιφανειακά υδατικά συστήματα	60
4.2.2 Υπόγεια υδατικά συστήματα	60
5 ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΚΑΙ ΞΗΡΑΣΙΑΣ	62
5.1 ΦΑΣΕΙΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ – ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΤΡΩΝ	62

5.1.1	Φάσεις υλοποίησης και εφαρμογής σχεδίου διαχείρισης ξηρασίας	62
5.1.2	Κατηγοριοποίηση μέτρων.....	62
5.2	ΦΑΣΗ ΜΟΝΙΜΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	64
5.2.1	Επίπεδα προειδοποίησης – στόχοι και μέτρα που αναλογούν	64
5.2.2	Καθορισμός προτεραιοτήτων χρήσεων κατά την διάρκεια του γεγονότος ξηρασίας.....	67
5.2.3	Μακροπρόθεσμα μέτρα προετοιμασίας και πρόληψης	68
5.3	ΦΑΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ	69
5.3.1	Πολιτική ανακοίνωσης της έλευσης ξηρασίας	69
5.3.2	Βραχυπρόθεσμα (άμεσα) μέτρα αντιμετώπισης.....	70
5.4	ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΑ ΥΔΑΤΙΚΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ	71
5.5	ΜΕΤΡΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ	72
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	73
7	ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	74

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1. Οι διαφορετικές κατηγορίες ξηρασίας και οι σχέσεις μεταξύ τους [8]	4
Σχήμα 1.2. Παράδειγμα μετατροπής από κατανομή γάμμα σε κανονική [17]	6
Σχήμα 1.3. Σύγκριση μεταξύ δείκτη SPI και καμπύλης αθροιστικών υπολοίπων (δεδομένα από β/μ σταθμό Δράμας)	8
Σχήμα 1.4. Μεταβλητές επεισοδίου ξηρασίας	11
Σχήμα 1.4. Μεταβολή του δείκτη SPI-6 για το υδατικό διαμέρισμα Υ.Δ. 12	21
Σχήμα 1.5α. Μεταβολή του δείκτη SPI-6 στους βροχομετρικούς σταθμούς	22
Σχήμα 1.5β. Μεταβολή του δείκτη SPI-6 στους βροχομετρικούς σταθμούς	23
Σχήμα 1.6. Μεταβολή του δείκτη SPI-12 για το υδατικό διαμέρισμα Υ.Δ. 12	27
Σχήμα 1.7α. Μεταβολή του δείκτη SPI-12 στους βροχομετρικούς σταθμούς	28
Σχήμα 1.6. Μεταβολή του δείκτη SPI-24 για το υδατικό διαμέρισμα Υ.Δ. 12	33
Σχήμα 1.7α. Μεταβολή του δείκτη SPI-24 στους βροχομετρικούς σταθμούς	34
Σχήμα 1.7β. Μεταβολή του δείκτη SPI-24 στους βροχομετρικούς σταθμούς	35
Σχήμα 1.8. Ένταση φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 12 για διαφορετικές χρονικές κλίμακες	37
Σχήμα 1.9. Μέγεθος φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 12 για διαφορετικές χρονικές κλίμακες	38
Σχήμα 3.1. Συσχέτιση Τεμένους με το β/μ σταθμό 465, SPI6	51
Σχήμα 3.2. Συσχέτιση Κομφάτου με τους β/μ σταθμούς 273 και Εχίνος, SPI6	52
Σχήμα 3.3. Συσχέτιση Ερυθροπόταμου με τους β/μ σταθμούς 268 και 276, SPI6	52
Σχήμα 3.4. Συσχέτιση γεωτρήσεων με το β/μ σταθμό Τοξότες, SPI24	54
Σχήμα 1.14. Θέσεις εξεταζόμενων γεωτρήσεων και υδρομετρικών σταθμών, Υ.Δ. 12	57

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1. Κατάταξη επεισοδίων ξηρασίας	10
Πίνακας 1.2. Διαθέσιμοι βροχομετρικοί σταθμοί ΥΠΕΚΑ στο ΥΔ12	13
Πίνακας 1.3. Σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν για τη συμπλήρωση των χρονοσειρών.	14
Πίνακας 1.4. Συσχετίσεις των διαθέσιμων μηνιαίων χρονοσειρών	15
Πίνακας 1.5. Χρησιμοποιούμενες βροχοβαθμίδες Υ.Δ. 12 και υψόμετρα αναγωγής.	16
Πίνακας 1.6. Αναλυτική καταγραφή φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 12 (δείκτης SPI-6)	19
Πίνακας 1.7. Σύγκριση φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 12 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-6)	19
Πίνακας 1.8. Κατηγοριοποίηση ξηρασίας στο Υ.Δ. 12 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-6)	20
Πίνακας 1.9. Αναλυτική καταγραφή φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 11 (δείκτης SPI-12)	25
Πίνακας 1.10. Σύγκριση φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 12 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-12)	25
Πίνακας 1.11. Κατηγοριοποίηση ξηρασίας στο Υ.Δ. 12 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-12)	26
Πίνακας 1.12. Αναλυτική καταγραφή φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 12 (δείκτης SPI-24)	31
Πίνακας 1.13. Σύγκριση φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 12 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-24)	31
Πίνακας 1.14. Κατηγοριοποίηση ξηρασίας στο Υ.Δ. 12 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-24)	32
Πίνακας 2.2. Υπολογισμός του δείκτη WEI ^{GR} στο Υ.Δ. 12	48
Πίνακας 3.1. Συσχετίσεις επιφανειακής απορροής με το δείκτη SPI, Υ.Δ. 12	51
Πίνακας 3.2. Συσχετίσεις πηγών με το δείκτη SPI του β/μ σταθμού Δράμας, Υ.Δ. 11	53
Πίνακας 3.3. Συσχετίσεις γεωτρήσεων με το δείκτη SPI του β/μ σταθμού Τοξότες, Υ.Δ. 12	54
Πίνακας 3.4. Προτεινόμενη συσχέτιση τιμών δείκτη SPI με επίπεδα προειδοποίησης.	55
Πίνακας 4.1. Περιβαλλοντικοί Στόχοι Ποτάμιων ΥΣ ευαίσθητων στην ξηρασία	60
Πίνακας 4.2. Περιβαλλοντικοί Στόχοι Λιμναίων ΥΣ ευαίσθητων στην ξηρασία	60
Πίνακας 4.3. Περιβαλλοντικοί Στόχοι Υπόγειων Υδατικών Συστημάτων	60
Πίνακας 5.1. Επίπεδα προειδοποίησης ξηρασίας και σχετικοί στόχοι και μέτρα.	65
Πίνακας 5.2. Κατάλογος μακροπρόθεσμων μέτρων αντιμετώπισης ξηρασίας.	68
Πίνακας 5.3. Κατάλογος βραχυπρόθεσμων μέτρων αντιμετώπισης ξηρασίας.	70

Π Ι Ν Α Κ Α Σ Α Ν Α Θ Ε Ω Ρ Η Σ Ε Ω Ν

Έκδοση	Ημερομηνία	Παρατηρήσεις
Εκδ. 1 (v.1)	2.7.2012	Αρχική έκδοση

Εισαγωγή

Με την από 20/01/2011 (αρ.πρωτ. 150083) απόφαση της Δ/σης Υποστήριξης & Ανάπτυξης της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων του Υ.Π.Ε.Κ.Α. ανετέθη η μελέτη με τίτλο «Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ 51/2007Ε» στην Κοινοπραξία Σχεδίων Διαχείρισης Υ.Δ. Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης.

Η Κ/Ξ συνεστήθη από τα ακόλουθα φυσικά πρόσωπα και εταιρείες που είχαν συμμετάσχει στον διαγωνισμό για την ανάθεση της μελέτης:

Z&A Π. ΑΝΤΩΝΑΡΟΠΟΥΛΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ Α.Μ.Ε. • ΞΕΝΟΦΩΝ ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ & ΣΥΝ/ΤΕΣ Ε.Ε. • ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ-ΣΤΥΛΙΑΝΗ ΚΑΪΜΑΚΗ • “NERCO-N. ΧΛΥΚΑΣ & ΣΥΝ/ΤΕΣ Α.Ε.Μ.” • ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΠΑΓΩΝΗΣ • ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΚΟΚΚΙΝΟΣ • ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ • ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΙΓΑΛΑΣ • ΩΡΙΩΝ-ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΤΑΒΛΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝ/ΤΕΣ ΕΕ • ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΑΤΘΑΙΟΥ • ΑΡΙΣΤΟΣ ΛΟΥΚΑΪΔΗΣ

Συνοπτικά το αντικείμενο του έργου έχει ως ακολούθως:

α) Η κατάρτιση των Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Αν. Μακεδονίας και Θράκης, 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].

β) Η διαμόρφωση Προγράμματος Μέτρων, βασικών και συμπληρωματικών, όπως προβλέπεται στο Άρθρο 11 και στο Παράρτημα VI της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ [Άρθρο 12 και Παράρτημα VII 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.

γ) 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.

δ) Η Πληροφόρηση του κοινού και 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.

ε) Ο έλεγχος και επικαιροποίηση των εκθέσεων εφαρμογής των Άρθρων 3,5,6 & 8 και των Παραρτημάτων Ι-Υ της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ στα Υδατικά Διαμερίσματα της περιοχής μελέτης, οι οποίες έχουν υποβληθεί στην Ε.Ε. και περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, την ανάλυση των ανθρωπογενών πιέσεων και των επιπτώσεων τους, τη διαμόρφωση των προγραμμάτων παρακολούθησης, την οικονομική ανάλυση των χρήσεων ύδατος, το μητρώο προστατευόμενων περιοχών, τον χαρακτηρισμό των τύπων των υδατικών συστημάτων, κ.λ.π.

στ) Ο οριστικός προσδιορισμός των ιδιαιτέρως τροποποιημένων και τεχνητών υδατικών συστημάτων της περιοχής μελέτης, καθώς επίσης και των «εξαιρέσεων» από την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων του Άρθρου 4 της οδηγίας 2000/60/ΕΚ και του Άρθρου 4 του ΠΔ 51/2007.

ζ) Η πλήρης κάλυψη των υποχρεώσεων, σε σχέση με την υποβολή εκθέσεων και λοιπών στοιχείων στην Ε.Ε. σχετικά με τα Σχέδια Διαχείρισης, σύμφωνα με τις προδιαγραφές που έχουν καθορισθεί από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος.

η) 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.

Το παρόν τεύχος αποτελεί τμήμα του παραδοτέου αντικειμένου της Ενδιάμεσης Φάσης 2 του έργου, σύμφωνα με τη Σύμβαση και το εγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον κατάλογο παραδοτέων που παρατίθεται στο Τεύχος Τεχνικών Δεδομένων (Τ.Τ.Δ.) της Προκήρυξης (σελ. 47), το παρόν τεύχος αφορά στο *Σχέδιο Αντιμετώπισης Φαινομένων Λειψυδρίας και Ξηρασίας με βάση τις αρχές του Προληπτικού Σχεδιασμού. Το ανά χείρας Τεύχος αφορά στο Υ.Δ. Θράκης [GR12]*. Το περιεχόμενο του είναι σύμφωνο με τα περιγραφόμενα στην παρ. Δ.2.1. του Τ.Τ.Δ.

Ομάδα μελέτης

Στην σύνταξη του παρόντος τεύχους συμμετείχαν οι κάτωθι επιστήμονες:

- | | |
|---------------------|--|
| 1. Π. Αντωνρόπουλος | Πολ. Μηχανικός ΕΜΠ |
| 2. Ι. Νιάδας | Πολ. Μηχανικός ΕΜΠ, MSc/DIC Υδρολογίας |
| 3. Ειρ. Σακελλάρη | Πολ. Μηχανικός ΕΜΠ, MSc/DIC Υδρολογίας |
| 4. Ξ. Σταυρόπουλος | Δρ. Γεωλόγος |
| 5. Μ. Τζήμα | Γεωλόγος |

1 Καταγραφή ακραίων φαινομένων ξηρασίας

1.1 Ορισμός φαινομένων ξηρασίας

Το φαινόμενο της ξηρασίας εντάσσεται, μαζί με τις πλημμύρες, στις «ακραίες υδρολογικές καταστάσεις» που παρουσιάζουν επιστημονικό και τεχνικό ενδιαφέρον καθώς και μία έντονη κοινωνική διάσταση αφού μπορούν να επηρεάσουν, να διαταράξουν ή ακόμη και να καταστρέψουν το φυσιολογικό ρυθμό ζωής σε μεγάλες περιοχές [1].

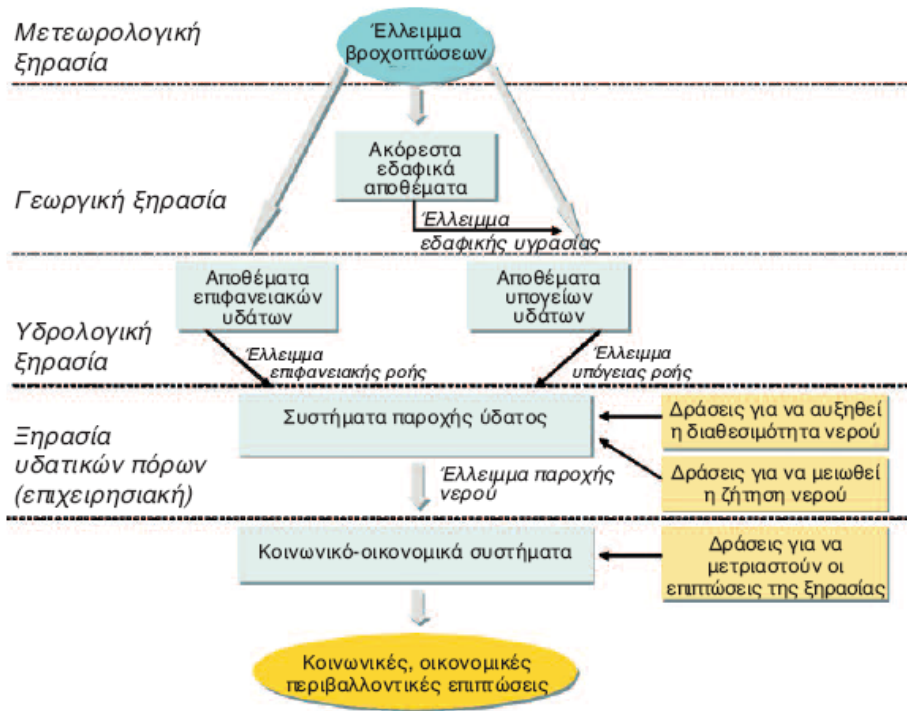
Οι ευρείες επιπτώσεις της ξηρασίας σε πολλούς τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, η μεγάλη χρονική και χωρική διασπορά του φαινομένου και η επιβαλλόμενη ανθρωπογενής ζήτηση στους υδάτινους πόρους καθιστούν δύσκολο το μονοσήμαντο ορισμό της. Έτσι, η American Meteorological Society (1997) διαχώρισε την ξηρασία σε τέσσερις κατηγορίες, τη μετεωρολογική ή κλιματολογική, την υδρολογική, τη γεωργική ή αγροτική και την κοινωνικοοικονομική [2], που ορίζονται ως ακολούθως [3]:

Η *μετεωρολογική ή κλιματολογική ξηρασία* ορίζεται ως η πλήρης απώλεια ή το έλλειμμα κατακρημνίσματος σε σύγκριση με τη μακροχρόνια μέση τιμή. Αφορά δε πάντα σε συγκεκριμένη περιοχή καθώς οι ατμοσφαιρικές συνθήκες, που δημιουργούν τα κατακρημνίσματα, είναι έντονα τοπικές.

- Η *υδρολογική ξηρασία* σχετίζεται με τις συνέπειες που έχει το έλλειμμα κατακρημνίσματος στα επιφανειακά και υπόγεια υδάτινα αποθέματα. Η συχνότητα και η ένταση της υδρολογικής ξηρασίας διερευνώνται συχνά σε κλίμακα λεκάνης απορροής. Στην περίπτωση αυτή η ξηρασία δεν αφορά στην επιστήμη της μετεωρολογίας καθώς η έλλειψη νερού εξαρτάται από τα αποθέματα νερού που τυχόν είναι διαθέσιμα [4].
- Η *γεωργική ή αγροτική ξηρασία* συνδέει διάφορα χαρακτηριστικά της μετεωρολογικής ή υδρολογικής ξηρασίας με τις συνέπειές της στη γεωργική παραγωγή, δίνοντας έμφαση στην ανεπάρκεια των βροχοπτώσεων, τη διαφορά μεταξύ δυνητικής και πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, το έλλειμμα εδαφικής υγρασίας κλπ. Σημειώνεται ότι η βραχυπρόθεσμη ξηρασία στις εδαφικές ζώνες του ριζικού συστήματος των καλλιεργειών, με διάρκεια ακόμη και λίγων εβδομάδων, εάν συμπέσει με την κρίσιμη περίοδο ανάπτυξης των καλλιεργειών, μπορεί να οδηγήσει σε γεωργική ξηρασία και μειωμένη αγροτική παραγωγή ακόμη και εάν τα βαθύτερα εδαφικά στρώματα παραμένουν κορεσμένα. Οι υψηλές θερμοκρασίες, η χαμηλή σχετική υγρασία και οι ξηροί άνεμοι συμβάλλουν στην επίδραση της ελάττωσης των κατακρημνισμάτων [5].
- Τέλος, η *κοινωνικοοικονομική ξηρασία* λαμβάνει χώρα όταν η έλλειψη αποθεμάτων νερού ξεκινά να επηρεάζει τη διαβίωση ανθρώπων, ατομικά ή κοινωνικά. Για τον προσδιορισμό της η προσφορά και η ζήτηση ενός οικονομικού αγαθού σχετίζονται με παραμέτρους της μετεωρολογικής, υδρολογικής και γεωργικής ξηρασίας [2] και ορίζεται η αρνητική τιμή της διαφοράς κάθε μορφής προσφοράς και ζήτησης νερού [6].

Πρέπει να τονιστεί πάντως ότι υπάρχει σαφής διαχωρισμός μεταξύ της ξηρασίας (drought) και της ανυδρίας ή ξηρότητας (aridity), η οποία χαρακτηρίζει τη μακροχρόνια ανεπάρκεια της κατακρήμνισης και διαθέσιμης απορροής για τη διατήρηση της βλάστησης και αποτελεί μόνιμο χαρακτηριστικό γνώρισμα μίας περιοχής [7]. Η ανυδρία περιορίζεται, εξ' ορισμού, σε περιοχές με χαμηλή κατακρήμνιση και, συνήθως, υψηλή θερμοκρασία ενώ η ξηρασία μπορεί να εμφανιστεί σε περιοχές με οποιαδήποτε υδρολογική δίαιτα [2].

Η σχέση μεταξύ των διαφόρων μορφών ξηρασίας δίνεται στο Σχήμα 1.1 που ακολουθεί.



Σχήμα 1.1. Οι διαφορετικές κατηγορίες ξηρασίας και οι σχέσεις μεταξύ τους [8]

1.2 Δείκτες ξηρασίας

1.2.1 Γενικά

Από τους ποικίλους ορισμούς της παραγράφου 1.1, που δίνουν έμφαση σε διαφορετικές συνιστώσες της ξηρασίας, γίνεται προφανές ότι η πολυπλοκότητα και ο έντονα τοπικός χαρακτήρας του φαινομένου καθιστούν δύσκολο τόσο το γενικό προσδιορισμό του με χρήση μονοσήμαντων μεθόδων όσο και τον καθορισμό μίας ποσοτικοποιημένης έκφρασης της ξηρασίας με γενική εφαρμογή. Η ανάγκη εύρεσης κάποιου δείκτη που να επιτρέπει τη σύγκριση επεισοδίων ξηρασίας σε διαφορετικές περιοχές και χρονικές κλίμακες οδήγησε σε πολλές απόπειρες ανάπτυξης σχετικών μεθοδολογιών.

Ο δείκτης ξηρασίας ορίστηκε από το World Meteorological Organization (1992) ως ο δείκτης ο οποίος σχετίζεται με ορισμένες από τις αθροιστικές συνέπειες μίας παρατεταμένης και μη συνήθους έλλειψης υγρασίας [9].

Ο Friedman (1957) καθόρισε τέσσερα βασικά κριτήρια που επιβάλλεται να πληρούν οι δείκτες ξηρασίας [10]:

- Να υπολογίζονται σε χρονική κλίμακα κατάλληλη για το προς ανάλυση φαινόμενο
- Να αποτελούν το ποσοτικό μέτρο για μεγάλης κλίμακας συνθήκες ξηρασίας οι οποίες επεκτείνονται σημαντικά στο χρόνο
- Να μπορούν να εφαρμοστούν αριθμητικά στο φαινόμενο που εξετάζεται
- Να υπολογίζονται για ικανό χρόνο στο παρελθόν με βάση μία υπάρχουσα, ή εύκολα υπολογιζόμενη, ακριβή καταγραφή των παραμέτρων που λαμβάνουν υπόψη.

Επίσης, ένα πέμπτο κριτήριο που αφορά σε επιχειρησιακούς δείκτες ξηρασίας είναι η ανάγκη να υπολογίζονται σε χρονικά βήματα σχεδόν πραγματικού χρόνου [2].

Οι πρώτοι δείκτες μετεωρολογικής ξηρασίας βασίστηκαν σε ένα κατά περίπτωση προσδιοριζόμενο «μέτρο» κατακρημνίσματος σε δεδομένες χρονικές περιόδους, και συνέκριναν την παρατηρούμενη κατακρήμνιση με το μέτρο αυτό. Οι δείκτες υδρολογικής ξηρασίας βασίστηκαν κυρίως στην επιφανειακή απορροή των ποταμών και των χειμάρρων, αφού η μεταβλητή αυτή εξαρτάται σχεδόν από όλες τις υδρομετεωρολογικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε μία λεκάνη απορροής. Για τον καθορισμό δεικτών γεωργικής ξηρασίας ήταν σημαντική η συνεισφορά του Thornthwaite, που κατηύθυνε τους ερευνητές προς τον καθορισμό της ημέρας ξηρασίας. Οι διεργασίες προσδιορισμού και αξιολόγησης της ξηρασίας εξελίχθηκαν, στη διάρκεια του εικοστού αιώνα, από απλοποιημένες προσεγγίσεις που θεωρούσαν το φαινόμενο ως εξαρτώμενο από την παρατηρούμενη κατακρήμνιση, σε εξειδικευμένα πολυσύνθετα μοντέλα περιορισμένης όμως εφαρμοσιμότητας [2]. Οι δείκτες ξηρασίας που αναπτύχθηκαν μέσα από αυτή τη διαδικασία και στην πράξη θεωρήθηκαν ως οι πλέον αντιπροσωπευτικοί και κατάλληλοι και χρησιμοποιούνται ευρύτατα σήμερα είναι οι:

- Palmer Drought Severity Index (PDSI), Palmer 1965 [11]
- Δείκτης υγρασίας σοδειάς (Palmer Crop Moisture Index – CMI), Palmer 1968 [12]
- Δείκτης παροχής επιφανειακού νερού (Surface Water Supply Index – SWSI), Shafer and Dezman 1982 [13]
- Ποσοστό κανονικής βροχόπτωσης (Percent of Normal Precipitation) [3]
- Δεκατημόρια (Deciles), Gibbs and Maher 1967 [14]
- Standardized Precipitation Index (SPI), McKee et al. 1993 [15]

Από τους παραπάνω δείκτες ο επιλεγόμενος για την κατάρτιση του σχεδίου ξηρασίας στο GR11 είναι ο δείκτης SPI, ο οποίος υπολογίζεται απλά και απαιτεί μόνο βροχομετρικά δεδομένα που αξιοποιούνται σε διάφορα χρονικά βήματα, επιτρέπει τη σύγκριση επεισοδίων ξηρασίας σε διαφορετικές λεκάνες απορροής και, λόγω της συχνής χρήσης του, έχει κατ' επανάληψη αξιολογηθεί ως αξιόπιστος από ερευνητές, επιστήμονες και μηχανικούς.

1.2.2 Ο δείκτης SPI

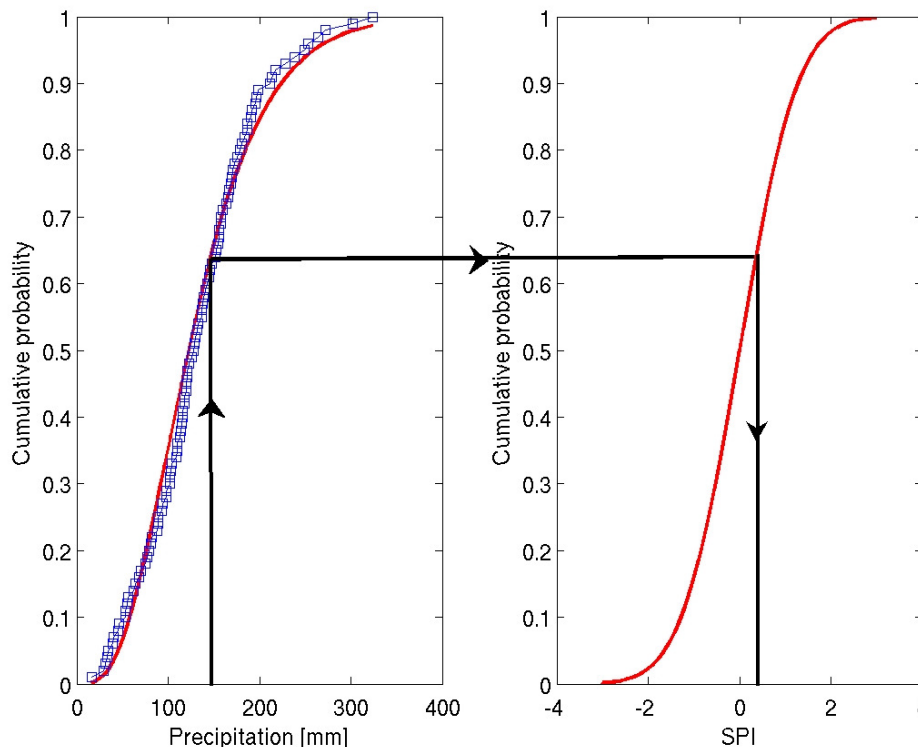
Ο δείκτης SPI αναπτύχθηκε για τη μελέτη της μετεωρολογικής ξηρασίας καθώς έγινε κατανοητό ότι η ανεπάρκεια του κατακρημνίσματος έχει διαφορετική επιρροή στα υπόγεια ύδατα, στην εδαφική υγρασία και στην επιφανειακή απορροή. Υπολογίζεται με βάση τη βροχόπτωση που έχει καταγραφεί σε μία περιοχή και προϋπόθεση για την εφαρμογή του αποτελεί η ύπαρξη αξιόπιστης καταγραφής της βροχόπτωσης σε μηνιαίο βήμα για ικανό χρόνο, κατ' ελάχιστο ίσο με 30 έτη [15]. Στα πλεονεκτήματά του κατατάσσονται:

- Η δυνατότητα υπολογισμού του σε ποικίλες χρονικές κλίμακες που σχετίζονται με διαφορετικές συνιστώσες του υδρολογικού κύκλου
- Η δυνατότητα χρήσης του τόσο ως μέσου για την αξιολόγηση ιστορικών φαινομένων ξηρασίας όσο και ως μέτρου προειδοποίησης για υπό εξέλιξη φαινόμενα
- Η απλότητα υπολογισμού του σε σχέση με άλλους δείκτες, όπως ο PDSI
- Το γεγονός ότι συνοψίζει τη μετεωρολογική ξηρασία σε μία τιμή [16].

Στις αδυναμίες του δείκτη κατατάσσεται το ότι χρησιμοποιεί μόνο την κατακρήμνιση για την εξαγωγή συμπερασμάτων για την ξηρασία χωρίς να λαμβάνει υπόψη παραμέτρους όπως η ξηρασία ή φαινόμενα όπως η εξατμισοδιαπνοή.

Για τον υπολογισμό του δείκτη η αθροιστική παρατηρημένη μηνιαία βροχόπτωση προσαρμόζεται σε μία στατιστική κατανομή. Οι McKee et al. [15] και ο Thom [17] πρότειναν τη χρήση της κατανομής γάμμα, καθώς εφαρμόζεται ικανοποιητικά σε βροχομετρικά δεδομένα. Το National Drought Mitigation Center του Πανεπιστημίου Lincoln, Νεμπράσκα των Ηνωμένων Πολιτειών έχει αναπτύξει υπολογιστικό πακέτο για τον υπολογισμό του SPI σε διάφορα χρονικά βήματα στο οποίο γίνεται επίσης χρήση της γάμμα κατανομής με παραμέτρους α (μορφής) και β (κλίμακας), οι οποίες προσδιορίζονται με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας [18]. Η καταλληλότητα της γάμμα κατανομής για εφαρμογή στον Ελλαδικό χώρο επιβεβαιώθηκε και από τους Hudges and Saunders [21]. Η αθροιστική κατανομή στην οποία προσαρμόζονται τα δεδομένα καθορίζει την πιθανότητα ένα γεγονός βροχής να είναι μεγαλύτερο ή μικρότερο από κάποια τιμή ελέγχου. Καθώς όμως η παρατηρημένη μεταβλητή είναι η βροχόπτωση, τόσο ο μέσος όρος όσο και η τυπική απόκλιση της εφαρμοζόμενης στατιστικής κατανομής εξαρτώνται από τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά της περίπτωσης που εξετάζεται και δε μπορεί να γίνει άμεσα σύγκριση διαφορετικών περιοχών.

Για το λόγο αυτό η επιλεγμένη κατανομή μετατρέπεται σε κανονική με μέση τιμή μηδέν και τυπική απόκλιση ένα, ώστε οι διάφορες κατανομές να είναι αδιάστατες, δηλαδή συγκρίσιμες. Η κανονικοποίηση γίνεται σε πολλαπλή χρονική κλίμακα για να υπολογιστούν οι τιμές του SPI που ενδιαφέρουν (βλ. Σχήμα 1.2).

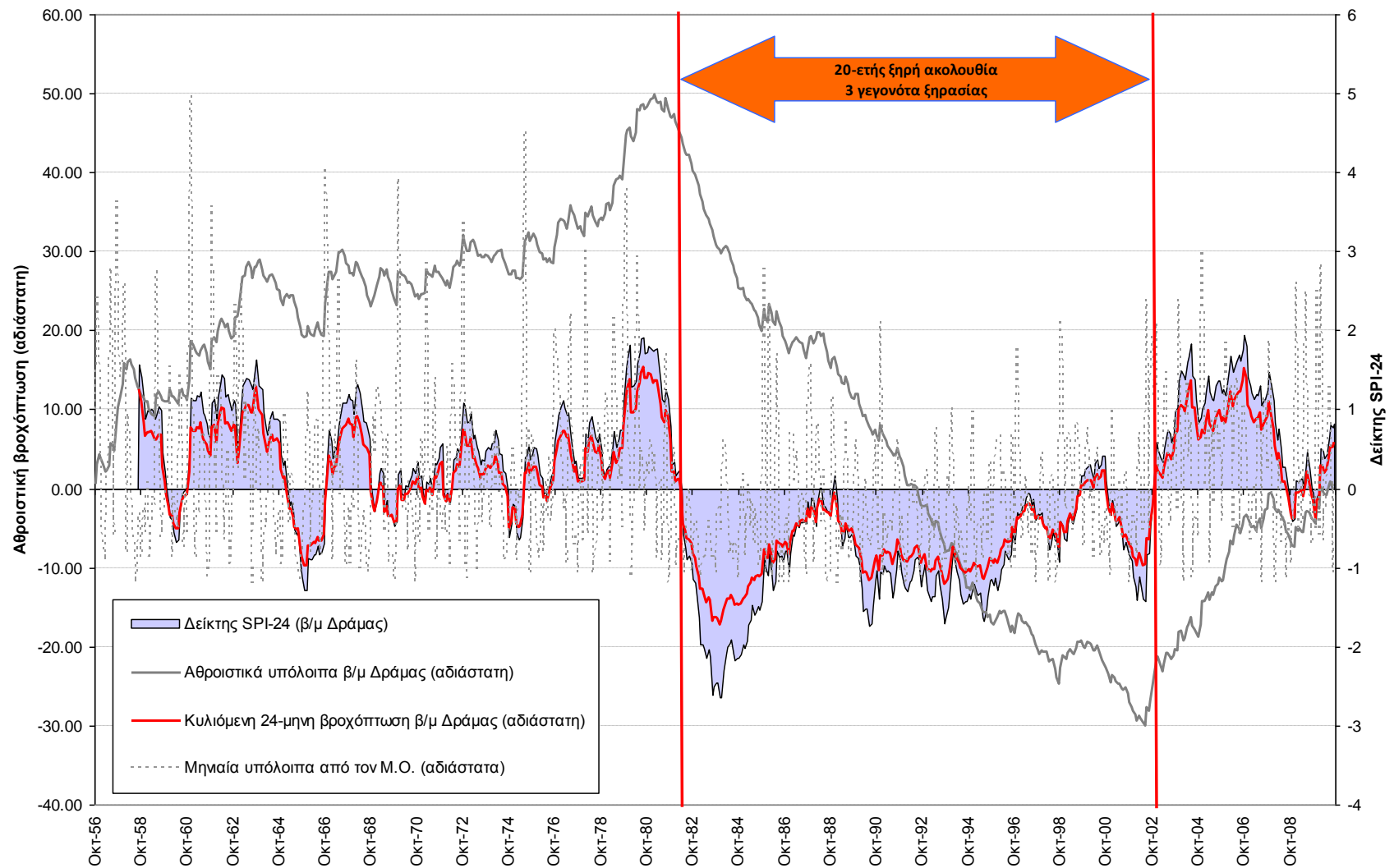


Σχήμα 1.2. Παράδειγμα μετατροπής από κατανομή γάμμα σε κανονική [17]

Ο δείκτης SPI προκύπτει από την κανονική αυτή κατανομή και αναπαριστά το πλήθος των τυπικών αποκλίσεων κατά το οποίο απέχει η τιμή του μήνα που εξετάζεται από το μέσο όρο. Έτσι μπορεί να υπολογιστεί για κάθε μηνιαίο βήμα η αθροιστική πιθανότητα εμφάνισης του υπολογιζόμενου SPI, η οποία ισούται με την αθροιστική πιθανότητα εμφάνισης της βροχόπτωσης που προκαλεί το συγκεκριμένο γεγονός. Σημειώνεται ότι ο SPI υπολογίζεται από το κυλιόμενο άθροισμα, για τη χρονική κλίμακα που ενδιαφέρει, σε κάθε μήνα της ιστορικής χρονοσειράς βροχοπτώσεων.

Για την καλύτερη κατανόηση του δείκτη, είναι χρήσιμη η αντιπαράθεσή του με μια άλλη διαδεδομένη παράσταση των υγρών και ξηρών περιόδων μιας χρονοσειράς βροχόπτωσης, την καμπύλη αθροιστικών υπολοίπων (residual mass curve) η οποία συνίσταται στην αθροιστική σειρά των αποκλίσεων από το μέσο όρο μιας χρονοσειράς βροχόπτωσης. Οι ανοδικοί και καθοδικοί κλάδοι της σειράς που προκύπτει παριστούν υγρές και ξηρές ακολουθίες αντίστοιχα της χρονοσειράς της βροχόπτωσης. Οι τιμές της καμπύλης δεν έχουν κάποιο φυσικό νόημα.

Η αθροιστική καμπύλη υπολοίπων βασίζεται στα δεδομένα ενός βροχομετρικού σταθμού και συχνά παρουσιάζεται σε κανονικοποιημένη (αδιάστατη) μορφή (έχοντας αφαιρέσει από κάθε τιμή το μέσο όρο και διαιρέσει με την τυπική απόκλιση) ώστε να είναι συγκρίσιμη με αυτή άλλων σταθμών. Η ίδια μορφή εξυπηρετεί και την σύγκρισή της με τον δείκτη SPI. Ως παράδειγμα χρησιμοποιούμε τα δεδομένα του σταθμού της Δράμας (ΥΠΕΚΑ), στο Υ.Δ. 11 (Ανατολική Μακεδονία).



Σχήμα 1.3. Σύγκριση μεταξύ δείκτη SPI και καμπύλης αθροιστικών υπολοίπων (δεδομένα από β/μ σταθμό Δράμας)

Στο Σχήμα 1.3, με γκρι σκούρα γραμμή παρουσιάζεται η καμπύλη αθροιστικών υπολοίπων της μηνιαίας βροχόπτωσης του σταθμού Δράμας, ενώ με απαλή γκρι διάστικτη γραμμή οι μηνιαίες αποκλίσεις από το Μ.Ο. από τις οποίες αυτή προέρχεται. Παρατηρούμε ότι οι μηνιαίες αποκλίσεις σχηματίζουν μια τυχαία σειρά που από μόνη της δεν μπορεί να φωτίσει τις υγρές και ξηρές περιόδους. Οι τελευταίες αναδεικνύονται όμως καθαρά στην αθροιστική καμπύλη ως ανοδικοί και καθοδικοί κλάδοι αντίστοιχα. Παρατηρούνται τρεις κλάδοι, ένας ανοδικός (υγρή ακολουθία) από τον Οκτώβριο του 1956 έως τον Σεπτέμβριο του 1982, ένας καθοδικός κλάδος 20-ετούς διάρκειας (ξηρή ακολουθία, Οκτώβριος 1982 έως Σεπτέμβριος 2002) και έκτοτε ένας ακόμα ανοδικός κλάδος από Οκτώβριο 2002 έως και το τέλος της χρονοσειράς, τον Σεπτέμβριο του 2010.

Η 20-ετής ξηρή ακολουθία 1982-2002 περιλαμβάνει ολόκληρο το γνωστό γεγονός ξηρασίας 1989-1994 που παρατηρήθηκε με ιδιαίτερη σφοδρότητα σε ολόκληρο τον ελληνικό χώρο. Η αναγνώριση της ξηρής ακολουθίας δεν μπορεί ωστόσο να διακρίνει συγκεκριμένα επεισόδια μέσα στην συνολική διάρκεια κατά την οποία οι βροχοπτώσεις κυμαίνονταν συνεχώς κάτω από τον μακροπρόθεσμο μέσο όρο. Σε αντίθεση, ο δείκτης SPI-24 (υπολογισμένος δηλαδή στη βάση της κυλιόμενης συνολικής βροχόπτωσης 24 μηνών) μπορεί να διακρίνει τρία τέτοια επεισόδια ξηρασίας μέσα την ίδια περίοδο, που αποτυπώνονται μεταξύ των διαδοχικών σημείων όπου ο δείκτης γυρνά σε θετικό έδαφος (έστω και για πολύ λίγο).

Σε σχέση επομένως με την αθροιστική καμπύλη υπολοίπων, η οποία αποτυπώνει την μακροπρόθεσμη απόκριση σε ξηρές και υγρές ακολουθίες μεγάλης διάρκειας, ο δείκτης SPI διακρίνει επεισόδια ξηρασίας με συγκεκριμένη έναρξη και συγκεκριμένο πέρας (άρα και διάρκεια) και μπορεί να διακρίνει το σχετικό μεταξύ τους μέγεθος και ένταση. Επομένως αποτελεί ένα περισσότερο επιχειρησιακό δείκτη. Παρατηρείται ταύτιση μεταξύ του SPI και της αθροιστικής καμπύλης υπολοίπων στην αναγνώριση της αρχής και του τέλους της ευρύτερης 20-ετούς ξηρής ακολουθίας, καθώς όταν η αθροιστική καμπύλη στρέφεται ανοδικά μετά το 2002, ο δείκτης SPI με τη σειρά του αρχίζει να εμφανίζει κατά πλειοψηφία θετικές τιμές, σε αντίθεση με το προηγούμενο διάστημα όπου κινείτο διαρκώς σε αρνητικό έδαφος.

Στο Σχήμα 1.3 έχει σχεδιασθεί με κόκκινη γραμμή και η κυλιόμενη συνολική βροχόπτωση 24-μήνου από τα πρωτογενή δεδομένα του σταθμού Δράμας (σε αδιάστατη μορφή για να είναι συγκρίσιμη με τα λοιπά παριστάμενα μεγέθη). Όπως παρατηρείται, ταυτίζεται σε μεγάλο βαθμό με τον SPI-24 ο οποίος βασίζεται στον ίδιο ακριβώς υπολογισμό. Η διαφορά του SPI είναι απλώς ότι η στατιστική επεξεργασία που υφίσταται, όπως εξηγήθηκε στα προηγούμενα, τυποποιεί τις τιμές της κυλιόμενης συνολικής βροχόπτωσης έτσι ώστε να αναφέρονται σε ένα ενιαίο αδιάστατο διάστημα $[-n < SPI < +n]$ το οποίο μπορεί να είναι συγκρίσιμο μεταξύ διαφορετικών περιοχών και επιπλέον να προσδίδει συγκεκριμένες πιθανότητες υπέρβασης σε κάθε τιμή του δείκτη.

Στα επόμενα παρουσιάζεται αναλυτικά ο χαρακτηρισμός των επεισοδίων ξηρασίας με τη χρήση του δείκτη SPI.

1.2.3 Χαρακτηρισμός των επεισοδίων ξηρασίας με χρήση του SPI

Από τον υπολογισμό του δείκτη SPI προκύπτει μία χρονοσειρά “τυπικών αποκλίσεων”, σε μηνιαίο βήμα, για τη χρονική περίοδο που εξετάζεται. Οι θετικές τιμές αντιστοιχούν σε βροχοπτώσεις μεγαλύτερες από το μέσο όρο ενώ οι αρνητικές σε μικρότερες. Η χρονοσειρά αυτή χρησιμοποιείται στη συνέχεια για τον καθορισμό των επεισοδίων ξηρασίας με βάση τα παρακάτω κριτήρια [15]:

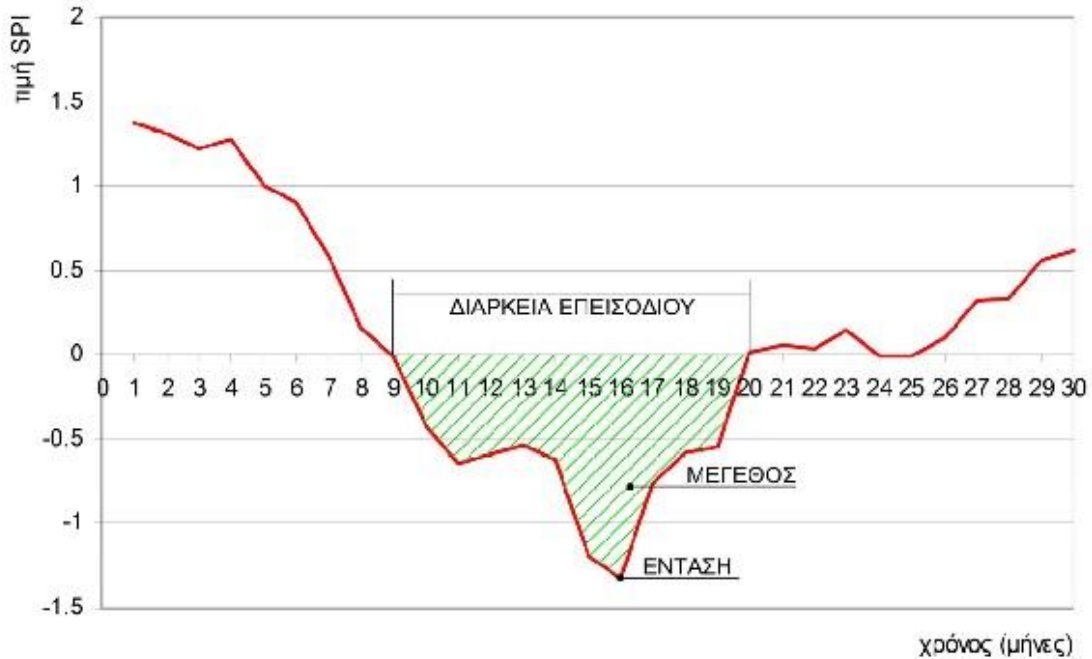
- Επεισόδιο ξηρασίας παρατηρείται για όσους μήνες ο δείκτης SPI είναι συνεχόμενα αρνητικός, με την προϋπόθεση η τιμή του να είναι, έστω για ένα χρονικό βήμα, μικρότερη από -1,00
- Το επεισόδιο ολοκληρώνεται μόλις ο δείκτης επανέλθει σε θετική τιμή
- Το θετικό άθροισμα των τιμών του SPI κατά το επεισόδιο αυτό προσδιορίζει το μέγεθος της ξηρασίας

Από τα κριτήρια αυτά καθορίζονται οι τρεις μεταβλητές κάθε επεισοδίου ξηρασίας οι οποίες είναι η ένταση, η διάρκεια και το μέγεθος.

- Η *ένταση* είναι η ελάχιστη τιμή του δείκτη SPI κατά την περίοδο της παρατηρούμενης ξηρασίας, με βάση την οποία χαρακτηρίζεται το επεισόδιο και προσδιορίζεται η πιθανότητα εμφάνισής του από τον Πίνακα 1.1. [17]
- Η *διάρκεια* της ξηρασίας είναι ίση με το σύνολο των μηνιαίων βημάτων για τα οποία ο δείκτης SPI είναι μόνιμα αρνητικός.
- Το *μέγεθος* της ξηρασίας είναι το θετικό άθροισμα όλων των παρατηρούμενων SPI κατά τη διάρκεια του επεισοδίου. Δε σχετίζεται με την “οξύτητα” του φαινομένου, που καθορίζεται από ένταση, αλλά περισσότερο με την “επιμονή” του στο χρόνο. Δηλαδή, για δύο επεισόδια ξηρασίας ίσης διάρκειας το μεγαλύτερο μέγεθος δηλώνει χαμηλότερες τιμές SPI για περισσότερους μήνες χωρίς να συνεπάγεται ότι η ξηρασία είναι περισσότερο έντονη από ότι στο επεισόδιο μικρότερου μεγέθους. Οι τρεις μεταβλητές συνοψίζονται στο Σχήμα 1.4.

Πίνακας 1.1. Κατάταξη επεισοδίων ξηρασίας

Τιμές SPI	Κατηγορία Επεισοδίου	Πιθανότητα εμφάνισης
$\geq 2,00$	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
$0,00 \leq SPI \leq 0,99$	Ελαφρά υγρή περίοδος	34,1
$-0,99 \leq SPI \leq 0,00$	Ελαφρά ξηρή περίοδος	34,1
$-1,49 \leq SPI \leq -1,00$	Ξηρασία	9,2
$-1,99 \leq SPI \leq -1,50$	Έντονη ξηρασία	4,4
$\leq -2,00$	Εξαιρετική ξηρασία	2,3



Σχήμα 1.4. Μεταβλητές επεισοδίου ξηρασίας

1.3 Καταγραφή φαινομένων ξηρασίας στο υδατικό διαμέρισμα Υ.Δ. 12

1.3.1 Χρησιμοποιούμενο λογισμικό και ακολουθούμενη προσέγγιση

Ο υπολογισμός του δείκτη SPI για την καταγραφή των επεισοδίων ξηρασίας στο υδατικό διαμέρισμα Θράκης, Υ.Δ. 12, έγινε με χρήση ειδικού λογισμικού του National Drought Mitigation Center, University of Nebraska, Lincoln, U.S.A [18]. Το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα ταυτόχρονου υπολογισμού του δείκτη για έως έξι χρονικές κλίμακες, ελάχιστης διάρκειας ενός μηνός. Απαιτήση για την εκτέλεση των υπολογισμών είναι η μη ύπαρξη κενών στα δεδομένα εισόδου, δηλαδή στη μηνιαία χρονοσειρά βροχόπτωσης για τη θέση υπολογισμού.

Ο δείκτης SPI υπολογίστηκε ανά βροχομετρικό σταθμό, και στη συνέχεια έγινε επιφανειακή ολοκλήρωσή του στο Υ.Δ. 12 με χρήση πολυγώνων Thiessen και τη θεώρηση ότι κάθε βροχομετρικός σταθμός είναι αντιπροσωπευτικός της βροχόπτωσης, και άρα της μετεωρολογικής ξηρασίας, σε ολόκληρο το πολύγωνο που τον αφορά. Κατά την κατασκευή των πολυγώνων εξαιρέθηκαν τα νησιά Θάσος και Σαμοθράκη, αφού δεν υπάρχουν βροχομετρικοί σε αυτά ενώ το κλίμα τους είναι διαφορετικό από το ηπειρωτικό τμήμα του υδατικού διαμερίσματος και δεν επιτρέπει την προσομοίωσή τους με χρήση υπαρχόντων βροχομετρικών σταθμών.

Παράλληλα, κατασκευάστηκε και μία ενιαία χρονοσειρά βροχόπτωσης για όλο το υδατικό διαμέρισμα και υπολογίστηκε ο δείκτης SPI για τη χρονοσειρά αυτή, προκειμένου να διερευνηθεί κατά πόσο επηρεάζει τον υπολογισμό του δείκτη η χωρική ολοκλήρωση των δεδομένων, έναντι αυτής των αποτελεσμάτων. Επίσης εξετάστηκε εάν ο μέσος δείκτης αντιπροσωπεύει πραγματικά το διαμέρισμα σε σχέση με τα παρατηρούμενα επεισόδια ξηρασίας, μέσω της σύγκρισής του με τους μεμονωμένους σταθμούς. Τέλος, ελέγχθηκαν οι επιμέρους δείκτες σε σχέση με το συνολικό και διερευνήθηκε εάν τα επεισόδια ξηρασίας σε κάποιον από αυτούς μπορεί να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικά της συνολικής εικόνας του Υ.Δ. 12.

1.3.2 Διαθέσιμοι βροχομετρικοί σταθμοί και δεδομένα

Για τον υπολογισμό του δείκτη SPI στο υδατικό διαμέρισμα της Θράκης χρησιμοποιήθηκαν οι ιστορικές χρονοσειρές των βροχομετρικών σταθμών του ΥΠΕΚΑ, τα χαρακτηριστικά των οποίων συνοψίζονται στον Πίνακα 1.2. Εξαιρέση αποτελεί ο βροχομετρικός σταθμός του Εχίνου, καθώς τα στοιχεία του είναι ιδιαίτερα αναξιόπιστα, με σταθερή τιμή 90 mm βροχόπτωσης ανά ημέρα σε πολλές καταγραφές του χρονικού διαστήματος 1974 έως 2010 που δε μπορούν να διορθωθούν με ασφάλεια. Εκτιμάται ότι το συστηματικό αυτό σφάλμα, το οποίο μάλιστα είχε επισημανθεί και στην παλαιά υδρολογική μελέτη του φράγματος Ιάσμου, οφείλεται πιθανότατα σε βλάβη του καταγραφικού οργάνου η οποία δεν έχει επιδιορθωθεί. Λόγω της θέσης του σταθμού σε κεντρικό σημείο της λεκάνης GR08 της Ε.Ε.Υ. (ρεμάτων Ξάνθης και Ξηρορέματος) επιλέχθηκε, μετά την απόρριψη του σταθμού του ΥΠΕΚΑ, η χρήση του σταθμού Εχίνου του Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών ο οποίος είναι σε κοντινή θέση. Οι χρονοσειρές του σταθμού αυτού είχαν συμπληρωθεί και διορθωθεί στα πλαίσια της πρόσφατης υδρολογικής μελέτης του φράγματος Νομού Ροδόπης [19].

Τα στοιχεία καταγραφής των υπολοίπων σταθμών ελήφθησαν, μέχρι το 1997, από την Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας (ΕΤΥΜΠ, www.hydroscope.gr) και συμπληρώθηκαν από τις καταγραφές για την περίοδο 1997 – 2011 οι οποίες ψηφιοποιήθηκαν από την ομάδα μελέτης από τα πρωτότυπα δελτία παρατηρήσεων που χορηγήθηκαν από την Υπηρεσία. Το βήμα καταγραφής είναι σε όλες τις περιπτώσεις ημερήσιο.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η επιλογή των βροχομετρικών σταθμών του ΥΠΕΚΑ έγινε για λόγους διευκόλυνσης εφόσον τα δεδομένα τους ήσαν άμεσα διαθέσιμα από την Υπηρεσία, το δίκτυο διαθέτει μια ικανοποιητική διασπορά σε όλη την έκταση του Υδατικού Διαμερίσματος και οι βροχομετρικές παρατηρήσεις στους περισσότερους από τους σταθμούς εκτείνονται χρονικά σε μεγάλο βάθος χρόνου υπερκαλύπτοντας τις απαιτήσεις υπολογισμού του δείκτη SPI.

Ωστόσο, είναι προφανές ότι μελλοντικά για τον υπολογισμό του δείκτη μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλοι σταθμοί της περιοχής τα στοιχεία των οποίων να πληρούν τις προϋποθέσεις που τίθενται (ελάχιστη χρονική διάρκεια παρατηρήσεων, δυνατότητα αξιόπιστης συμπλήρωσης ελλειπουσών παρατηρήσεων, κλπ.)

Πίνακας 1.2. Διαθέσιμοι βροχομετρικοί σταθμοί ΥΠΕΚΑ στο ΥΔ12.

A/A	Κωδικός	Ονομασία Σταθμού	Υψόμετρο (m)	Περίοδος Καταγραφών
1	252	ΤΟΞΟΤΕΣ	75,40	09/1950 – 03/2011
2	260	ΑΒΑΣ	114,00	11/1960 – 04/2011
3	261	ΝΙΨΑ	174,70	11/1960 – 04/2011
4	262	ΛΕΥΚΙΜΗ	135,50	07/1962 – 04/2011
5	263	ΠΡΩΤΟΚΚΛΗΣΙ	50,20	04/1961 – 04/2011
6	265	ΣΙΤΟΧΩΡΙ	130,70	05/1961 – 04/2011
7	266	ΚΥΠΡΙΝΟΣ	70,10	04/1961 – 04/2011
8	267	ΔΙΚΑΙΑ	50,40	12/1954 – 04/2011
9	268	ΜΙΚΡΟ ΔΕΡΕΙΟ	116,20	12/1954 – 04/2011
10	269	ΦΕΡΡΕΣ	43,20	12/1954 – 04/2011
11	270	ΜΕΤΑΞΑΔΕΣ	138,70	12/1954 – 04/2011
12	271	ΑΙΣΥΜΗ	325,10	07/1962 – 04/2011
13	272	ΠΟΡΠΗ	32,10	12/1956 – 04/2011
14	273	ΙΑΣΜΟΣ	22,20	12/1953 – 04/2011
15	274	ΑΡΙΣΒΗ	41,30	06/1960 – 04/2011
16	275	ΟΡΓΑΝΗ	400,40	06/1960 – 04/2011
17	276	ΔΙΔΥΜΟΤΕΙΧΟ	24,70	11/1955 – 04/2011
18	462	ΠΑΡΑΝΕΣΤΙ	122,40	06/1960 – 03/2011
19	-	ΜΕΓΑΛΟ ΔΕΡΕΙΟ	381,60	01/1975 – 04/2011
20	-	ΕΧΙΝΟΣ (ΙΔΕ)	350,00	10/1950 – 09/2010
21	464	ΣΚΑΛΩΤΗ	968,30	09/1950 – 03/2011
22	465	ΜΙΚΡΟΚΛΕΙΣΟΥΡΑ	457,40	09/1950 – 03/2011

Το μέσο υψόμετρο του Υ.Δ.12 υπολογίστηκε σε 346,58 m περίπου, με 17 από τους 22 σταθμούς να βρίσκονται σε χαμηλότερο και 5 σε υψηλότερο υψόμετρο από αυτό. Οι σταθμοί 252, 462, 464 και 465 βρίσκονται στην υπολεκάνη του ποταμού Νέστου (GR07), οι σταθμοί 272, 273 και Εχίνος στην υπολεκάνη ρεμάτων Ξάνθης και Ξηρορέματος (GR08), οι σταθμοί 274 και 275 στην υπολεκάνη ρεμάτων Κομοτηνής και Λουτρού Έβρου (GR09) και, τέλος, οι σταθμοί 260, 261, 262, 263, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 276 και Μεγάλο Δέρειο βρίσκονται στην υπολεκάνη του ποταμού Έβρου (GR10), σύμφωνα με το διαχωρισμό του Υ.Δ. 12 σε υπολεκάνες από την Ε.Ε.Υ. Παράλληλα, η γεωγραφική κατανομή των σταθμών στο ηπειρωτικό τμήμα του υδατικού διαμερίσματος είναι σχετικά ικανοποιητική, με τις θέσεις παρατήρησης να είναι κατανεμημένες χωρικά μέσα σε αυτό. Πρέπει πάντως να σημειωθεί ότι το πλήθος των σταθμών στις υπολεκάνες GR80 και GR09 είναι σχετικά μικρό δεδομένης της έκτασής τους, όπως και το γεγονός πλήρους έλλειψης βροχομετρικών στοιχείων στην υπολεκάνη GR42 (Θάσος και Σαμοθράκη).

Τα διαθέσιμα στοιχεία αξιολογήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των μηνιαίων χρονοσειρών βροχόπτωσης. Στα πλαίσια αυτά διορθώθηκαν ιδιαίτερα χαμηλές ή υψηλές τιμές λόγω καταγραφικών σφαλμάτων. Όλοι οι σταθμοί είχαν σποραδικά ή συστηματικά κενά, τα οποία επηρεάζουν σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό την ποιότητα και τη συνέχεια των καταγραφών. Προσδιορίστηκαν επομένως οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των σταθμών και έγινε συμπλήρωση των κενών πεδίων με χρήση εποχικής (στην περίπτωση σποραδικών κενών) ή οργανικής συσχέτισης (στην περίπτωση συστηματικών κενών, σταθμοί 252, 264, 265 και 268). Στο στάδιο αυτό ο σταθμός του Εχίνου δεν ελήφθη υπόψη.

Οι χρονοσειρές συμπληρώθηκαν με βάση τις υψηλότερες συσχετίσεις, υπό την προϋπόθεση να υπάρχουν διαθέσιμες τιμές στις θέσεις των κενών των καταγραφών. Οι σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν για τη συμπλήρωση και οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των χρονοσειρών δίνονται στους Πίνακες 1.3 και 1.4 αντίστοιχα. Ο σταθμός της Σκαλωτής εμφάνιζε καλύτερη συσχέτιση με το βροχομετρικό σταθμό 461 (Κάτω Νευροκόπι) του Υ.Δ. 11 και συμπληρώθηκε κατά προτεραιότητα από αυτόν. Επίσης, στις περισσότερες χρονοσειρές έλειπαν οι καταγραφές για το τετράμηνο 09/1966 – 01/1977. Κατά το διάστημα αυτό στοιχεία υπήρχαν μόνο στους σταθμούς 252, 269, 276 και 462, που χρησιμοποιήθηκαν για τη συμπλήρωση αυτής της περιόδου σε όλους τους υπόλοιπους.

Πίνακας 1.3. Σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν για τη συμπλήρωση των χρονοσειρών.

Σταθμός	Συσχετιζόμενες θέσεις	Σταθμός	Συσχετιζόμενες θέσεις
252	273	271	261, 269
260	261, 252	272	274, 273, 252
261	262, 252	273	272, 252
262	263, 269	274	261, 252
263	270, 276	275	261, 252
265	263	276	263, 265
266	263, 276	462	252, 464
267	266, 276	Μ. Δέρειο	268, 270
268	270, 276	264	461, 465
269	262, 261	265	252
270	263, 276		

Πίνακας 1.4. Συσχετίσεις των διαθέσιμων μηνιαίων χρονοσειρών.

Κωδ.	252	260	261	262	263	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	462	Μ.Δέρειο	464	465	
252	1,000																					
260	0,629	1,000																				
261	0,642	0,770	1,000																			
262	0,560	0,663	0,777	1,000																		
263	0,582	0,630	0,731	0,779	1,000																	
265	0,508	0,497	0,559	0,624	0,750	1,000																
266	0,535	0,515	0,579	0,618	0,703	0,617	1,000															
267	0,463	0,437	0,497	0,467	0,584	0,590	0,652	1,000														
268	0,493	0,575	0,599	0,600	0,713	0,599	0,639	0,579	1,000													
269	0,511	0,625	0,714	0,740	0,673	0,621	0,561	0,497	0,562	1,000												
270	0,587	0,676	0,708	0,697	0,790	0,678	0,709	0,615	0,724	0,633	1,000											
271	0,631	0,597	0,773	0,763	0,751	0,629	0,653	0,540	0,605	0,643	0,698	1,000										
272	0,696	0,652	0,712	0,652	0,664	0,532	0,572	0,526	0,615	0,600	0,682	0,709	1,000									
273	0,718	0,638	0,651	0,593	0,615	0,480	0,535	0,503	0,536	0,538	0,624	0,651	0,800	1,000								
274	0,674	0,642	0,753	0,691	0,702	0,582	0,596	0,538	0,580	0,628	0,677	0,772	0,830	0,737	1,000							
275	0,649	0,635	0,694	0,602	0,645	0,532	0,500	0,438	0,600	0,531	0,651	0,652	0,661	0,665	0,685	1,000						
276	0,532	0,599	0,614	0,634	0,747	0,717	0,587	0,533	0,634	0,656	0,705	0,558	0,548	0,488	0,583	0,598	1,000					
462	0,254	0,195	0,200	0,155	0,144	0,087	0,114	0,110	0,137	0,182	0,189	0,073	0,173	0,182	0,146	0,181	0,203	1,000				
Μ.Δέρειο	0,538	0,545	0,607	0,574	0,618	0,491	0,595	0,376	0,633	0,483	0,595	0,606	0,557	0,506	0,565	0,582	0,463	0,107	1,000			
464	0,506	0,350	0,345	0,288	0,288	0,259	0,261	0,329	0,355	0,273	0,388	0,301	0,381	0,450	0,383	0,411	0,293	0,272	0,185	1,000		
465	0,596	0,401	0,462	0,403	0,450	0,349	0,421	0,372	0,438	0,392	0,497	0,457	0,510	0,527	0,473	0,566	0,408	0,130	0,522	0,567	1,000	

Στη συνέχεια έγινε αναγωγή των δεδομένων βροχόπτωσης στο μέσο υψόμετρο των πολυγώνων Thiessen προκειμένου να αρθεί η επιρροή της υψομετρίας των σταθμών στις καταγραφόμενες βροχοπτώσεις. Για την αναγωγή χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες ετήσιες χρονοσειρές βροχόπτωσης και οι βροχοβαθμίδες που είχαν καθοριστεί στα πλαίσια του έργου “Ανάπτυξη συστημάτων και εργαλείων διαχείρισης υδατικών πόρων υδατικών διαμερισμάτων Δυτικής Μακεδονίας, Κεντρικής Μακεδονίας και Θράκης”, Τεύχος ΠΑ05, Τόμος V, Έκδοση 2, Ιούνιος 2006 [20]. Μετά την απαλοιφή της υψομετρικής επιρροής από τις βροχοπτώσεις κατασκευάστηκαν οι διορθωμένες μέσες μηνιαίες χρονοσειρές. Τα υψόμετρα των κέντρων των πολυγώνων και οι εξισώσεις των χρησιμοποιούμενων βροχοβαθμίδων δίνονται στον Πίνακα 1.5 που ακολουθεί.

Πίνακας 1.5. Χρησιμοποιούμενες βροχοβαθμίδες Υ.Δ. 12 και υψόμετρα αναγωγής.

Κωδικός Σταθμού	Όνομασία Σταθμού	Υψόμετρο Αναγωγής (m)	Βροχοβαθμίδα (mm/m)	Υδρολογικό Μοντέλο ΠΑ05/V
252	ΤΟΞΟΤΕΣ	208,32	0,5067	ΥΜ05: Νέστος
260	ΑΒΑΣ	278,72	0,75	ΥΜ01-02: Έβρος/Αλεξανδρούπολη
261	ΝΙΨΑ	119,12	0,75	ΥΜ01-02: Έβρος/Αλεξανδρούπολη
262	ΛΕΥΚΙΜΗ	129,37	0,75	ΥΜ01-02: Έβρος/Αλεξανδρούπολη
263	ΠΡΩΤΟΚΚΛΗΣΙ	139,98	0,75	ΥΜ01-02: Έβρος/Αλεξανδρούπολη
265	ΣΙΤΟΧΩΡΙ	79,2	0,75	ΥΜ01-02: Έβρος/Αλεξανδρούπολη
266	ΚΥΠΡΙΝΟΣ	146,27	0,75	ΥΜ01-02: Έβρος/Αλεξανδρούπολη
267	ΔΙΚΑΙΑ	93,41	0,75	ΥΜ01-02: Έβρος/Αλεξανδρούπολη
268	ΜΙΚΡΟ ΔΕΡΕΙΟ	234,72	0,75	ΥΜ01-02: Έβρος/Αλεξανδρούπολη
269	ΦΕΡΡΕΣ	38,65	0,75	ΥΜ01-02: Έβρος/Αλεξανδρούπολη
270	ΜΕΤΑΞΑΔΕΣ	136,72	0,75	ΥΜ01-02: Έβρος/Αλεξανδρούπολη
271	ΑΙΣΥΜΗ	449,48	0,75	ΥΜ01-02: Έβρος/Αλεξανδρούπολη
272	ΠΟΡΠΗ	20,79	0,75	ΥΜ03: Φιλιουρής
273	ΙΑΣΜΟΣ	290,01	0,51	ΥΜ04: Ξηροπόταμος
274	ΑΡΙΣΒΗ	122,21	0,75	ΥΜ03: Φιλιουρής
275	ΟΡΓΑΝΗ	517,99	0,75	ΥΜ03: Φιλιουρής
276	ΔΙΔΥΜΟΤΕΙΧΟ	61,28	0,75	ΥΜ01-02: Έβρος/Αλεξανδρούπολη
462	ΠΑΡΑΝΕΣΤΙ	708,94	0,5067	ΥΜ05: Νέστος
-	ΜΕΓΑΛΟ ΔΕΡΕΙΟ	485,82	0,75	ΥΜ01-02: Έβρος/Αλεξανδρούπολη
-	ΕΧΙΝΟΣ (ΙΔΕ)	651,92	0,51	ΥΜ04: Ξηροπόταμος
464	ΣΚΑΛΩΤΗ	976,6	0,5067	ΥΜ05: Νέστος
465	ΜΙΚΡΟΚΛΕΙΣΟΥΡΑ	865,7	0,5067	ΥΜ05: Νέστος

Οι ίδιες εξισώσεις αξιοποιήθηκαν και για τη χωρική ολοκλήρωση της βροχόπτωσης και την κατασκευή ενιαίας χρονοσειράς στο Υ.Δ.12, με αναγωγή στο μέσο υψόμετρο του υδατικού διαμερίσματος, ίσο με 346,58m. Οι συντελεστές βαρύτητας των επιμέρους χρονοσειρών προέκυψαν από το λόγο των επιφανειών επιρροής των σταθμών προς τη συνολική έκταση του Υ.Δ.

1.3.3 Περίοδος υπολογισμού SPI

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 1.3 οι διαθέσιμες χρονοσειρές έχουν κοινή περίοδο καταγραφών από τον Ιανουάριο του 1975 έως το Δεκέμβριο του 2010. Επομένως ο υπολογισμός του SPI έγινε για περίοδο 35 υδρολογικών ετών, από 10/1975 έως 09/2010, (υδρολογικά έτη 1975-76 έως 2009-10), υπερκαλύπτοντας την απαίτηση για συνεχή περίοδο καταγραφής τριακονταετίας [15].

1.3.4 Χρονικές κλίμακες υπολογισμού

Οι McKee et al. [15] υπολόγισαν το δείκτη SPI για χρονικά βήματα 3, 6, 12, 24 και 48 μηνών. Από τις χρονικές αυτές κλίμακες έχει εντοπιστεί ότι οι σημαντικά μικρότερες του έτους συσχετίζονται με την εδαφική υγρασία, και κατά συνέπεια αφορούν στη γεωργική και μετεωρολογική ξηρασία, ενώ οι μεγαλύτερες σχετίζονται με τις διακυμάνσεις των υδάτινων πόρων και την υδρολογική ξηρασία [2, 15]. Καθορίστηκαν επομένως οι πλέον πρόσφορες χρονικές κλίμακες για το σκοπό υπολογισμού του δείκτη και τα κλιματολογικά δεδομένα του υδατικού διαμερίσματος.

Ο ελλαδικός χώρος εμφανίζει σαφή διαχωρισμό μεταξύ υγρής και ξηρής περιόδου και έντονη εποχικότητα των βροχοπτώσεων, με συνέπεια ο υπολογισμός του SPI για χρονικές κλίμακες μικρότερες των έξι μηνών να αναπαράγει αυτή τη διαφοροποίηση και να εμφανίζει ξηρές ή υγρές περιόδους μικρής διάρκειας ακόμη και για ευρείες ξηρές ή υγρές ακολουθίες [21]. Επομένως η ελάχιστη υπολογιζόμενη χρονική κλίμακα θεωρήθηκε εξάμηνη. Υπολογίστηκε επίσης ο δείκτης για ετήσια και υπερετήσια κλίμακα, ίση με 24 μήνες, και έγινε προσπάθεια συσχέτισης των αποτελεσμάτων με την καταγεγραμμένη απόκριση των υδάτινων σωμάτων, προκειμένου να καθοριστεί ένας τρόπος διαχειριστικής αξιοποίησης του SPI. Η επιλογή της διετίας έναντι της τετραετίας οφείλεται στη μη ύπαρξη αξιόπιστων χρονοσειρών μεγάλης διάρκειας στα εξεταζόμενα Υ.Σ., που οδηγούσε σε λίγες τιμές υπολογισμού του δείκτη και καθιστούσε αναξιόπιστη την όποια προσπάθεια συσχέτισης. Τα αποτελέσματα καταγραφής φαινομένων ξηρασίας για το Υ.Δ. 12 ακολουθούν, ενώ ο προσδιορισμός έλευσης φαινομένων λειψυδρίας παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 3.

1.4 Αποτελέσματα καταγραφής φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 12

Από την αντιπροσωπευτική χρονοσειρά βροχόπτωσης του Υ.Δ. 12 υπολογίστηκε ο “μέσος” δείκτης ξηρασίας για κάθε χρονική κλίμακα και καταγράφηκαν αναλυτικά τα επεισόδια ξηρασίας σε σχέση με τη διάρκεια, την ένταση και το μέγεθός τους. Παράλληλα, από τους επιμέρους δείκτες SPI των πολυγώνων Thiessen επιλέχθηκαν για παρουσίαση επτά χαρακτηριστικές χρονοσειρές, που αντιστοιχούν σε πέντε πεδινούς και δύο ορεινούς σταθμούς του υδατικού διαμερίσματος. Κριτήρια για την επιλογή των σταθμών ήταν η επάρκεια, ποιοτικά και ποσοτικά, των βροχομετρικών δεδομένων, η κατά το δυνατό χωρική κάλυψη του διαμερίσματος και η συσχέτιση των υπολογιζόμενων δεικτών με το μέσο SPI του Υ.Δ. Με βάση τα παραπάνω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τους σταθμούς 462 (Παρανέστι) και 465 (Μικροκλεισούρα) στην υπολεκάνη του ποταμού Νέστου, Εχίνος (ΙΔΕ) και 273 (Ιασμος) στην υπολεκάνη ρ. Ξάνθης και Ξηρορέματος, 274 (Αρίσβη) στην υπολεκάνη ρ. Κομοτηνής και Λουτρού Έβρου και 261 (Νίψα) και 266 (Κυπρίνος) στην υπολεκάνη του ποταμού Έβρου. Είναι αξιοσημείωτο ότι οι πλέον αντιπροσωπευτικοί σταθμοί δεν ήταν κατ’ ανάγκη αυτοί με το μεγαλύτερο βάρος κατά τη χωρική ολοκλήρωση της χρονοσειράς βροχόπτωσης, κάτι που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η ποιότητα των καταγραφών επηρεάζει σημαντικά τη συσχέτιση των δεδομένων με το σύνολο, στο οποίο αμβλύνονται οι ασυνέπειες των διαφορετικών παρατηρήσεων.

Παράλληλα, από τα στοιχεία των πολυγώνων κατασκευάστηκαν χάρτες έντασης και μεγέθους σε υπόβαθρο GIS για όλο το υδατικό διαμέρισμα και κάθε χρονική κλίμακα, καθώς και γράφημα με κοινή παρουσίαση των μέσων SPI-6, SPI-12 και SPI-24.

1.4.1 Δείκτης SPI-6

Ο υπολογισμός του δείκτη SPI-6 για την ενιαία χρονοσειρά βροχόπτωσης οδήγησε στην καταγραφή 15 επεισοδίων ξηρασίας στο υδατικό διαμέρισμα, εκ των οποίων τα 6 αφορούν σε σημαντική και τα 4 σε ακραία ξηρασία. Η μέγιστη διάρκεια του φαινομένου είναι 37 μήνες, και αντιστοιχεί στην περίοδο 11/1991 έως 11/1994, ο δείκτης αναπαράγει δηλαδή την ξηρή περίοδο 1989 – 1993.

Από τα αποτελέσματα των τοπικών δεικτών παρατηρείται ότι ο σταθμός της Νίψας προσεγγίζει καλύτερα τη μέγιστη, ελάχιστη και μέση ένταση των επεισοδίων ξηρασίας του διαμερίσματος. Ο σταθμός του Εχίνου είναι αντιπροσωπευτικότερος όσον αφορά στο πλήθος, το μέγεθος και τη διάρκεια των παρατηρούμενων επεισοδίων. Τα φαινόμενα ξηρασίας διαφοροποιούνται σημαντικά μέσα στο Υ.Δ. 11, με συνέπεια η χωρική κατανομή των διαφόρων παραμέτρων να είναι ανομοιόμορφη τόσο στον άξονα Ανατολή – Δύση όσο και μεταξύ των ορεινών και πεδινών σταθμών. Το μέγεθος των επεισοδίων σημειώνει γενικά χαμηλές τιμές, και είναι σε κάθε περίπτωση μικρότερο του 30.

Η διακύμανση των εντάσεων των φαινομένων μεταξύ των επιλεγμένων θέσεων είναι σημαντικά διαφοροποιημένη, κάτι αναμενόμενο λόγω του τοπικού χαρακτήρα της βροχόπτωσης και της διακύμανσής της μεταξύ των σταθμών. Έτσι, το πλήθος των επεισοδίων που καταγράφονται ως μέσης, σημαντικής ή ακραίας ξηρασίας μεταβάλλεται έντονα μεταξύ των διαφορετικών πολυγώνων. Υπάρχει πάντως ένδειξη ότι οι σταθμοί Εχίνου και Ιάσμου παρακολουθούν πιστότερα τη διακύμανση του μέσου δείκτη σε απόλυτα μεγέθη. Η συσχέτιση αυτή δεν είναι όμως πάντα κοινή σε σχέση με το χρόνο εμφάνισης της ακραίας ξηρασίας.

Στη συνέχεια δίνονται πίνακες παρουσίασης των αποτελεσμάτων με την αναλυτική καταγραφή των φαινομένων στο διαμέρισμα, τη σύγκριση μέσων, ελάχιστων και μέσων μεγεθών στις επιλεγμένες θέσεις και την κατηγοριοποίηση των φαινομένων ξηρασίας που παρουσιάστηκαν. Παράλληλα, δίνονται γραφήματα του SPI-6 τόσο για το υδατικό διαμέρισμα όσο και για τους επιμέρους σταθμούς.

Πίνακας 1.6. Αναλυτική καταγραφή φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 12 (δείκτης SPI-6)

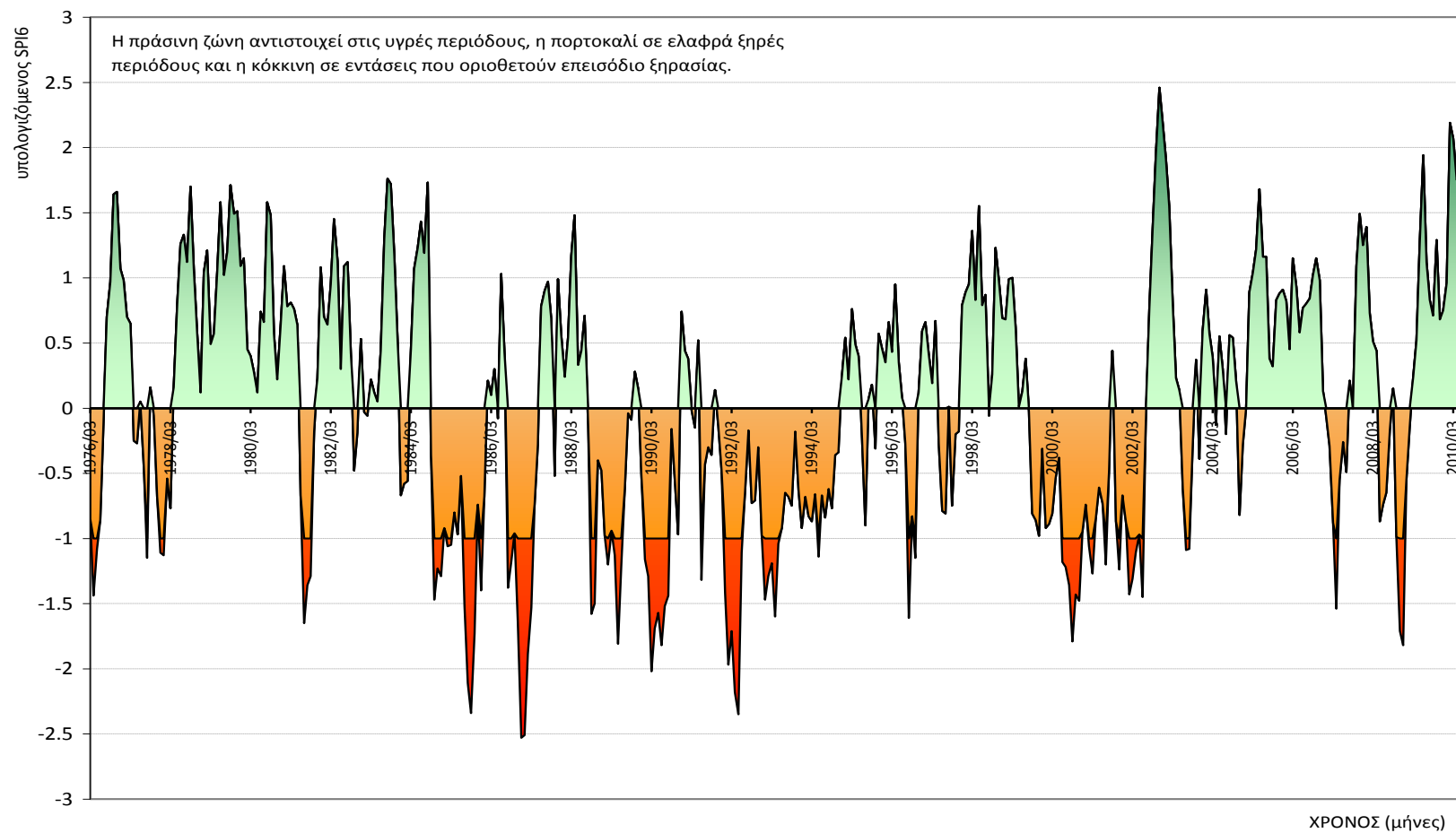
Α/Α	Περίοδος εμφάνισης		Διάρκεια (μήνες)	Ένταση	Μέγεθος
	ΑΠΟ	ΕΩΣ			
1	07/1977	08/1977	2	-1,15	1,60
2	10/1977	03/1978	6	-1,13	4,29
3	06/1981	10/1981	5	-1,65	5,15
4	09/1984	01/1986	17	-2,34	20,19
5	08/1986	05/1987	10	-2,53	14,63
6	08/1988	09/1989	14	-1,81	12,11
7	12/1989	11/1990	12	-2,02	14,71
8	06/1991	09/1991	4	-1,32	2,41
9	11/1991	11/1994	37	-2,35	34,01
10	07/1996	10/1996	4	-1,61	3,86
11	08/1999	08/2001	25	-1,79	22,88
12	10/2001	07/2002	10	-1,45	10,04
13	06/2003	09/2003	4	-1,08	3,11
14	01/2007	07/2007	7	-1,54	4,08
15	10/2008	02/2009	5	-1,82	5,22

Πίνακας 1.7. Σύγκριση φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 12 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-6)

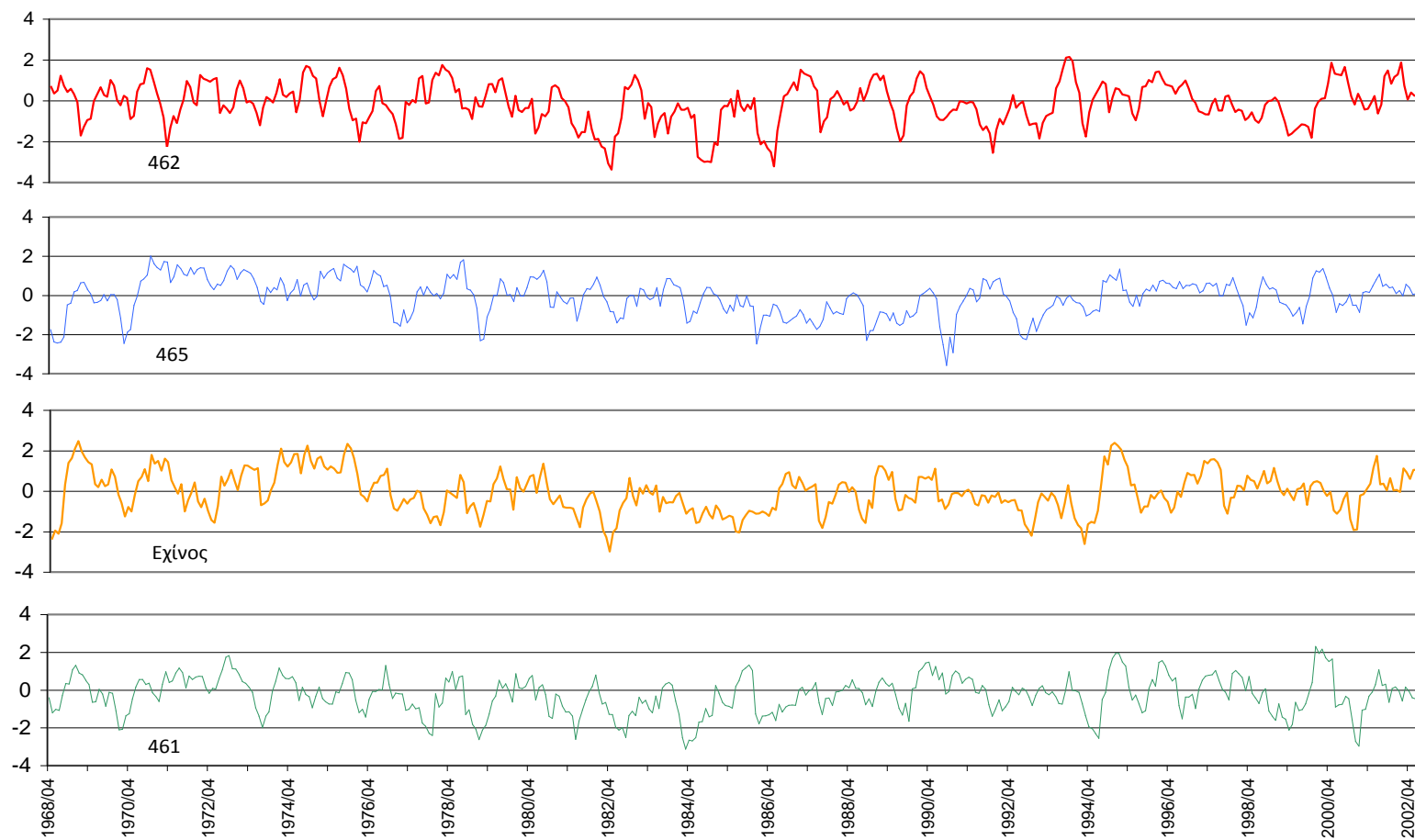
	Υ.Δ. 12	462	465	Εχίνος	273	274	261	266
Πλήθος επεισοδίων:	15	16	12	13	17	16	12	15
Μέγιστη διάρκεια:	37	26	33	36	19	21	46	24
Μέγιστη ένταση:	-2,53	-3,38	-3,58	-2,98	-3,12	-2,97	-2,63	-2,34
Μέγιστο μέγεθος:	34,01	31,14	32,56	37,02	25,65	24,34	48,82	27,79
Μέση διάρκεια:	11	10	13	13	11	9	17	12
Μέση ένταση:	-1,71	-2,06	-2,00	-1,81	-2,12	-1,68	-1,71	-1,32
Μέσο μέγεθος:	10,55	10,63	11,89	11,59	11,14	9,29	16,08	9,59
Ελάχιστη διάρκεια:	2	3	5	4	5	3	4	4
Ελάχιστη ένταση:	-1,08	-1,08	-1,31	-1,06	-1,20	-1,12	-1,12	1,08
Ελάχιστο μέγεθος:	1,60	2,36	3,04	2,46	3,81	1,35	2,81	2,56

Πίνακας 1.8. Κατηγοριοποίηση ξηρασίας στο Υ.Δ. 12 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-6)

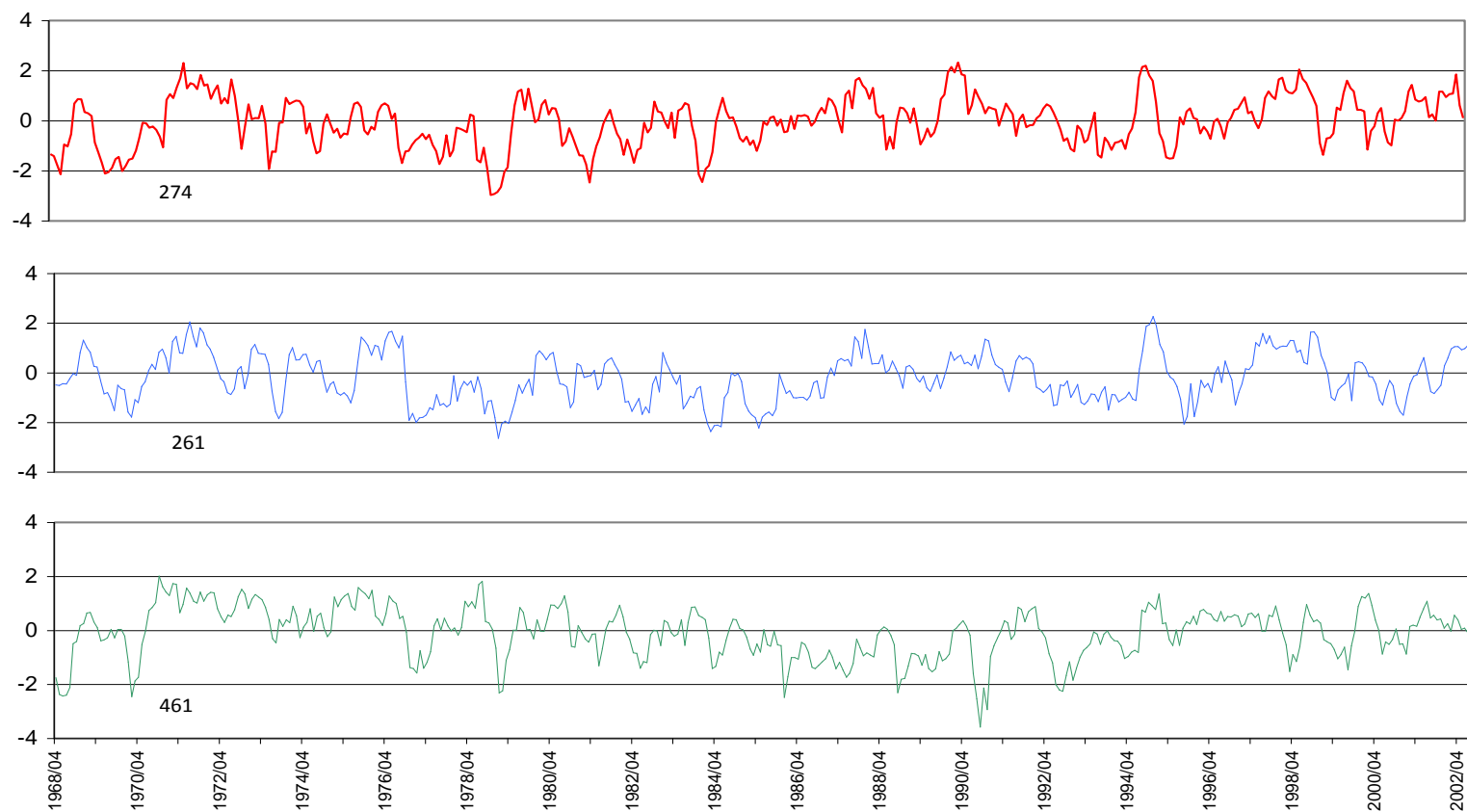
	Πλήθος	Μέση διάρκεια:	Μέση ένταση:	Μέσο μέγεθος:
Υ.Δ. 12				
Μέση ξηρασία (-1.00≥SPI≥-1.49)	5	5	-1.23	4.29
Σημαντική ξηρασία (-1.50≥SPI≥-1.99)	6	10	-1.70	8.88
Ακραία ξηρασία (-2.00≥SPI)	4	19	-2.31	20.89
462 - Παρανέστι				
Μέση ξηρασία	2	9	-1.14	4.70
Σημαντική ξηρασία	7	7	-1.73	6.60
Ακραία ξηρασία	7	14	-2.64	16.34
465 - Μικροκλεισούρα				
Μέση ξηρασία	4	8	-1.39	5.16
Σημαντική ξηρασία	2	7	-1.55	6.65
Ακραία ξηρασία	6	18	-2.56	18.13
Εχίνος (ΙΔΕ)				
Μέση ξηρασία	3	8	-1.14	4.34
Σημαντική ξηρασία	6	9	-1.72	7.36
Ακραία ξηρασία	4	25	-2.46	23.39
273 - Ίασμος				
Μέση ξηρασία	4	8	-1.32	4.70
Σημαντική ξηρασία	4	8	-1.74	7.81
Ακραία ξηρασία	9	13	-2.65	15.49
274 - Αρίσβη				
Μέση ξηρασία	8	7	-1.25	4.67
Σημαντική ξηρασία	4	11	-1.71	10.06
Ακραία ξηρασία	4	13	-2.50	17.75
261 - Νίψα				
Μέση ξηρασία	4	7	-1.26	4.75
Σημαντική ξηρασία	5	15	-1.70	13.78
Ακραία ξηρασία	3	33	-2.35	35.00
266 - Κυπρίνος				
Μέση ξηρασία	11	10	-1.10	6.60
Σημαντική ξηρασία	3	15	-1.78	14.47
Ακραία ξηρασία	1	24	-2.34	27.79



Σχήμα 1.4. Μεταβολή του δείκτη SPI-6 για το υδατικό διαμέρισμα Υ.Δ. 12



Σχήμα 1.5α. Μεταβολή του δείκτη SPI-6 στους βροχομετρικούς σταθμούς



Σχήμα 1.5β. Μεταβολή του δείκτη SPI-6 στους βροχομετρικούς σταθμούς

1.4.2 Δείκτης SPI-12

Ο υπολογισμός του δείκτη SPI-12 για την ενιαία χρονοσειρά βροχόπτωσης οδήγησε στην καταγραφή έξι επεισοδίων ξηρασίας στο υδατικό διαμέρισμα, εκ των οποίων τρία αφορούν σε σημαντική και δύο σε ακραία ξηρασία. Η μέγιστη διάρκεια του φαινομένου είναι και πάλι 37 μήνες και αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα 12/1991 έως 12/1994. Η εμφάνιση του ίδιου ξηρού επεισοδίου τόσο στο δείκτη SPI-6 όσο και στο δείκτη SPI-12, και μάλιστα σε κατηγορία ακραίας ξηρασίας καταδεικνύει τη σημασία του φαινομένου αυτού για το υδατικό διαμέρισμα. Η μέγιστη ένταση των επεισοδίων αμβλύνεται, κάτι αναμενόμενο αφού χρησιμοποιούνται καταγραφές περισσότερων μηνών για τον υπολογισμό του δείκτη. Αντίθετα, το μέγιστο μέγεθος των επεισοδίων είναι σημαντικά αυξημένο, καθώς προκύπτει από την άθροιση SPI για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Από τα αποτελέσματα των τοπικών δεικτών παρατηρείται ότι ο σταθμός της Νίψας εξακολουθεί να προσεγγίζει καλύτερα τη μέγιστη, ελάχιστη και μέση ένταση των επεισοδίων ξηρασίας του διαμερίσματος, αν και με μικρότερη ακρίβεια σε σχέση με τον SPI-6. Επίσης, ο σταθμός της Μικροκλεισούρας είναι αντιπροσωπευτικός όσον αφορά στη μέγιστη και ελάχιστη ένταση, αποκλίνει όμως ως προς τη μέση τιμή της παραμέτρου. Αντίθετα, κανένας από τους σταθμούς δεν είναι πλέον ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικός σε σχέση με το πλήθος, το μέγεθος ή τη διάρκεια των φαινομένων, καθώς σε άλλες περιπτώσεις καταγράφεται σύγκλιση των μέγιστων και σε άλλες των μέσων και ελάχιστων μεγεθών. Θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι ο SPI-12 του Υ.Δ. προσεγγίζεται από τον Εχίνο, αναφορικά με το πλήθος και το μέγεθος των επεισοδίων και τον Κυπρίνο σε σχέση με τη μέγιστη και ελάχιστη διάρκειά τους, με κάποια όμως επισφάλεια. Εν γένει ο συγκεντρωτικός δείκτης καταγράφει μία μέση κατάσταση σε σύγκριση με τα εντόνως διαφοροποιούμενα αποτελέσματα των μεμονομένων σταθμών, κάτι που είναι εξάλλου αναμενόμενο αφού προκύπτει από τη χωρική ολοκλήρωση των δεδομένων υπολογισμού. Τα επεισόδια ξηρασίας είναι και πάλι ανομοιόμορφα κατανομημένα στο διαμέρισμα, τόσο χωρικά όσο και χρονικά. Σε αυτή τη χρονική κλίμακα σημειώνονται και ορισμένες ξηρασίες μεγάλου μεγέθους, με επίσης ανομοιόμορφη κατανομή μέσα στα όρια του Υ.Δ.

Πίνακας 1.9. Αναλυτική καταγραφή φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 11 (δείκτης SPI-12)

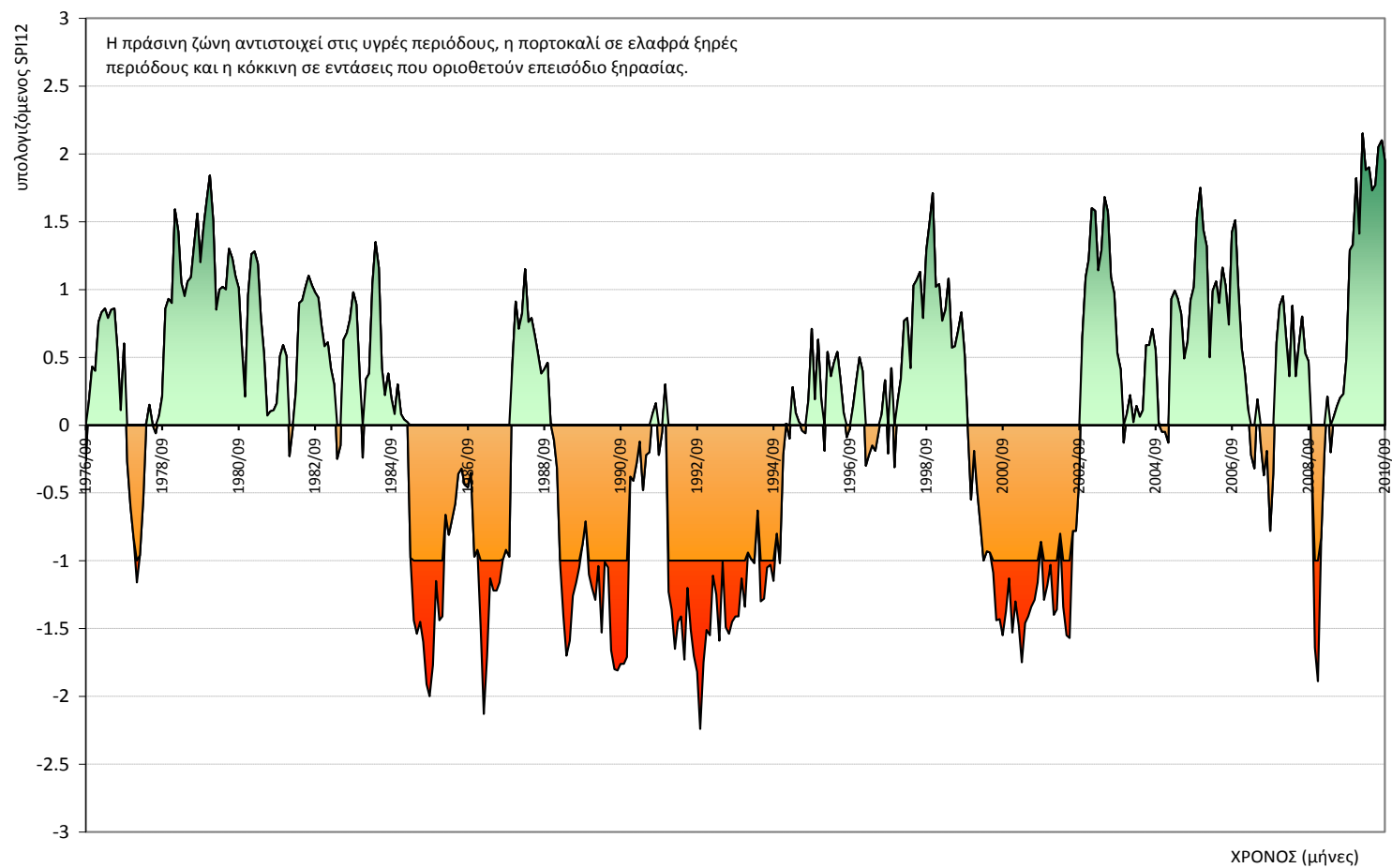
Α/Α	Περίοδος εμφάνισης		Διάρκεια (μήνες)	Ένταση	Μέγεθος
	ΑΠΟ	ΕΩΣ			
1	10/1968	02/1969	5	-1,52	3,04
2	10/1977	03/1978	6	-1,18	4,93
3	12/1982	05/1983	6	-1,09	3,56
4	07/1984	05/1986	23	-2,85	31,00
5	11/1986	10/1987	12	-1,49	9,11
6	09/1988	01/1996	89	-2,05	102,96
7	03/2000	08/2002	30	-1,90	25,16
8	10/2008	12/2008	3	-1,12	2,58

Πίνακας 1.10. Σύγκριση φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 12 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-12)

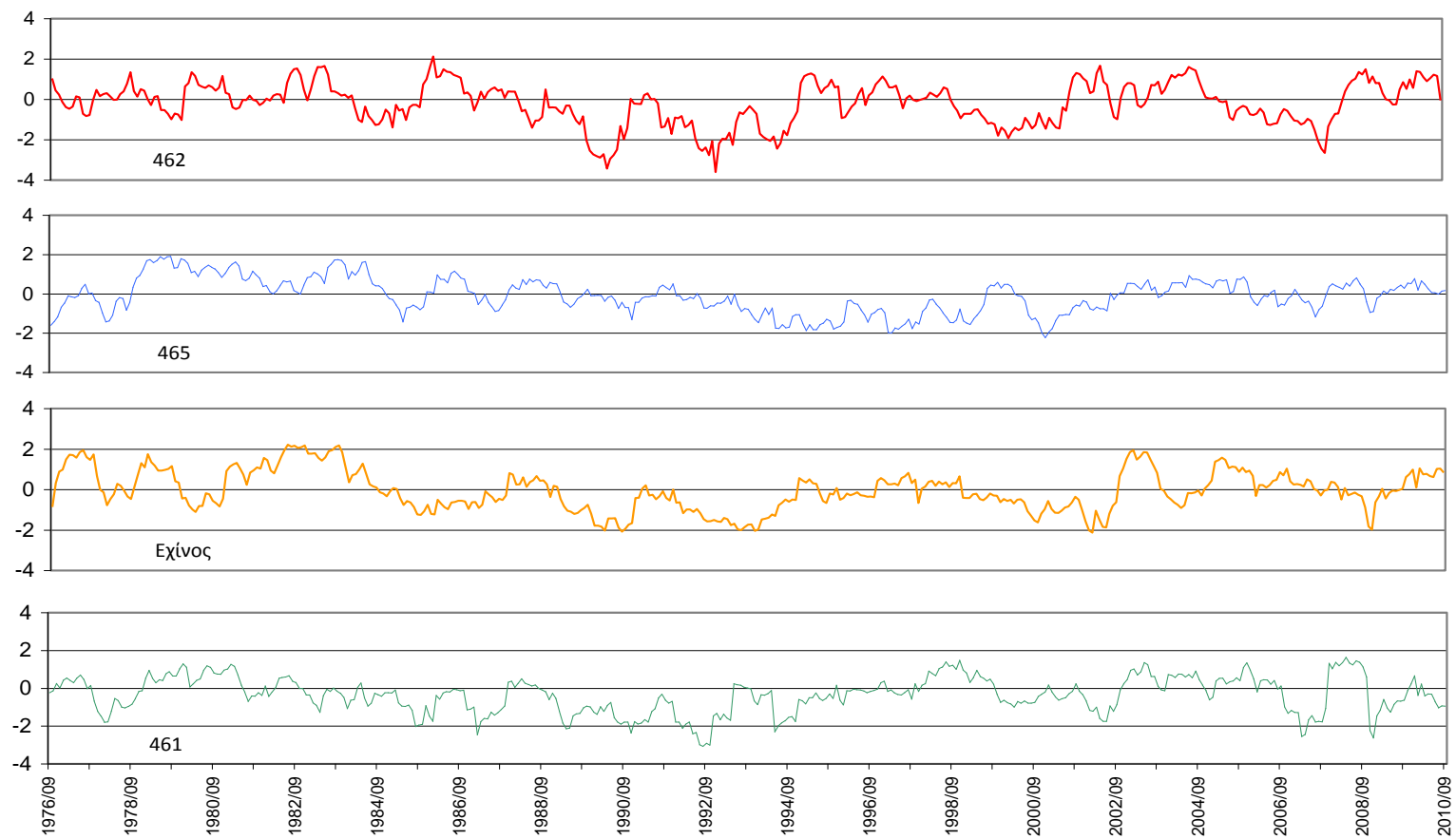
	Υ.Δ. 12	462	465	Εχίνος	273	274	261	266
Πλήθος επεισοδίων:	6	7	6	6	9	7	7	9
Μέγιστη διάρκεια:	37	42	84	46	57	42	64	39
Μέγιστη ένταση:	-2,24	-3,60	-2,23	-2,13	-3,07	-3,18	-2,38	-2,46
Μέγιστο μέγεθος:	48,27	64,39	92,68	46,91	82,99	50,95	80,32	39,99
Μέση διάρκεια:	25	25	27	27	21	23	28	19
Μέση ένταση:	-1,83	-2,21	-1,59	-1,77	-2,10	-2,01	-1,85	-1,64
Μέσο μέγεθος:	27,60	28,59	24,25	25,95	23,26	24,12	30,09	17,44
Ελάχιστη διάρκεια:	5	7	8	10	6	4	8	6
Ελάχιστη ένταση:	-1,16	-1,02	-1,17	-1,11	-1,08	-1,34	-1,26	-1,10
Ελάχιστο μέγεθος:	4,37	5,23	4,52	6,88	3,20	2,80	5,39	4,58

Πίνακας 1.11. Κατηγοριοποίηση ξηρασίας στο Υ.Δ. 12 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-12)

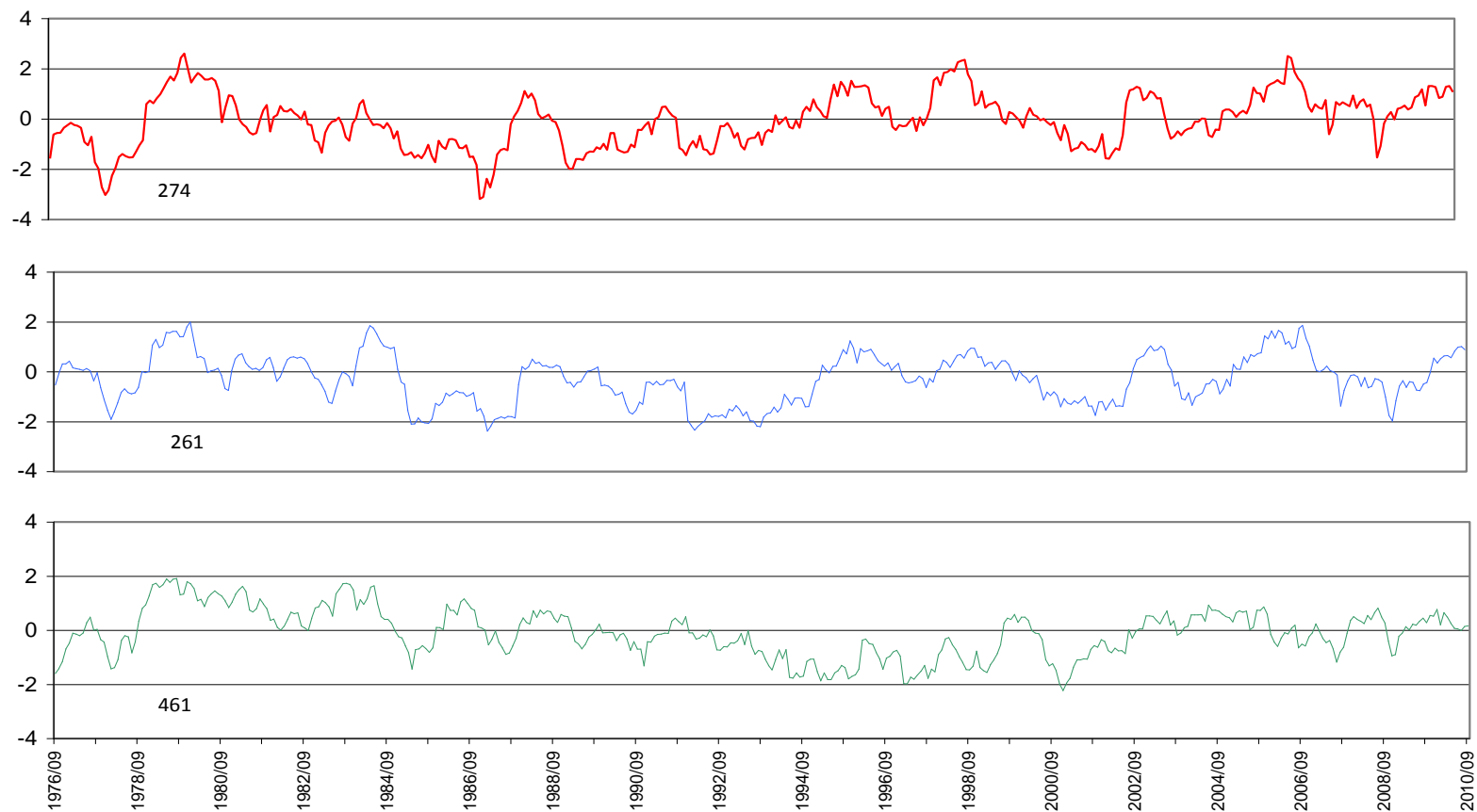
	Πλήθος	Μέση διάρκεια:	Μέση ένταση:	Μέσο μέγεθος:
Υ.Δ. 12				
Μέση ξηρασία (-1.00≥SPI≥-1.49)	1	6	-1.16	4.37
Σημαντική ξηρασία (-1.50≥SPI≥-1.99)	3	24	-1.82	25.58
Ακραία ξηρασία (-2.00≥SPI)	2	35	-2.19	42.24
462 - Παρανέστι				
Μέση ξηρασία	3	12	-1.28	8.77
Σημαντική ξηρασία	1	35	-1.93	36.90
Ακραία ξηρασία	3	34	-3.23	45.65
465 - Μικροκλεισούρα				
Μέση ξηρασία	4	13	-1.33	6.58
Σημαντική ξηρασία	1	84	-1.98	92.68
Ακραία ξηρασία	2	28	-2.23	26.51
Εχίνος (ΙΔΕ)				
Μέση ξηρασία	2	23	-1.18	15.36
Σημαντική ξηρασία	1	10	-1.98	6.88
Ακραία ξηρασία	3	35	-2.08	39.36
273 - Ίασμος				
Μέση ξηρασία	2	13	-1.54	9.13
Σημαντική ξηρασία	2	14	-1.78	13.34
Ακραία ξηρασία	5	30	-2.60	35.03
274 - Αρίσβη				
Μέση ξηρασία	2	19	-1.39	14.15
Σημαντική ξηρασία	3	19	-1.70	18.31
Ακραία ξηρασία	2	35	-3.10	42.82
261 - Νίψα				
Μέση ξηρασία	2	13	-1.30	8.80
Σημαντική ξηρασία	3	25	-1.87	20.61
Ακραία ξηρασία	2	50	-2.36	65.60
266 - Κυπρίνος				
Μέση ξηρασία	5	14	-1.26	10.12
Σημαντική ξηρασία	1	12	-1.73	10.44
Ακραία ξηρασία	3	28	-2.25	31.99



Σχήμα 1.6. Μεταβολή του δείκτη SPI-12 για το υδατικό διαμέρισμα Υ.Δ. 12



Σχήμα 1.7α. Μεταβολή του δείκτη SPI-12 στους βροχομετρικούς σταθμούς



Σχήμα 1.7β. Μεταβολή του δείκτη SPI-12 στους βροχομετρικούς σταθμούς

1.4.3 Δείκτης SPI-24

Ο υπολογισμός του δείκτη SPI-24 για την ενιαία χρονοσειρά βροχόπτωσης οδήγησε στην καταγραφή τριών επεισοδίων ξηρασίας στο υδατικό διαμέρισμα, με διάρκεια κυμαινόμενη από 2,5 έως 7 έτη. Η μέγιστη διάρκεια του φαινομένου είναι 84 μήνες και αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα 02/1989 έως 01/1996, περιλαμβάνει δηλαδή το έντονο ξηρό επεισόδιο των ετών 1991 – 1994 που εντοπίζεται και στις μικρότερες κλίμακες. Μάλιστα η μέγιστη ένταση του επεισοδίου εμφανίζεται μέσα στο χρόνο αυτό, και συγκεκριμένα τον Οκτώβριο του 1993, δηλαδή στο τέλος μίας ξηρής περιόδου μέσα στην ευρύτερη ξηρή ακολουθία. Η μέγιστη ένταση των φαινομένων αμβλύνεται περαιτέρω, αν και σε όλες τις θέσεις εμφανίζονται επεισόδια ακραίας ξηρασίας. Ο χρόνος έναρξης των φαινομένων είναι μετατοπισμένος χρονικά προς την ξηρή περίοδο. Αυτό είναι αναμενόμενο λόγω των περισσότερων βημάτων που λαμβάνονται υπόψη στον προσδιορισμό των δεικτών και οδηγούν στην απαίτηση άθροισης περισσότερων μηνών ξηρασίας για να σηματοδοτηθεί η έναρξη του επεισοδίου. Το μέγιστο μέγεθος είναι αντίθετα γενικώς αυξημένο, γεγονός ερμηνευόμενο από τη “διάχυση” των μηνών με ξηρασία σε περισσότερα χρονικά βήματα, που οδηγεί σε περισσότερες αρνητικές εντάσεις με χαμηλότερη διακύμανση των τιμών τους.

Για τα αποτελέσματα των τοπικών δεικτών αξίζει να σημειωθεί ότι ο σταθμός της Μικροκλεισούρας εμφανίζει μόνο ένα, αλλά ιδιαίτερα σημαντικό επεισόδιο ξηρασίας, με μεγάλο μέγεθος και υψηλή ένταση. Δεν υπάρχει σταθμός που να συσχετίζεται με το μέσο δείκτη για καμία από τις τρεις εξεταζόμενες παραμέτρους, κάτι αναμενόμενο αφού πλέον ο μέσος SPI υπολογίζεται για μεγάλο πλήθος σταθμών και πολλά χρονικά βήματα, επομένως δεν είναι εφικτή η συσχέτισή του με κάποια από τις συνιστώσες τις βροχόπτωσης.

Πίνακας 1.12. Αναλυτική καταγραφή φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 12 (δείκτης SPI-24)

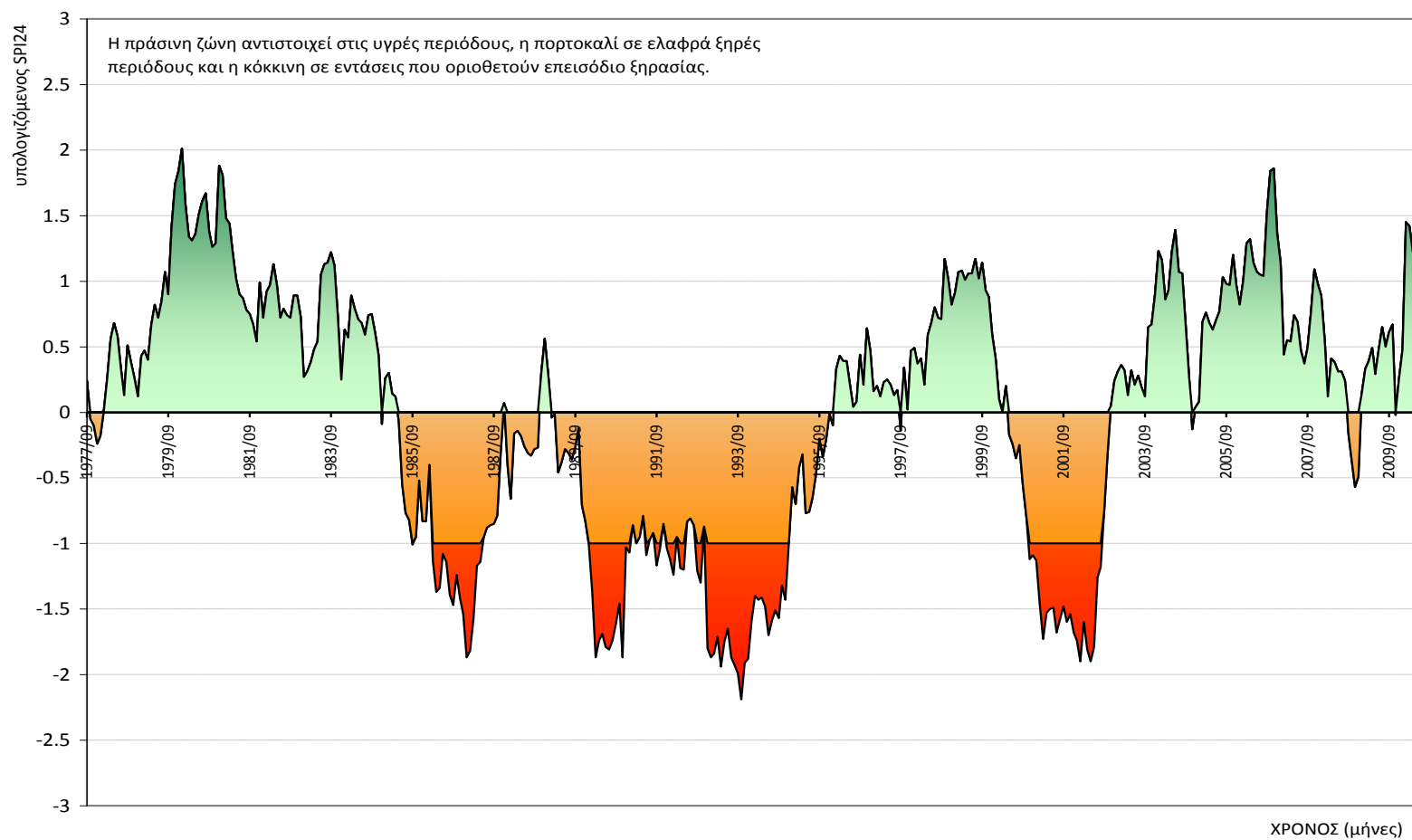
Α/Α	Περίοδος εμφάνισης		Διάρκεια (μήνες)	Ένταση	Μέγεθος
	ΑΠΟ	ΕΩΣ			
1	10/1983	02/1995	137	-2,82	136,64
2	02/2001	10/2002	21	-1,92	19,46
3	10/2004	06/2005	9	-1,06	3,73

Πίνακας 1.13. Σύγκριση φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 12 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-24)

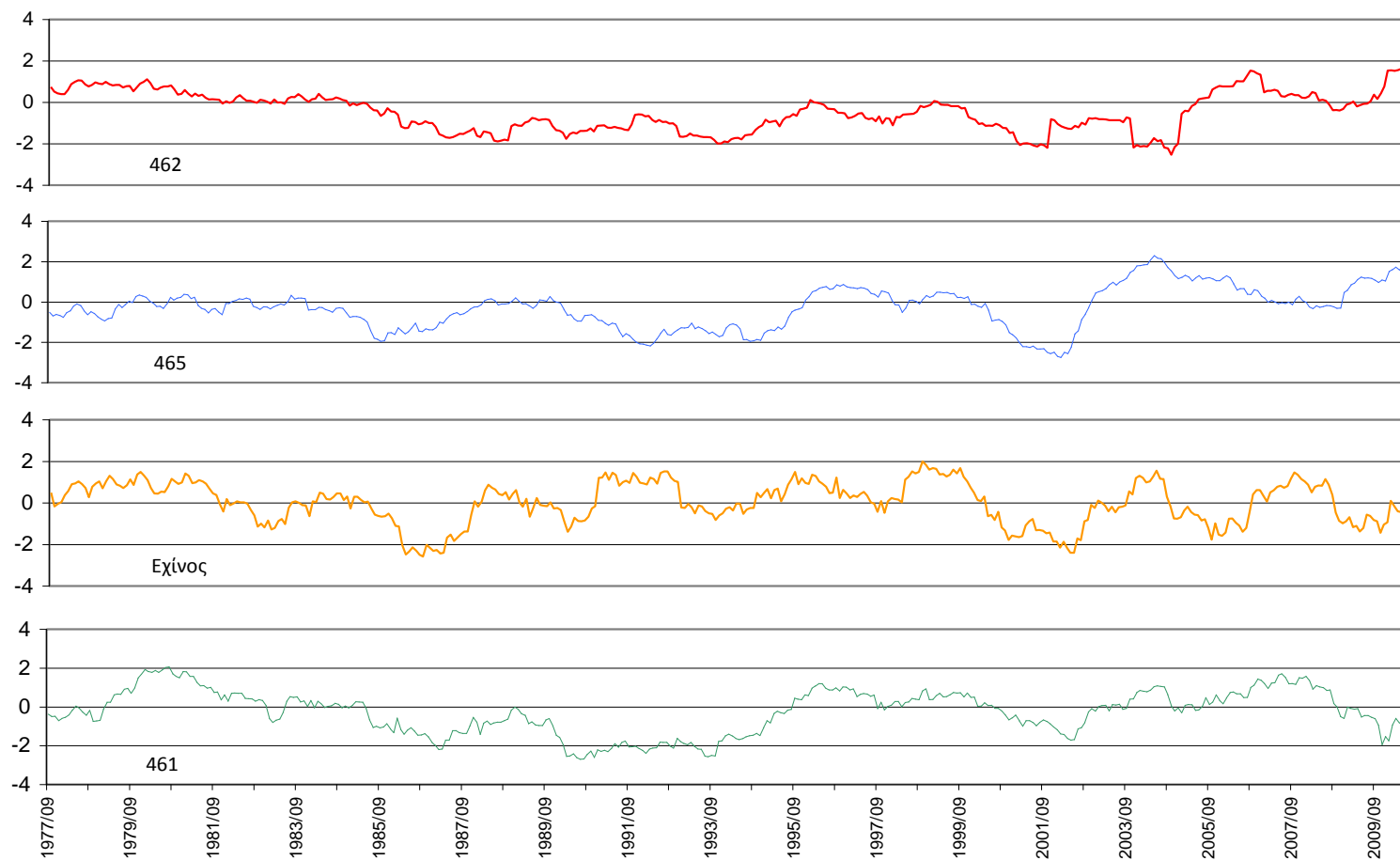
	Υ.Δ. 12	462	465	Εχίνος	273	274	261	266
Πλήθος επεισοδίων:	3	4	1	4	5	3	5	3
Μέγιστη διάρκεια:	84	85	124	82	94	137	72	75
Μέγιστη ένταση:	-2,19	-2,82	-2,19	-2,43	-2,65	-2,82	-2,55	-2,37
Μέγιστο μέγεθος:	93,35	128,62	134,65	100,06	136,66	136,64	100,60	89,41
Μέση διάρκεια:	48	44	124	41	46	56	40	41
Μέση ένταση:	-1,99	-1,00	-2,19	-1,76	-1,67	-1,93	-0,95	-1,82
Μέσο μέγεθος:	54,22	53,36	134,65	42,44	46,96	53,28	42,04	43,81
Ελάχιστη διάρκεια:	30	16	124	19	11	9	12	20
Ελάχιστη ένταση:	-1,87	-1,13	-2,19	-1,07	-1,01	-1,06	-1,13	-1,53
Ελάχιστο μέγεθος:	32,08	10,77	134,65	6,89	9,78	3,73	6,77	16,05

Πίνακας 1.14. Κατηγοριοποίηση ξηρασίας στο Υ.Δ. 12 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-24)

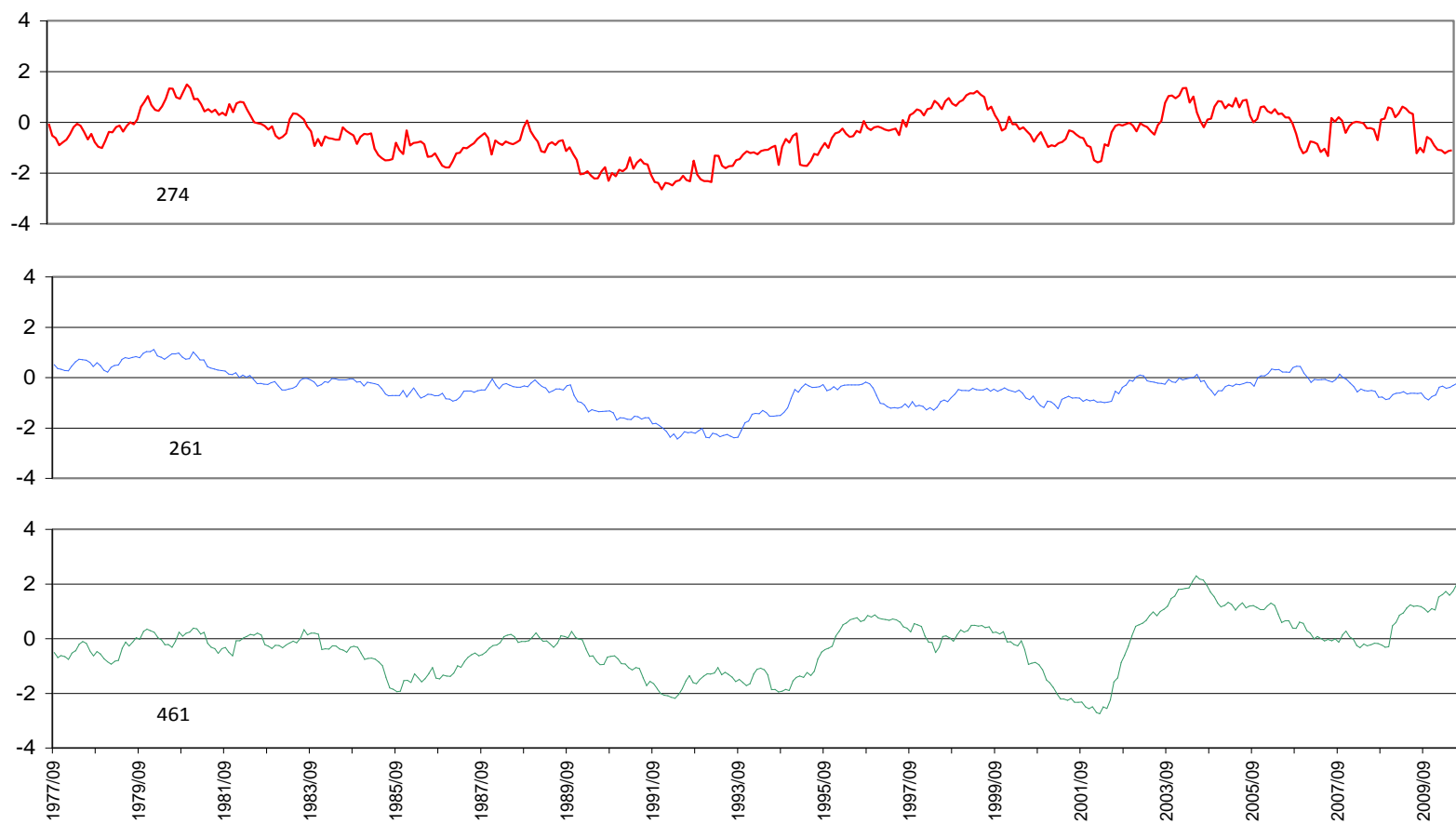
	Πλήθος	Μέση διάρκεια:	Μέση ένταση:	Μέσο μέγεθος:
Υ.Δ. 12				
Μέση ξηρασία (-1.00≥SPI≥-1.49)	0			
Σημαντική ξηρασία (-1.50≥SPI≥-1.99)	2	31	-1,89	34,65
Ακραία ξηρασία (-2.00≥SPI)	1	84	-2,19	93,35
462 - Παρανέστι				
Μέση ξηρασία	1	16	-1,13	10,77
Σημαντική ξηρασία	0			
Ακραία ξηρασία	3	53	-0,95	67,55
465 - Μικροκλεισούρα				
Μέση ξηρασία	0			
Σημαντική ξηρασία	0			
Ακραία ξηρασία	1	124	-2,19	134,65
Εχίνος (ΙΔΕ)				
Μέση ξηρασία	2	25	-1,21	15,49
Σημαντική ξηρασία	0			
Ακραία ξηρασία	2	58	-2,30	69,40
273 - Ίασμος				
Μέση ξηρασία	2	17	-1,17	10,44
Σημαντική ξηρασία	2	52	-1,68	38,64
Ακραία ξηρασία	1	94	-2,65	136,66
274 - Αρίσβη				
Μέση ξηρασία	1	9	-1,06	3,73
Σημαντική ξηρασία	1	21	-1,92	19,46
Ακραία ξηρασία	1	137	-2,82	136,64
261 - Νίψα				
Μέση ξηρασία	2	19	-1,21	11,31
Σημαντική ξηρασία	1	41	-1,82	34,46
Ακραία ξηρασία	2	60	-0,26	76,58
266 - Κυπρίνος				
Μέση ξηρασία	0			
Σημαντική ξηρασία	2	24	-1,54	21,02
Ακραία ξηρασία	1	75	-2,37	89,41



Σχήμα 1.6. Μεταβολή του δείκτη SPI-24 για το υδατικό διαμέρισμα Υ.Δ. 12



Σχήμα 1.7α. Μεταβολή του δείκτη SPI-24 στους βροχομετρικούς σταθμούς



Σχήμα 1.7β. Μεταβολή του δείκτη SPI-24 στους βροχομετρικούς σταθμούς

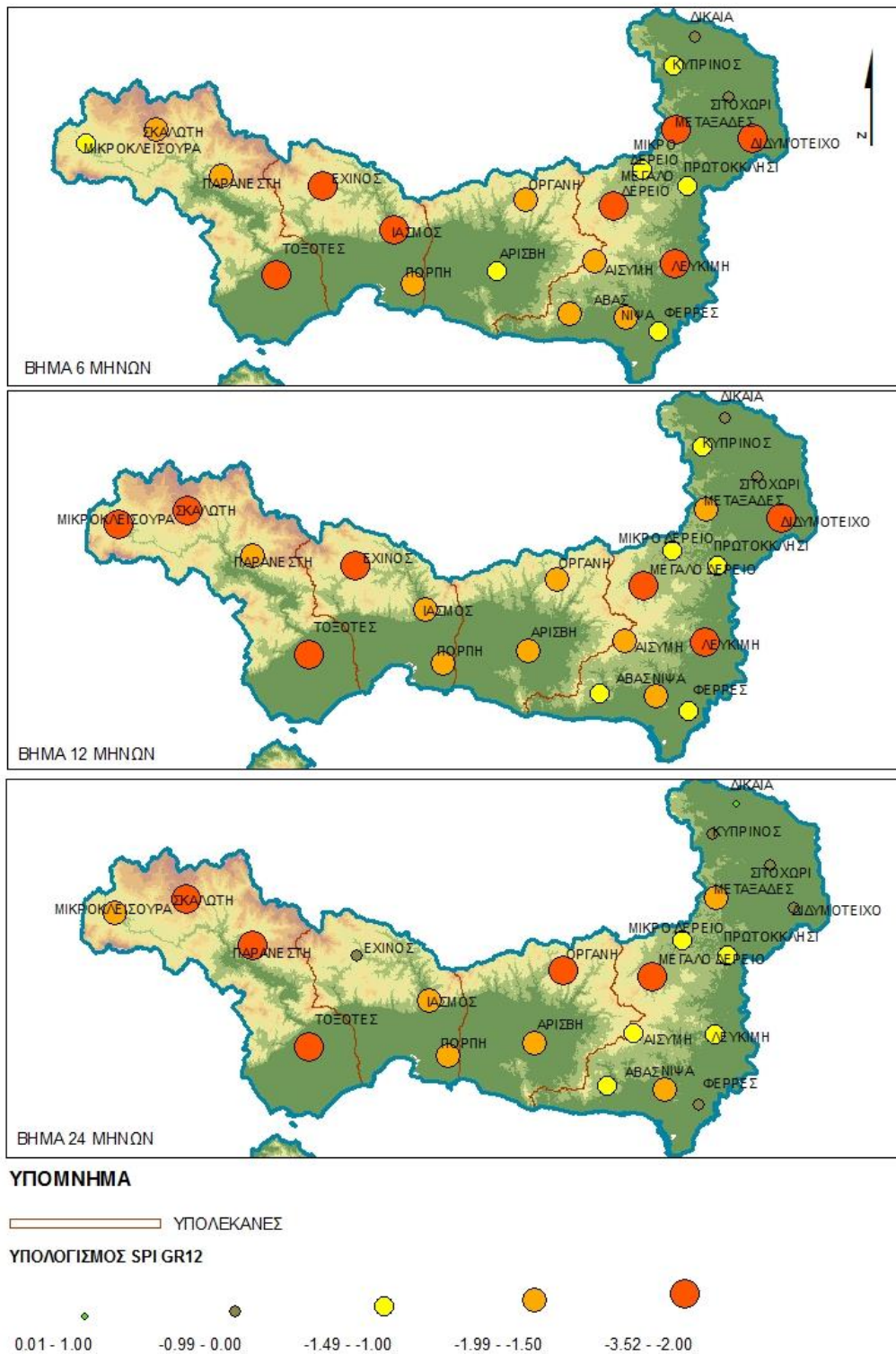
1.4.4 Σύγκριση των δεικτών

Η σύγκριση των τριών δεικτών SPI για το σύνολο του διαμερίσματος καταδεικνύει ότι όσο αυξάνει η χρονική κλίμακα υπολογισμού τα φαινόμενα ξηρασίας αυξάνουν σε μέγεθος και διάρκεια ενώ μειώνονται σε ένταση. Οι χρονικές περίοδοι εμφάνισης του φαινομένου συμπίπτουν, καθώς η αλληλουχία υγρών και ξηρών φαινομένων στις μικρές κλίμακες ενοποιείται σε μεγάλα διακριτά επεισόδια στις μεγάλες.

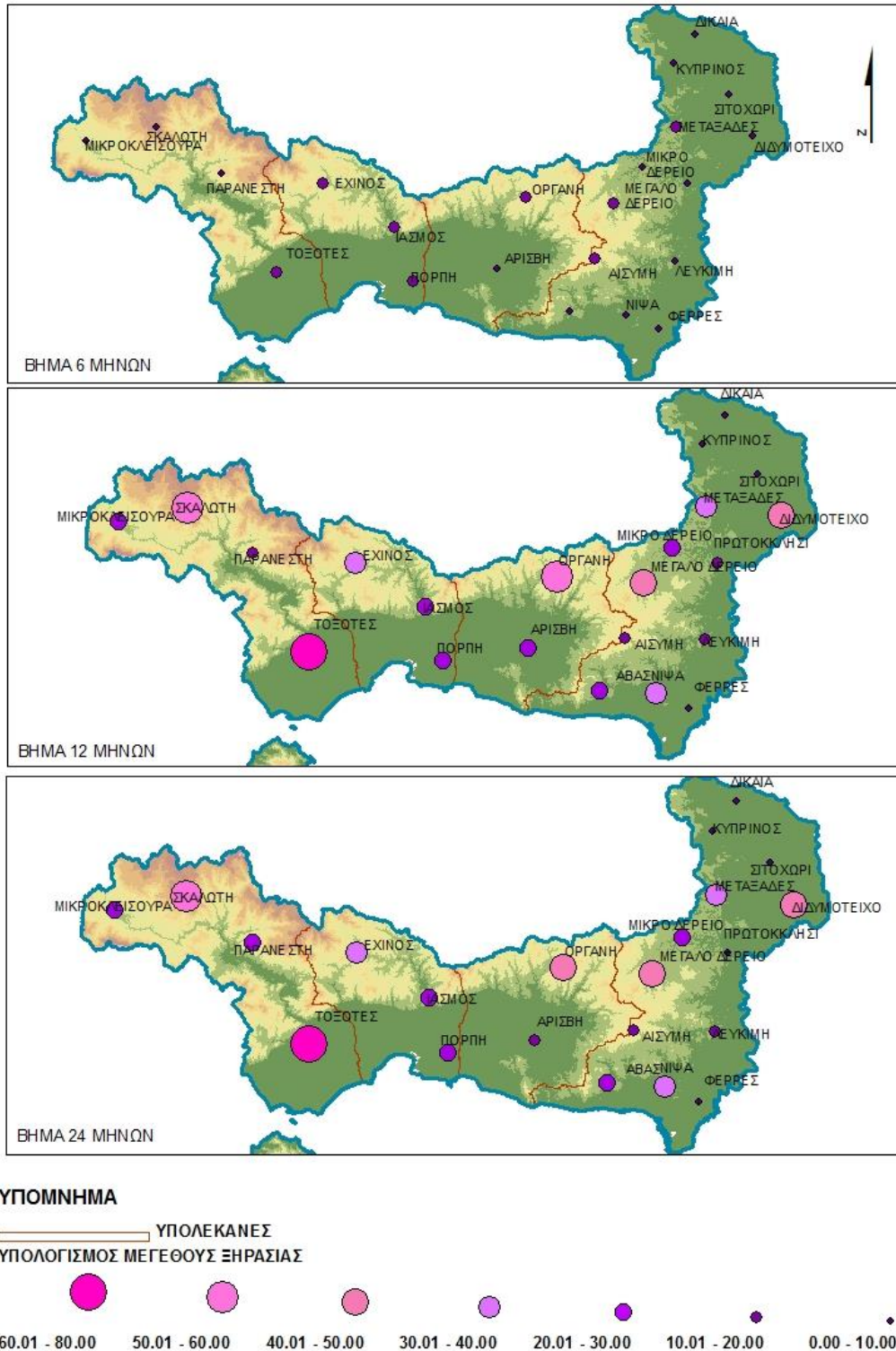
Σε σχέση με τη δυνατότητα συσχέτισης μεμονωμένων σταθμών με τη μέση χρονοσειρά SPI της λεκάνης παρατηρείται ότι υπάρχει ασάφεια τόσο σε μηνιαίες όσο και σε ετήσιες και υπερετήσιες κλίμακες. Μόνο για το σταθμό της Νίψας υπάρχουν κάποιες ενδείξεις προσέγγισης της μέσης έντασης για χρονικές κλίμακες μικρότερες του έτους, η οποία όμως δεν είναι τόσο ισχυρή στον SPI-12 όσο στον SPI-6, ενώ παύει να υπάρχει για τον SPI-24. Σημειώνεται πάντως ότι ο “αντιπροσωπευτικός” αυτός σταθμός είναι πεδινός, κάτι που αναμένεται λόγω του σχετικά χαμηλού μέσου υψομέτρου του υδατικού διαμερίσματος.

Από τους χάρτες χωρικής κατανομής των παραμέτρων SPI για τους βροχομετρικούς σταθμούς παρατηρείται ότι οι υψηλές εντάσεις εμφανίζονται περισσότερο στο κεντροδυτικό και ανατολικό τμήμα του ΥΔ, σε όλες τις χρονικές κλίμακες. Το φαινόμενο δεν είναι άμεσα ανησυχητικό σε εξάμηνη βάση καθώς εμφανίζεται κυρίως στις υπολεκάνες Έβρου και Νέστου, που διαθέτουν υπερεπαρκείς εισροές από τα βουλγαρικά τμήματα των ποταμών για την κάλυψη των αναγκών άρδευσης σε βραχυπρόθεσμες ξηρές περιόδους. Αντίστοιχα, στην υπολεκάνη Ξάνθης και Ξηρορέματος έχει δρομολογηθεί από το ΥΠΑΤ η κατασκευή του φράγματος Ιάσμου για την κάλυψη της αρδευτικής ζήτησης. Σε κλίμακα 24 μηνών το φαινόμενο εμφανίζεται κυρίως στα βόρεια ορεινά του διαμερίσματος. Το αποτέλεσμα αυτό ερμηνεύεται από τη γενικά πιο ομοιόμορφη χρονική κατανομή των βροχοπτώσεων στην περιοχή αυτή, που οδηγεί σε μικρότερη τιμή τυπικής απόκλισης και άρα σε μεγαλύτερη διακύμανση των τιμών γύρω από αυτή. Ανησυχητική είναι όμως η επίμονα υψηλή ένταση στο σταθμό Τοξότες, στην πεδιάδα του Νέστου, η οποία αντιστοιχεί σε ακραίες ξηρασίες σε όλες τις χρονικές κλίμακες και μάλιστα σε περιοχή με υψηλές καταναλώσεις νερού και εκτεταμένη γεωργία.

Το μέγεθος της ξηρασίας είναι αρκετά χαμηλό για τον SPI-6, ενώ για τους SPI-12 και SPI-24 είναι υψηλότερο, και μάλιστα συγκρίσιμο, παρότι αυξάνεται με την αύξηση της κλίμακας υπολογισμού. Το αποτέλεσμα αυτό οπτικοποιείται στο σχετικό χάρτη (Σχήμα 1.9) όπου, αν και διαφορετικά, τα μεγέθη ξηρασίας εμπίπτουν μέσα στις ίδιες κατηγορίες του υπομνήματος σχεδόν για όλους τους σταθμούς. Παρατηρείται ότι η λεκάνη GR08 δεν έχει ιδιαίτερα υψηλά μεγέθη ξηρασίας για κανένα δείκτη, σε αντίθεση με την εμφάνισή τους σε τμήματα όλων των άλλων λεκανών του Υ.Δ. Πάντως, οι υψηλές τιμές στις βραχυχρόνιες κλίμακες δε δημιουργούν άμεση ανησυχία, κατ’ αντιστοιχία με ότι αναφέρθηκε για την ένταση των φαινομένων στις λεκάνες αυτές. Πιο ανησυχητική είναι η επίμονη ξηρασία που εμφανίζεται στα ορεινά της λεκάνης GR09, αν και σημειώνεται σε περιοχή χωρίς ιδιαίτερες αρδευτικές ανάγκες και με άρα με χαμηλή κατανάλωση νερού.



Σχήμα 1.8. Ένταση φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 12 για διαφορετικές χρονικές κλίμακες



Σχήμα 1.9. Μέγεθος φαινόμενων ξηρασίας στο Υ.Δ. 12 για διαφορετικές χρονικές κλίμακες

2 Δείκτης λειψυδρίας και ζώνες τρωτότητας στο Υ.Δ. 12

2.1 Δείκτες εκμετάλλευσης υδάτων

2.1.1 Ο δείκτης WEI (Water Exploitation Index)

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση η επίτευξη του στόχου της βελτίωσης της αποδοτικότητας χρήσης των υδατικών πόρων μέσω αειφορικών πρακτικών κατανάλωσης, προωθείται διά της Οδηγίας – Πλαίσιο για τα Ύδατα (2000/60/EC) και του 6ου Προγράμματος Περιβαλλοντικών Δράσεων (Sixth Environment Action Programme). Οι ρυθμοί απόληψης των υδάτων πρέπει να εξασφαλίζουν την προστασία των υδατικών πόρων και των συνδεδόμενων με αυτούς οικοσυστημάτων. Στο πλαίσιο αυτό, ένας από τους παλαιότερους δείκτες που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή της πίεσης που ασκείται επί των υδατικών πόρων είναι ο δείκτης WEI (Water Exploitation Index – Δείκτης Εκμετάλλευσης Υδάτων).

Ο δείκτης εκμετάλλευσης υδάτων, αποκαλούμενος και δείκτης απολήψεων, σε μια χώρα ή μια λεκάνη απορροής, ορίζεται ως ο λόγος της μέσης ετήσιας απόληψης νερού για όλες τις χρήσεις προς τους μέσους ετήσιους (σε μακροπρόθεσμη βάση) διαθέσιμους υδατικούς πόρους. Περιγράφει επομένως το κατά πόσον η συνολική απόληψη νερού ασκεί πίεση στους υπάρχοντες υδατικούς πόρους, αναγνωρίζοντας εκείνες τις περιοχές που έχουν υψηλά ποσοστά απολήψεων σε σχέση με τους διαθέσιμους πόρους τους και κατά συνέπεια είναι υποκειμένες σε πιθανά προβλήματα έλλειψης υδατικών πόρων ή αλλιώς λειψυδρίας. Γενικά, οι μακροπρόθεσμα διαθέσιμοι υδατικοί πόροι προκύπτουν ως η διαφορά μεταξύ της μακροπρόθεσμης μέσης κατακρήμνισης μείον την μακροπρόθεσμη μέση εξατμισοδιαπνοή συν τις μακροπρόθεσμες μέσες εξωτερικές εισροές νερού (π.χ. από γειτονικές χώρες, ή σε επίπεδο λεκάνης απορροής από γειτονικές λεκάνες, κλπ.)

Σύμφωνα με τα διαθέσιμα βιβλιογραφικά δεδομένα, το όριο εκμετάλλευσης υδάτων (η τιμή του δείκτη) που διακρίνει μια περιοχή που δεν βρίσκεται υπό πίεση από μια η οποία πιέζεται υδατικά, βρίσκεται στο 20%. Με βάση αυτό το όριο, η σημαντική υδατική πίεση καθορίζεται για τιμές του δείκτη > 40%, που υποδεικνύει ισχυρό ανταγωνισμό για τους διαθέσιμους πόρους, αλλά όχι απαραίτητα την εμφάνιση συχνών κρίσεων διαθεσιμότητας νερού. Ορισμένοι ειδικοί πιστεύουν ότι το όριο του 40% είναι πολύ χαμηλό και ότι η χρήση των υδατικών πόρων μπορεί να ανέλθει και στο 60%. Άλλοι πάλι θεωρούν ότι τα οικοσυστήματα που υποστηρίζονται από το νερό δεν δύνανται να παραμείνουν υγιή εάν τα ύδατα της οικείας τους λεκάνης υπόκεινται σε εκμετάλλευση μεγαλύτερη από αυτήν που υποδεικνύει το όριο του WEI > 40% [22].

Πιο συγκεκριμένα, ο δείκτης εκμετάλλευσης υδάτων (WEI) υπολογίζεται για περίοδο τουλάχιστον 20ετίας σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού ως ο λόγος της συνολικής ετήσιας απόληψης νερού (Total Water Abstraction, TWA) προς τη μέση υπερετήσια διαθεσιμότητα WA (Long Term Average water resources Availability):

$$WEI = \frac{TWA}{WA(LTAA)}$$

Ο δείκτης αυτός όπως προαναφέρθηκε υπάρχει εδώ και πολλά χρόνια, ωστόσο δεν λαμβάνει υπ' όψη του τις ποσότητες νερού που απαιτούνται για την διατήρηση του περιβάλλοντος (ελάχιστες περιβαλλοντικές παροχές) ούτε και τις επιστροφές νερού στο σύστημα των υδατικών πόρων από τις διάφορες χρήσεις. Με βάση τον δείκτη καθορίστηκαν επίπεδα χαρακτηρισμού της υδατικής πίεσης ως εξής:

- για τιμές του WEI κάτω από 20%: δεν υπάρχει πίεση νερού (no water stress)
- για τιμές του WEI μεταξύ 20% και 40%: πίεση νερού (water stress)
- για τιμές του WEI άνω του 40% : σημαντική πίεση νερού (severe water stress)

2.1.2 Ο δείκτης WEI+

Ο δείκτης WEI σε κάποια τροποποιημένη μορφή (ονομαζόμενη WEI+) ώστε να λαμβάνει υπόψη και άλλους παράγοντες όπως αυτοί που αναφέρθηκαν παραπάνω, βρίσκεται υπό διαδικασία ενσωμάτωσης στο σχέδιο της σχετικής Οδηγίας της Ε.Ε. που θα καλύπτει την ευρωπαϊκή πολιτική σε θέματα αντιμετώπισης ξηρασιών και η οποία βρίσκεται ακόμα στο στάδιο επεξεργασίας. Στο πλαίσιο αυτό η μορφή του δείκτη WEI+ δεν έχει ακόμα οριστικοποιηθεί από το σχετικό working group στην Ε.Ε. Η τρέχουσα μορφή του είναι ο λόγος της συνολικής απόληψης νερού προς τους συνολικά διαθέσιμους πόρους σε συγκεκριμένο χρονικό βήμα (π.χ. ετήσιο):

$$WEI^+ = \frac{TWA}{RWA}$$

Όπου (ποσότητες παντού σε Hm³):

- 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 συστήματα (υπόγεια και επιφανειακά) στην περιοχή αναφοράς (π.χ. λεκάνη απορροής, περιοχή λεκάνης απορροής)
- RWA (Renewable Water Availability): Συνολική ανανεώσιμη ποσότητα νερού που είναι διαθέσιμη που εκφράζεται ως $RWA = D + I - WR + R$, όπου:
 - D (internal flow): Συνολική επιφανειακή και υπόγεια απορροή στην λεκάνη απορροής που εκφράζεται ως η διαφορά των κατακρημνίσεων με τη πραγματική εξατμισοδιαπνοή της λεκάνης απορροής.
 - I (external inflow): Συνολική απορροή που εισέρχεται από γειτονικές λεκάνες (επιφανειακά ή υπόγεια) ή και αφαλάτωση, που συνεισφέρουν στο υδατικό δυναμικό (αρνητική για εκροές προς γειτονικές λεκάνες).
 - WR (water requirements): Απαιτούμενος όγκος νερού για διατήρηση της καλής κατάστασης των υδάτινων σωμάτων σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ, την ναυσιπλοΐα, καθώς και για την εκπλήρωση διεθνών συνθηκών.
 - R (returned water): Όγκος επιστροφών νερού που επιστρέφουν στο συνολικό σύστημα (π.χ. νερό που χρησιμοποιείται για ψύξη στη βιομηχανία – cooling water, νερό για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, νερό από επεξεργασμένα λύματα κ.λ.π.)

Ο δείκτης αυτός αποτελεί μια βελτίωση του WEI με στόχο να ληφθεί υπόψη η απαιτούμενη ποσότητα νερού για την προστασία του περιβάλλοντος καθώς και οι επιστροφές νερού που μπορεί να είναι σημαντικές σε ορισμένες περιπτώσεις, π.χ. νερά ψύξης θερμοηλεκτρικών σταθμών.

Βρίσκεται υπό συζήτηση στην σχετική ομάδα εργασίας εάν θα πρέπει να στις απολήψεις να λαμβάνεται υπόψη και η κατανάλωση νερού για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας. Στην παρούσα εφαρμογή, δεν λαμβάνεται υπόψη, εφ' όσον η παραγωγή ενέργειας δεν αποτελεί καταναλωτική χρήση.

Σημασία για την προσμέτρηση της επιστροφής νερού έχει η δυνατότητα αξιοποίησής του. Έτσι, εάν καταλήγει στην λεκάνη κοντά στις εκβολές η δυνατότητα αξιοποίησης είναι περιορισμένη και δεν θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Επίσης, σημαντική και είναι η υστέρηση χρόνου για την επιστροφή του έναντι της απόληψης, οπότε αυτή θα πρέπει να λαμβάνεται κατά περίπτωση κατάλληλα υπόψη, ανάλογα με το χρονικό βήμα εφαρμογής.

Τέλος, η ποιότητα του νερού μπορεί να το καθιστά ακατάλληλο για ορισμένες χρήσεις – η τάση είναι όμως να αγνοηθεί αυτό.

Ο χειρισμός των επιστροφών στο σύστημα υδατικών πόρων είναι αμφισβητούμενος. Σύμφωνα με τον Τεχνικό Σύμβουλο της Υπηρεσίας κρίνεται ορθότερη η αφαίρεση της επιστροφής από τον αριθμητή ώστε να απομένει η τελικά αξιοποιούμενη ποσότητα νερού, οπότε ο δείκτης θα είναι:

$$WEI^+ = \frac{TWA - R}{D + I - WR}$$

Το χρονικό βήμα υπολογισμού του δείκτη βρίσκεται επίσης υπό συζήτηση. Θα πρέπει να σημειωθεί ακόμα ότι για την πληρότητα του δείκτη συζητείται ότι θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη και η αποθήκευση νερού που γίνεται:

- στους ταμιευτήρες και τις λίμνες
- στα υπόγεια νερά, και
- στο χιόνι

Κατά συνέπεια, εκτιμάται ότι το ελάχιστο χρονικό διάστημα για το οποίο μπορεί να υπολογίζεται με σχετική αξιοπιστία ο δείκτης είναι το έτος, ενώ βέλτιστη θα ήταν η Ζετία. Είναι δε σκόπιμος ο υπολογισμός του σε επίπεδο υδρολογικού έτους παρά σε ημερολογιακή βάση.

Τέλος, για τον υπολογισμό της περιβαλλοντικής παροχής θα έπρεπε να υπάρχει, για τις διάφορες κατηγορίες ποταμών, συσχετισμός της απορροής με την οικολογική τους κατάσταση, κάτι που δεν έχει γίνει. Στην διεθνή βιβλιογραφία και πρακτική, έχουν προταθεί πάρα πολλές μέθοδοι που αποπειρώνται να εκτιμήσουν βάσει υδρολογικών δεδομένων, υδραυλικών χαρακτηριστικών της ποτάμιας ροής, οικολογικών χαρακτηριστικών και κατάστασης των ενδιαιτημάτων ή και όλα τα παραπάνω ταυτοχρόνως, τις απαραίτητες ελάχιστες περιβαλλοντικές παροχές για την διατήρηση των ποτάμιων και λιμναίων οικοσυστημάτων. Ωστόσο, καμία μεθοδολογία δεν έχει επικρατήσει ως γενικής εφαρμογής, ούτε και κατά περιοχές.

Σύμφωνα με το πνεύμα της Ο.Π.Υ., δεν απαιτείται ουσιαστικά η εφαρμογή μιας *ad hoc* μεθοδολογίας εφ' όσον η ελάχιστη περιβαλλοντική παροχή είναι σε κάθε περίπτωση εκείνη που εξασφαλίζει την διατήρηση της καλής οικολογικής κατάστασης που είναι και ο γενικός στόχος ο οποίος τίθεται για όλα τα επιφανειακά υδατικά συστήματα. Ωστόσο, η διαπίστωση αυτή θα γίνει μόνον αφού αποκτηθούν υψηλής ποιότητας και σε βάθος χρόνου αποτελέσματα από το πρόγραμμα παρακολούθησης.

Στο μεταξύ, για τους σκοπούς του παρόντος, η ελάχιστη περιβαλλοντική παροχή υπολογίστηκε ανά λεκάνη απορροής με βάση την ακόλουθη ιεραρχία βημάτων:

- Όταν έχει καθορισθεί ελάχιστη περιβαλλοντική παροχή για μια λεκάνη απορροής με έγκριση περιβαλλοντικών όρων, η προτεινόμενη παροχή υιοθετείται (ως ετήσια ποσότητα). Αυτό είναι απαραίτητο και για την συνέπεια σε σχέση με άλλους τομείς των Σχεδίων Διαχείρισης της Ο.Π.Υ. όπου οι θεσμοθετημένες περιβαλλοντικές παροχές λαμβάνονται υπ' όψη σε διάφορες διαδικασίες.
- Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση που υπάρχει προτεινόμενη περιβαλλοντική παροχή μέσω τεκμηριωμένης μελέτης, η οποία βρίσκεται ακόμα στο στάδιο της περιβαλλοντικής αδειοδότησης.

- Σε περιπτώσεις όπου η προτεινόμενη ή θεσμοθετημένη μέσω περιβαλλοντικών όρων περιβαλλοντική παροχή καλύπτει τμήμα μόνον της λεκάνης απορροής (π.χ. την υπολεκάνη που αφορά στο έργο ή την δραστηριότητα για την οποία έχουν εκδοθεί Π.Ο.) τότε η περιβαλλοντική παροχή για το σύνολο της λεκάνης εκτιμάται εξ αναγωγής από την υπολεκάνη στο σύνολο της λεκάνης.

Τέλος, όπου τα παραπάνω δεν εφαρμόζονται διότι δεν έχει προσδιορισθεί ή προταθεί περιβαλλοντική παροχή για την λεκάνη ή τμήμα αυτής, ή σε περιπτώσεις όπου δεν είναι δυνατή η εξ αναγωγής εκτίμηση (όπως στις λεκάνες των μεγάλων διασυνοριακών ποταμών του Στρυμόνα και του Έβρου), για την εκτίμηση της περιβαλλοντικής παροχής αξιοποιείται η εκτίμηση που προκύπτει από το σύστημα κριτηρίων για τις απολήψεις που έχει αναπτυχθεί για τα Υ.Δ. Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης στο πλαίσιο του παρόντος έργου κατάρτισης των Σχεδίων Διαχείρισης των Υ.Δ.

Το σύστημα κριτηρίων για τις απολήψεις συνδέει το επίπεδο απολήψεων από επιφανειακά νερά με την οικολογική κατάσταση, στο πνεύμα της Ο.Π.Υ. όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Ωστόσο, στην παρούσα φάση το σύστημα αυτό έχει αναπτυχθεί βάσει μόνον ποσοτικών κριτηρίων χωρίς την απαραίτητη συσχέτιση με τις μετρήσεις βιολογικών στοιχείων ποιότητας ώστε να καταστεί δυνατή η βαθμονόμησή του με βάση πραγματικά δεδομένα οικολογικής ποιότητας, κάτι που προτείνεται να γίνει στο μέλλον, μόλις συγκεντρωθούν τα αναγκαία δεδομένα από το πρόγραμμα παρακολούθησης. Ωστόσο, στην παρούσα φάση, αποτελεί μια έστω και μερική προσέγγιση του προβλήματος η οποία μπορεί να βελτιωθεί στο μέλλον.

Το σύστημα κριτηρίων για τις απολήψεις έχει περιγραφεί αναλυτικά στο Τεύχος 13 της Ενδιάμεσης Φάσης 1 του παρόντος έργου. Για λόγους πληρότητας της παρουσίασης του παρόντος τεύχους, παρατίθενται εδώ συνοπτικά ορισμένες βασικές πληροφορίες περί αυτού. Για περισσότερες λεπτομέρειες, ο αναγνώστης παραπέμπεται στο παραπάνω παραδοτέο του έργου.

Για τον προσδιορισμό των κριτηρίων αναφοράς των υδρομορφολογικών αλλοιώσεων σε ό,τι αφορά τα επίπεδα της ροής των ποτάμιων ΥΣ, αναπτύχθηκε ένα σύστημα ταξινόμησης βασισμένο στο επίπεδο των απολήψεων από ένα ποτάμιο ΥΣ ως ποσοστό της μέσης ετήσιας απορροής (% ΜΕΑ), κατάλληλα «μεταφρασμένο» ώστε να αντικατοπτρίζει το γεγονός ότι οι απολήψεις λαμβάνουν χώρα σχεδόν αποκλειστικά κατά το θερινό πεντάμηνο του έτους το οποίο θεωρήθηκε ότι καλύπτει τους μήνες Μάϊο – Σεπτέμβριο (ώστε να συμπίπτει με την περίοδο της άρδευσης που συνιστά και την μεγαλύτερη χρήση ύδατος και υπεύθυνη για την συντριπτική πλειοψηφία των απευθείας απολήψεων από ποτάμια ΥΣ στην περιοχή μελέτης).

Η ανάπτυξη των κριτηρίων στηρίχθηκε αποκλειστικά σε μακρόχρονες και συστηματικές μετρήσεις παροχής (χρονοσειρές μηνιαίων παροχών που έχουν προκύψει από κανονικές υδρομετρικές παρατηρήσεις μέσω ημερήσιων παροχών) σε όλες τις θέσεις που κατέστη δυνατόν να ανευρεθούν τόσο στο ΥΔ 11 όσο και στο ΥΔ 12. Δεν λαμβάνονται δηλαδή υπ' όψη στοιχεία που βασίζονται σε άμεσες ή έμμεσες εκτιμήσεις των μέσων μηνιαίων απορροών ή της διακύμανσης της απορροής εντός του έτους.

Από τα δεδομένα παροχών σε 12 θέσεις και στα δύο Υ.Δ. προσδιορίστηκε η Μέση Ετήσια Απορροή (ΜΕΑ) και η απορροή του θερινού πενταμήνου Μαΐου – Σεπτεμβρίου (στο εξής αποκαλούμενη Μέση Θερινή Απορροή, ΜΘΑ). Κατόπιν εξήχθη ο λόγος της ΜΘΑ προς την ΜΕΑ. Η ανάλυση έδειξε ότι:

- Η ΜΘΑ ως ποσοστό της ΜΕΑ κυμαίνεται από περίπου <10% έως < 35%.

- Δεν υπάρχει σαφής σχέση μεταξύ τύπων ποτάμιων υδάτινων σωμάτων και ΜΘΑ ως ποσοστού ΜΕΑ. Αυτό οφείλεται αφ' ενός στο γεγονός ότι πολλοί παράγοντες συντελούν στην διαμόρφωση της ΜΘΑ, όπως τήξη χιονιών (σε ορεινά υδατορεύματα), ύπαρξη ή μη πηγών τροφοδοσίας, γεωλογικό υπόβαθρο κ.α. και αφ' ετέρου στο γεγονός ότι ο τύπος ποτάμιων ΥΣ «μεσαίας απορροής» (Nm[xx]) περικλείει πολύ μεγάλο εύρος τιμών ετήσιας απορροής (από 100 – 2.000 hm³/έτος).
- Για την εξαγωγή κριτηρίων πρέπει τα υδατορεύματα να διαχωριστούν σε «κλάσεις» του λόγου ΜΘΑ/ΜΕΑ. Κατόπιν οι διάφοροι τύποι πρέπει να αντιστοιχηθούν σε αυτές με ποιοτικά κριτήρια (περιγραφικά του υδατικού καθεστώτος). Εναλλακτική λύση δεν υφίσταται, κυρίως λόγω του μεγάλου εύρους φυσικών συνθηκών και ποτάμιων χαρακτηριστικών που καλύπτουν οι τύποι Nm[xx].
- Οι «κλάσεις» λόγου ΜΘΑ/ΜΕΑ προτείνεται να είναι τέσσερις, οι εξής: (α) κλάση «33%» (λόγοι ΜΘΑ/ΜΕΑ από 30% και άνω), (β) κλάση «25%» (λόγοι ΜΘΑ/ΜΕΑ 20%-30%), (γ) κλάση «15%» (λόγοι ΜΘΑ/ΜΕΑ από 10%-20%) και (δ) κλάση «10%» (λόγοι ΜΘΑ/ΜΕΑ έως 10%).

Οι δύο πρώτες κλάσεις λόγου ΜΘΑ/ΜΕΑ (33% και 25%) αντιστοιχούν πρακτικά στα περισσότερα ποτάμια μόνιμης ροής με μεσαίου και μεγάλου μεγέθους απορροή. Με άλλα λόγια σε όλα τα υδατορεύματα πλην των ρεμάτων περιοδικής ροής και εκείνων που βρίσκονται σε υδρολογικό περιβάλλον που δεν ευνοεί την ανάπτυξη σοβαρής απορροής, είτε λόγω περιορισμένων βροχοπτώσεων, είτε λόγω γεωγραφικού κατακερματισμού που δεν επιτρέπει την δημιουργία ικανής έκτασης λεκάνης απορροής, είτε λόγω της ύπαρξης ιδιαίτερος περατού γεωλογικού υποβάθρου. Αυτές οι τελευταίες κατηγορίες εκπροσωπούνται από τις κλάσεις ΜΘΑ/ΜΕΑ 15% και 10%. Τα υδατορεύματα της κλάσης 15% κατά κανόνα εμφανίζουν ελάχιστες θερινές απορροές χωρίς όμως να στερεύουν εντελώς ακόμα και σε ξηρές χρονιές. Τα υδατορεύματα της κλάσης 10% μπορεί να είναι είτε περιοδικής ροής (να στερεύουν για μέρος της ξηρής περιόδου) είτε μόνιμης ροής αλλά με μεγάλες πιθανότητες να στερεύουν σε ξηρές υδρολογικές χρονιές.

Ως βάση για την ανάπτυξη του συστήματος κριτηρίων υιοθετήθηκαν σε πρώτο στάδιο όρια μεταξύ των κατατάξεων από «υψηλή» έως «κακή» κατάσταση, εκπεφρασμένα σε ποσοστό της ΜΕΑ που λαμβάνεται από το ποτάμιο ΥΣ. Τα αρχικά όρια προέκυψαν από εξέταση παρόμοιων συστημάτων κριτηρίων για τις απολήψεις που έχουν αναπτυχθεί σε άλλες χώρες κατά την εφαρμογή της ΟΠΥ (ιδίως αυτά της Μ. Βρετανίας) μετά από τροποποίηση για την εφαρμογή στον ελληνικό χώρο. Τα όρια μεταξύ «ελλιπούς» και «κακής» κατάστασης εξειδικεύονται περαιτέρω μέσω μιας θεώρησης για την ελάχιστη αποδεκτή παροχή, όπως αναφέρεται στα επόμενα.

Κατόπιν, επειδή τα κριτήρια των άλλων χωρών διατυπώνονται σε ετήσια βάση, αφού η εποχιακότητα των απορροών δεν εμφανίζεται με τόσο έκδηλο τρόπο στο υδατικό καθεστώς των χωρών αυτών, τα αρχικά αυτά όρια έπρεπε να τροποποιηθούν περαιτέρω ώστε να «μεταφραστούν» στο καθεστώς έντονης εποχιακότητας που διέπει, σε διαφορετικές αλλά πάντως σημαντικές σε κάθε περίπτωση κλίμακες, το υδατικό καθεστώς των ελληνικών ποταμών.

Η τροποποίηση αυτή έγινε δεχόμενοι ότι τα αρχικά όρια μεταξύ των κατατάξεων αφορούν την μέση ετήσια απορροή των υδατορευμάτων (δηλ. το 100% της απορροής). Κατόπιν οι απολήψεις ως % ΜΕΑ που συνιστούν τα αρχικά όρια μεταξύ των καταστάσεων ποιότητας τροποποιούνται ως ακολούθως:

$$\% \text{ΜΕΑ (τροπ.)} = [\% \text{ΜΕΑ (αρχικ.)}] \times [\text{κλάση ΜΘΑ/ΜΕΑ}] / n$$

όπου: %ΜΕΑ (τροπ.) = τροποποιημένο ποσοστό απόληψης, %ΜΕΑ (αρχικ.) = αρχικό ποσοστό απόληψης, κλάση ΜΘΑ/ΜΕΑ = μία εκ των κλάσεων 33%, 25%, 15% και 10% και n = παράμετρος.

Η παράμετρος n αποτελεί ένα ρυθμιστικό παράγοντα εξισορόπησης για όλες τις κλάσεις ΜΘΑ/ΜΕΑ. Η τιμή της ρυθμίζεται λαμβάνοντας υπ' όψη κάθε κλάση ΜΘΑ/ΜΕΑ και όλα τα υδατορεύματα του διαθέσιμου δείγματος που συμμετέχουν στην κλάση. Για τα υδατορεύματα των Υ.Δ. 11 και 12 που εξετάστηκαν εδώ, $n = 0,6724$.

Για την ολοκλήρωση της κλίμακας των ποσοστιαίων απολήψεων γίνεται η συμπληρωματική θεώρηση ότι σε κάθε υδατόρευμα η ελάχιστη αποδεκτή παραμένουσα απορροή (ΕΠΑ) είναι το 10% της ΜΕΑ (για τις κλάσεις ΜΘΑ/ΜΕΑ 33% και 25%) και 5% ΜΕΑ (για τις κλάσεις ΜΘΑ/ΜΕΑ 15% και 10%). Τα ποσοστά αυτά συνήθως λαμβάνονται σε διεθνές επίπεδο ως μια προσέγγιση της περιβαλλοντικής παροχής. Ωστόσο εδώ υπέχουν νόημα ενός ελάχιστου αποδεκτού ορίου ώστε το σύστημα κριτηρίων να μην επιτρέπει την πλήρη απόληψη της διαθέσιμης απορροής. Η ποσότητα αυτή δεν πρέπει να θεωρείται ως περιβαλλοντική παροχή αφού σύμφωνα με το πνεύμα της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, η περιβαλλοντική παροχή θα είναι πάντα αυτή που επιτρέπει την επίτευξη της «καλής» οικολογικής κατάστασης σε κάθε ποτάμιο ΥΣ.

Απολήψεις που αφήνουν ως παραμένουσα παροχή ποσότητες μικρότερες από αυτά τα ελάχιστα αποδεκτά όρια, οδηγούν σε χαρακτηρισμό της κατάστασης ως «κακής». Το ποσοστό απολήψεων που ορίζεται εμμέσως από την ελάχιστη αποδεκτή απορροή συνιστά επομένως το όριο μεταξύ των καταστάσεων «κακή» και «ελλιπής». Το όριο μεταξύ της «ελλιπούς» και της «μέτριας» κατάστασης καθορίζεται κατόπιν ως εξής:

$$\text{Min} \{[\text{κλάση ΜΘΑ/ΜΕΑ}] - [\% \text{ελάχιστης αποδεκτής απορροής για την κλάση ΜΘΑ/ΜΕΑ}], [\% \text{ΜΕΑ (αρχικ.)}] \times [\text{κλάση ΜΘΑ/ΜΕΑ}] / n\}$$

Η εφαρμογή των παραπάνω έδωσε τα όρια ποσοστών απολήψεων (ως % ΜΕΑ) μεταξύ των πέντε καταστάσεων (από «υψηλή» έως «κακή») που φαίνονται στον Πίνακα 2.1 παρακάτω.

Με βάση το σύστημα αυτό, η περιβαλλοντική παροχή εκτιμάται αφαιρώντας την ποσότητα που αντιστοιχεί στις μέγιστες δυνατές απολήψεις προκειμένου να διατηρείται η καλή οικολογική κατάσταση από την διαθέσιμη θερινή απορροή (το σύστημα θεωρεί ότι όλες οι απολήψεις λαμβάνουν χώρα κατά το θερινό πεντάμηνο Μαΐου – Σεπτεμβρίου). Το αποτέλεσμα λαμβάνεται ως μια πρώτη εκτίμηση της απαιτούμενης περιβαλλοντικής παροχής, προκειμένου να υπολογισθεί ο δείκτης WEI.

2.2 Ο δείκτης WEI^{GR}

Με βάση όλα τα προαναφερθέντα, η Υπηρεσία μέσω του Τ.Σ. του παρόντος έργου και λαμβάνοντας υπόψη ότι στην Ελλάδα οι επιστροφές νερού στις λεκάνες απορροής είναι μάλλον περιορισμένες, προτείνει την εφαρμογή ενός μικτού δείκτη που βασίζεται στον WEI λαμβάνοντας όμως υπόψη την περιβαλλοντική παροχή:

$$WEI^{GR} = \frac{TWA}{D + I - WR}$$

όπου: όλες οι ποσότητες είναι σε Hm^3 και έχουν ορισθεί στα προηγούμενα.

Ο δείκτης αυτός θα εφαρμοστεί με τα μέσα υπερετήσια υδρολογικά στοιχεία προσφοράς νερού ανά διαχειριστική λεκάνη απορροής. Η απόληψη νερού θα βασισθεί στις εκτιμήσεις που έγιναν στο πλαίσιο του παρόντος έργου και αφορούν στο έτος 2007 για την άρδευση (Απογραφή Γεωργίας-Κτηνοτροφίας, 2007) και στο έτος 2010 για όλες τις λοιπές χρήσεις (ύδρευση, τουρισμός, βιομηχανία, κλπ.) βάσει εκτιμήσεων και καταγραφών στο πλαίσιο κατάρτισης του Σχεδίου Διαχείρισης των Υ.Δ. Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Διαθέσιμα υδρολογικά δεδομένα για το σκέλος της προσφοράς νερού, υπάρχουν στις προηγούμενες διαχειριστικές μελέτες του Υπουργείου Βιομηχανίας και Ανάπτυξης καθώς και στην υποστήριξη της κατάρτισης Εθνικού Προγράμματος Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων (Κουτσογιάννης κ.α, 2008), στο πλαίσιο του έργου Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων.

Ο δείκτης αυτός, εφαρμοζόμενος σε επίπεδο λεκάνης απορροής σε όλα τα Υ.Δ., θα επιτρέψει την σύγκριση του βαθμού πίεσης μεταξύ τους. Μετά από την εφαρμογή του δείκτη σε όλες τις λεκάνες απορροής θα συγκεντρωθούν σε ενιαίο πίνακα με βάση τον οποίο θα προκύψει η διαβάθμιση των επιπέδων εγρήγορσης. Σε λεκάνες απορροής όπου οι τιμές του δείκτη είναι υψηλές (προφανώς εκεί και το ισοζύγιο θα είναι επισφαλές, τουλάχιστον κατά τις ξηρές περιόδους), θα πρέπει να προταθούν κατάλληλα μέτρα. Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς τους θα πρέπει να εκτιμηθούν οι τιμές του δείκτη WEI^{GR} και μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων μέτρων.

Πίνακας 2.1. Χαρακτηρισμός κατάστασης ποτάμιων ΥΣ σε σχέση με τις απολήψεις (ως % της ΜΕΑ)

	Κλάση ΜΘΑ/ΜΕΑ							
	33%		25%		15%		10%	
Κατάσταση ΥΣ	Απολήψεις (% ΜΕΑ)							
	από	έως	από	έως	από	έως	από	έως
Υψηλή	0%	5%	0%	4%	0%	2%	0%	1%
Καλή	5%	12%	4%	9%	2%	5%	1%	4%
Μέτρια	12%	23%	9%	15%	5%	10%	4%	5%
Ελλιπής ή Κακή	> 23%		> 15%		> 10%		> 5%	

ΜΕΑ: Μέση Ετήσια Απορροή

ΜΘΑ: Μέση Θερινή Απορροή (Μάιος - Σεπτέμβριος)

Οι απολήψεις θεωρείται ότι λαμβάνουν χώρα μεταξύ 1^{ης} Μαΐου και 30^{ης} Σεπτεμβρίου

Σημειώσεις:

Στις κλάσεις ΜΘΑ/ΜΕΑ 33% και 25% για τον καθορισμό του ορίου μέτριας / ελλιπούς κατάστασης έχει θεωρηθεί ελάχιστη παραμένουσα παροχή 10% ΜΕΑ

Στις κλάσεις ΜΘΑ/ΜΕΑ 15% και 10% για τον καθορισμό του ορίου μέτριας / ελλιπούς κατάστασης έχει θεωρηθεί ελάχιστη παραμένουσα παροχή 5% ΜΕΑ

Η διάκριση μεταξύ ελλιπούς και κακής κατάστασης εξαρτάται από το εάν οι απολήψεις εξασφαλίζουν ή όχι την θεωρηθείσα ελάχιστη παραμένουσα παροχή για την συγκεκριμένη κλάση ΜΘΑ/ΜΕΑ.

Η ελάχιστη παραμένουσα παροχή ΔΕΝ ταυτίζεται με την «ελάχιστη περιβαλλοντική παροχή» αλλά αποτελεί ένα απόλυτο κάτω όριο. Ως «περιβαλλοντική παροχή» θεωρείται αυτή που εξασφαλίζει την διατήρηση της καλής οικολογικής κατάστασης.

2.3 Δεδομένα υπολογισμού του δείκτη WEI^{GR} στο Υ.Δ. 12

2.3.1 Λεκάνες υπολογισμού

Σύμφωνα με το διαχωρισμό της ελληνικής επικράτειας σε 45 λεκάνες απορροής από την Ε.Ε.Υ. το διαμέρισμα Υ.Δ. 12 αποτελείται από τις υπολεκάνες GR07 (Νέστου), GR08 (ρεμάτων Ξάνθης και Ξηρορέματος), GR09 (ρεμάτων Κομοτηνής και Λουτρού Έβρου), GR10 (Έβρου) και GR42 (Θάσου και Σαμοθράκης). Έτσι ο υπολογισμός του WEI^{GR} έγινε για καθεμία από τις υπολεκάνες αυτές.

2.3.2 Προσφορά νερού

Η προσφορά νερού ανά υπολεκάνη υπολογισμού ελήφθη από τρεις διαφορετικές πηγές. Για την GR42 χρησιμοποιήθηκε ο Πίνακας 12.4, σελ. 519 του “Εθνικού Προγράμματος Διαχείρισης και Προστασίας Υδατικών Πόρων”, το οποίο εκπονήθηκε από τον Τομέα Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλασσίων Έργων του ΕΜΠ το 2008 [24], καθώς δίνει πιο αντιπροσωπευτική εκτίμηση από τις άλλες πηγές και λαμβάνει υπόψη και τα υπόγεια αποθέματα των νησιών. Για τις υπόλοιπες υπολεκάνες χρησιμοποιήθηκαν, για το επιφανειακό δυναμικό, μεγέθη από το τεύχος ΠΓ01, Τόμος V, “Ανάπτυξη διαχειριστικού ομοιώματος υδατικών πόρων, εφαρμογή για την παρούσα κατάσταση” της διαχειριστικής μελέτης ΥΠΑΝ [33]. Για την εκτίμηση του υπόγειου δυναμικού χρησιμοποιήθηκε το Τεύχος “Εκθεση επισκόπησης ζητημάτων διαχείρισης” του παρόντος έργου [34].

2.3.3 Ζήτηση νερού

Η ζήτηση νερού στο Υ.Δ. 12 ανέρχεται σε 864,21 hm³ και καλύπτει τις ανάγκες άρδευσης, ύδρευσης, βιομηχανίας, κτηνοτροφίας και τουρισμού. Η άρδευση αποτελεί το μεγαλύτερο καταναλωτή νερού, καθώς απορροφά το 91,7% περίπου των συνολικών απολήψεων. Τα στοιχεία ζήτησης για τις διάφορες χρήσεις προέκυψαν από το Τεύχος 8 “Ανάλυση ανθρωπογενών πιέσεων και των επιπτώσεών τους στα επιφανειακά και υπόγεια υδάτινα οικοσυστήματα”, που εκπονήθηκε στα πλαίσια του παρόντος έργου, καθώς περιέχει επικαιροποιημένα στοιχεία σε σχέση με τα διαθέσιμα κατά την εκπόνηση του σχεδίου διαχείρισης το 2006 [35].

Η ζήτηση άρδευσης βασίστηκε στην απογραφή καλλιεργειών του 2007, ενώ η ζήτηση για ύδρευση, βιομηχανικές χρήσεις και ικανοποίηση τουριστικών αναγκών εκτιμήθηκε με έτος αναφορά το 2010.

Η κτηνοτροφία καλύπτει μικρό ποσοστό των συνολικών απολήψεων, της τάξης του 0,8%, σύμφωνα με την πλέον πρόσφατη εκτίμησή της από το “Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας Υδατικών Πόρων”, ΕΜΠ 2008, Παράγραφος 12.3.2 [24].

Το σύνολο των αναγκών νερού ανά υπολεκάνη αποτελεί το μέγεθος TWR που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό.

2.3.4 Περιβαλλοντικές παροχές

Οι απαιτούμενες περιβαλλοντικές παροχές, που προσδιορίζουν τον όγκο WR, υπολογίστηκαν ανά λεκάνη απορροής με βάση τη μεθοδολογία που περιγράφεται στην Παράγραφο 2.1.2 του παρόντος τεύχους. Ειδικότερα, τόσο ο Νέστος όσο και ο Έβρος κατατάσσονται στην κλάση 33%, με το λόγο ΜΕΑ/ΜΘΑ να ισούται με 32% και 33% αντίστοιχα. Θεωρήθηκε ότι οι μέγιστες απολήψεις μπορούν να φτάσουν το άνω φράγμα του 12% ΜΕΑ με το υδάτινο σώμα να παραμένει σε καλή κατάσταση, και τελικά η απαιτούμενη περιβαλλοντική παροχή προσδιορίστηκε ως $WR = MΘΑ - 0,12 \times MΕΑ$.

Αντίστοιχα, η υπολεκάνη Θάσου και Σαμοθράκης κατατάσσεται στην κλάση 10%. Ο λόγος ΜΕΑ/ΜΘΑ ισούται με 10% και οι μέγιστες απολήψεις ανέρχονται σε 4% της ΜΕΑ, τελικά λοιπόν η απαιτούμενη περιβαλλοντική παροχή προσδιορίστηκε ως $WR = ΜΘΑ - 0,04 \times ΜΕΑ$. Πρέπει πάντως εκ νέου να σημειωθεί ότι οι τιμές αυτές αφορούν μόνο σε μια πρώτη εκτίμηση των αναγκαίων περιβαλλοντικών παροχών για τον υπολογισμό του δείκτη WEI^{GR} και δε συνεπάγονται απαραίτητως τη διατήρηση ή μη του υδάτινου σώματος σε καλή κατάσταση.

Για την υπολεκάνη ρεμάτων Ξάνθης και Ξηρορέματος χρησιμοποιήθηκε η προτεινόμενη περιβαλλοντική παροχή των Π.Ο. του φράγματος Ιάσμου Ροδόπης, όπως αναφέρεται στη σελ. 48, Τεύχος 11, "Καθορισμός περιβαλλοντικών στόχων, περιλαμβανομένων των εξαιρέσεων από την επίτευξη των στόχων" του παρόντος έργου [35]. Η περιβαλλοντική παροχή της υπολεκάνης ρ. Κομοτηνής και Λουτρού Έβρου τέλος ελήφθη εξ' αναγωγής από τους εγκεκριμένους Π.Ο. του φράγματος Ιασίου Ροδόπης, σελ. 45 ό.π. [35] για το διαθέσιμο υδατικό δυναμικό της λεκάνης.

2.4 Αποτελέσματα υπολογισμού του δείκτη WEI^{GR} στο Υ.Δ. 12

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία υπολογίστηκε ο ζητούμενος δείκτης, σε ετήσια βάση και τα αποτελέσματα δίνονται στον Πίνακα 2.2 που ακολουθεί.

Πίνακας 2.2. Υπολογισμός του δείκτη WEI^{GR} στο Υ.Δ. 12

Υπολεκάνες	Νέστου (GR07)	Ξάνθης- Ξηρορέματος (GR08)	Κομοτηνής - Λουτρού Έβρου (GR09)	Έβρου (GR10)	Θάσου και Σαμοθράκης (GR42)
Έκταση, km ²	2974,81	1663,58	1958,44	4079,88	563,71
D, hm ^{3 (1)}	692,00	406,00	494,00	1064,00	109,00
I, hm ^{3 (1)}	939,00	-	-	10895,00	-
Χρήσεις νερού (hm ³)					
<i>Αρδευση</i> ⁽²⁾	168,70	156,74	152,08	301,34	13,33
<i>Υδρευση</i> ⁽³⁾	8,06	7,59	10,04	18,88	2,02
<i>Βιομηχανία</i> ⁽³⁾	4,16	5,03	9,37	7,34	-
<i>Τουρισμός</i> ⁽³⁾	0,12	0,15	0,14	0,30	0,23
<i>Κτηνοτροφία</i> ⁽⁴⁾	1,88	1,05	1,24	2,58	0,36
TWA, hm ³	182,92	170,56	172,87	330,43	15,94
WR, hm ³	189,22	51,80 ⁽⁵⁾	31,16 ⁽⁶⁾	2511,39	6,54
Δείκτης WEI^{GR}	0,1269	0,4815	0,3735	0,0350	0,1555

Πηγές δεδομένων:

⁽¹⁾ "Ανάπτυξη συστημάτων και εργαλείων διαχείρισης υδατικών πόρων υδατικών διαμερισμάτων Δυτικής Μακεδονίας, Κεντρικής Μακεδονίας, Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης", Τεύχος ΠΓ01, Τόμος V

"Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ 2008, Πίνακας 12.4 και "Εκθεση επισκόπησης σημαντικών ζητημάτων διαχείρισης" του παρόντος έργου.

- (2) Υπολογισμός αναγκών στα πλαίσια του παρόντος έργου, Τεύχος 8, με βάση την απογραφή καλλιεργειών 2007
- (3) Υπολογισμός αναγκών στα πλαίσια του παρόντος έργου, Τεύχος 8, με έτος αναφοράς το 2010
- (4) "Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας Υδατικών Πόρων", ΕΜΠ 2008, Παράγραφος 12.3.2
- (5) Με χρήση των προτεινόμενων Π.Ο. φράγματος Ιάσμου Ροδόπης
- (6) Υπολογισμός εξ' αναγωγής βάσει των Π.Ο. φράγματος Ιασίου Ροδόπης

2.5 Επικινδυνότητα λειψυδρίας και ζώνες τρωτότητας στο Υ.Δ. 12

Οι υπολογιζόμενοι δείκτες δείχνουν σαφή ανισοκατανομή των πιέσεων στους υδατικούς πόρους της Θράκης. Οι υπολεκάνες GR07 και GR10, λόγω των σημαντικότερων εισροών από το βουλγαρικό τμήμα των ποταμών Νέστου και Έβρου, δεν εμφανίζουν πίεση νερού. Ο δείκτης στην πρώτη περίπτωση είναι ίσος με 12,69%, ενώ στη δεύτερη, όπου οι εισροές είναι 10 φορές περισσότερες από τις απορροές της ελληνικής λεκάνης, ο δείκτης είναι ιδιαίτερα χαμηλός, ίσος με 3,50%. Αντίστοιχα χαμηλή πίεση νερού παρατηρείται και στην υπολεκάνη GR42, όχι όμως λόγω εισροών αλλά λόγω της χαμηλής κατανάλωσης των νησιών και των περιορισμένων απαιτήσεων για άρδευση.

Αντιθέτως, η υπολεκάνη των ρεμάτων Ξάνθης – Ξηρορέματος βρίσκεται σε σημαντική πίεση νερού, καθώς ο υπολογιζόμενος WEI^{GR} είναι ίσος με 48,15%, συνεπαγόμενος ισχυρό ανταγωνισμό για τους διαθέσιμους πόρους. Κάτι τέτοιο είναι αναμενόμενο καθώς η υπολεκάνη δεν έχει εξωτερικές εισροές, ενώ η ζήτηση νερού είναι υψηλή λόγω των αρδευτικών αναγκών της πεδιάδας της Ξάνθης. Σημειώνεται μάλιστα ότι οι απολήψεις στην GR08 ανέρχονται στο 93% των αντίστοιχων αναγκών της γειτονικής GR07 ενώ οι απορροές είναι μόλις το 24,8% των απορροών και εισροών της υπολεκάνης του Νέστου. Παρόμοια εικόνα επικρατεί και στη GR09. Κατά συνέπεια η πίεση νερού είναι αναμενόμενη, χωρίς όμως να συνεπάγεται απαραίτητα την εμφάνιση συχνών κρίσεων διαθεσιμότητας νερού, σύμφωνα και με τα αναφερόμενα στην παρ. 2.1.1 του παρόντος, αλλά και λαμβάνοντας υπόψη την επικείμενη κατασκευή του φράγματος Ιάσμου και την ολοκλήρωση του υπό κατασκευή φράγματος Ιασίου. Σε κάθε περίπτωση πάντως, οι δύο κεντρικές υπολεκάνες GR08 και GR09 είναι οι πλέον τρωτές περιοχές του Υ.Δ. 12 όσον αφορά στους υδατικούς πόρους.

3 Προσδιορισμός έλευσης φαινομένων λειψυδρίας

3.1 Συσχέτιση δείκτη SPI με την απόκριση υδατικών συστημάτων

3.1.1 Επιφανειακά υδατικά συστήματα

Για τη διερεύνηση πιθανής συσχέτισης του δείκτη SPI με επιφανειακά υδατικά συστήματα έγινε επεξεργασία των διαθέσιμων χρονοσειρών επιφανειακής απορροής σε τρεις θέσεις του Υ.Δ. 12, στον Ερυθροπόταμο ανατολικά, τον Κομψάτο στο κεντρικό τμήμα και τον Νέστο (Τέμενος) στα δυτικά. Οι χρονοσειρές αυτές επιλέχθηκαν καθώς αντιπροσωπεύουν χωρικά το ηπειρωτικό τμήμα του Υ.Δ. 12. Επιπλέον ο σταθμός του Ερυθροπόταμου, αρμοδιότητας ΥΠΕΚΑ, παρουσίαζε συνεχείς καταγραφές, χωρίς σημαντικά κενά, για χρονικό διάστημα 10 ετών ενώ οι σταθμοί Κομψάτου και Τεμένους, αρμοδιότητας ΔΕΗ, παρουσίαζαν συνεχείς καταγραφές, χωρίς κενά, για διάστημα 12 και 31 ετών αντίστοιχα. Φυσικά το μέγεθος των χρονοσειρών δεν υπερκαλύπτει την απαίτηση της τριακονταετούς διάρκειας δεδομένων [15] παρά μόνο στην περίπτωση του Τεμένους, πρόκειται όμως για τα πλέον αξιόπιστα στοιχεία επιφανειακής απορροής στην Ανατολική Μακεδονία.

Για τον υπολογισμό των τυπικών αποκλίσεων απορροής, δηλαδή του ισοδύναμου μεγέθους του δείκτη SPI, οι διαθέσιμες μηνιαίες χρονοσειρές εκφράστηκαν σε χιλιοστά, με βάση την έκταση των λεκανών απορροής των ποταμών στις θέσεις καταγραφής. Η μετατροπή αυτή κρίθηκε απαραίτητη προκειμένου η προσαρμογή της κατανομής γάμμα να γίνει σε αθροιστική μεταβλητή, αντίστοιχη με τη βροχόπτωση. Οι εκτάσεις των λεκανών είναι ίσες με 501 km² για τη θέση Κομψάτου, 3991 km² για το σταθμό Τεμένους και 463 km² για τον Ερυθροπόταμο.

Στη συνέχεια έγινε επεξεργασία των δεδομένων με το λογισμικό spi_sl6.exe [18] και υπολογίστηκε το ισοδύναμο "SPI" για την απορροή σε χρονικές κλίμακες 6, 12 και 24 μηνών. Ο δείκτης αυτός συσχετίστηκε με τιμές του SPI, στα ίδια χρονικά βήματα, για χαρακτηριστικούς βροχομετρικούς σταθμούς μέσα στις λεκάνες απορροής. Ειδικότερα, για το Κομψάτο χρησιμοποιήθηκαν οι σταθμοί Ίασμος και Εχίνος, που βρίσκονται ανάντη της θέσης μετρήσεων στην ίδια υπολεκάνη απορροής. Το Τέμενος, αν και διασυνοριακός σταθμός, συσχετίστηκε με το σταθμό Μικροκλεισούρα επειδή (α) βρίσκεται κοντά στα σύνορα με τη Βουλγαρία, από όπου και προέρχεται η απορροή και (β) είναι ημιορεινός, και πιθανά δίνει ενδείξεις της βροχόπτωσης στο βουλγαρικό τμήμα της λεκάνης του ποταμού, που βρίσκεται σε μεγαλύτερο μέσο υψόμετρο από το ελληνικό τμήμα. Τέλος για τον Ερυθροπόταμο επιλέχθηκαν οι σταθμοί Διδυμότειχο και Μικρό Δέρειο που βρίσκονται κοντά στη θέση μετρήσεων, παρότι η απορροή προέρχεται και πάλι από διασυνοριακή λεκάνη.

Από τους υπολογιζόμενους συντελεστές συσχέτισης προκύπτει ότι ο σταθμός του Τεμένους συσχετίζεται, αν και όχι πολύ ισχυρά, με το δείκτη SPI-6 της Μικροκλεισούρας, παρότι η απορροή προέρχεται από λεκάνη ανάντη της θέσης μέτρησης. Υπάρχει επομένως ένδειξη για συμφωνία με τη βιβλιογραφία, όπου αναφέρεται συχνά συσχέτιση των επιφανειακών υδάτινων πόρων με το δείκτη SPI-6 μηνών. Αντίστοιχα, ο Κομψάτος συσχετίζεται σχετικά ικανοποιητικά με το δείκτη SPI-6 τόσο του Ίασμου όσο και του Εχίνου. Ο σχετικά χαμηλός βαθμός συσχέτισης αιτιολογείται από το χειμαρρώδες καθεστώς ροής στον ποταμό αυτό. Τέλος, ο Ερυθροπόταμος παρουσιάζει κάποια συσχέτιση με τον SPI-6 των δύο σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν, ενώ για μεγαλύτερες κλίμακες η συσχέτιση είναι ανύπαρκτη.

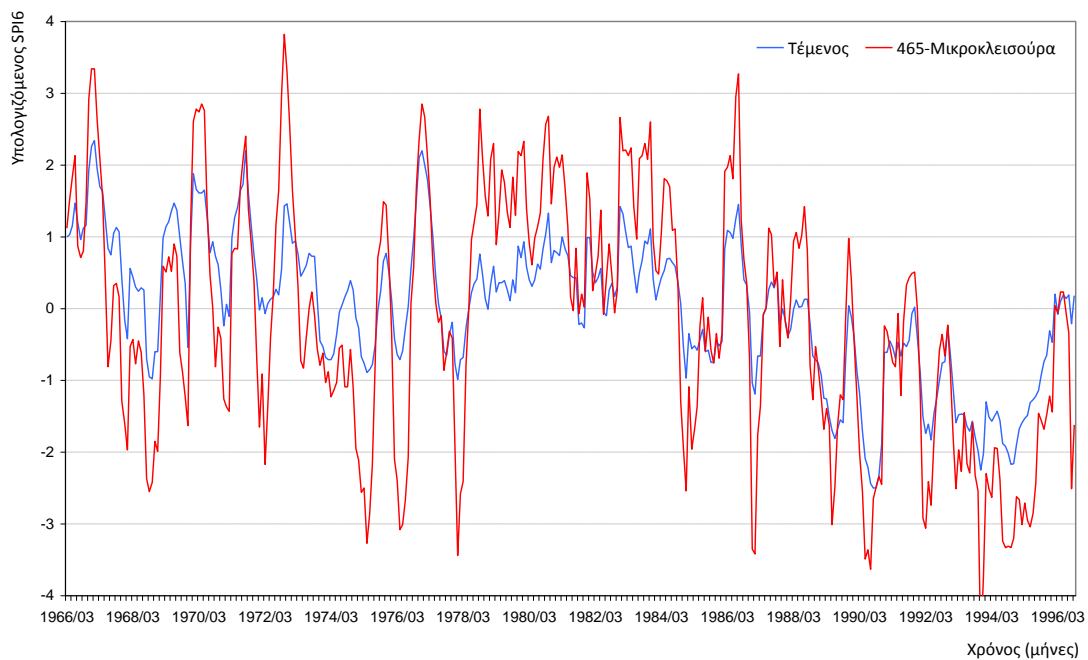
Παρατηρείται επίσης ότι η τιμή της έντασης ξηρασίας είναι μικρότερη στα υδάτινα σώματα σε σχέση με τους βροχομετρικούς σταθμούς σε όλες τις περιπτώσεις, κάτι που ερμηνεύεται

από το γεγονός ότι η απορροή είναι απότοκο της βροχόπτωσης, και άρα αμβλύνονται οι διαφοροποιήσεις μεταξύ διαφορετικών βημάτων.

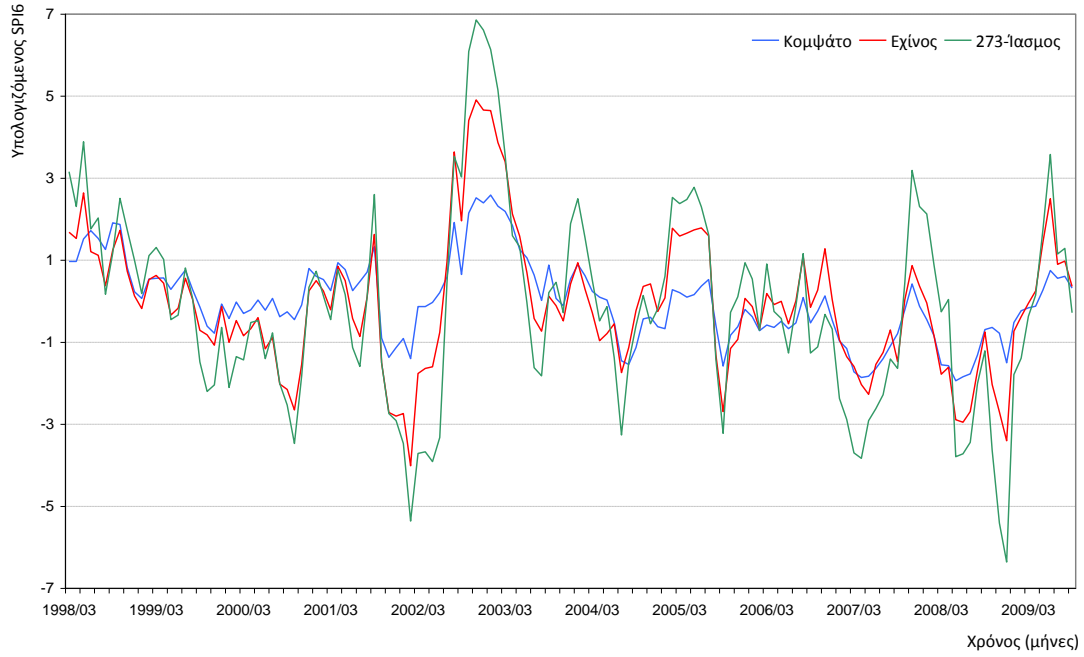
Με βάση τα αποτελέσματα, που δίνονται στους ακόλουθους πίνακες και διαγράμματα, εκτιμάται ότι η απόκριση των επιφανειακών Υ.Σ. που οι λεκάνες απορροής τους βρίσκονται μέσα στα όρια του υδατικού διαμερίσματος μπορεί να προσδιοριστεί με υπολογισμό του δείκτη ξηρασίας σε εξαμηνιαία χρονική κλίμακα.

Πίνακας 3.1. Συσχετίσεις επιφανειακής απορροής με το δείκτη SPI, Υ.Δ. 12

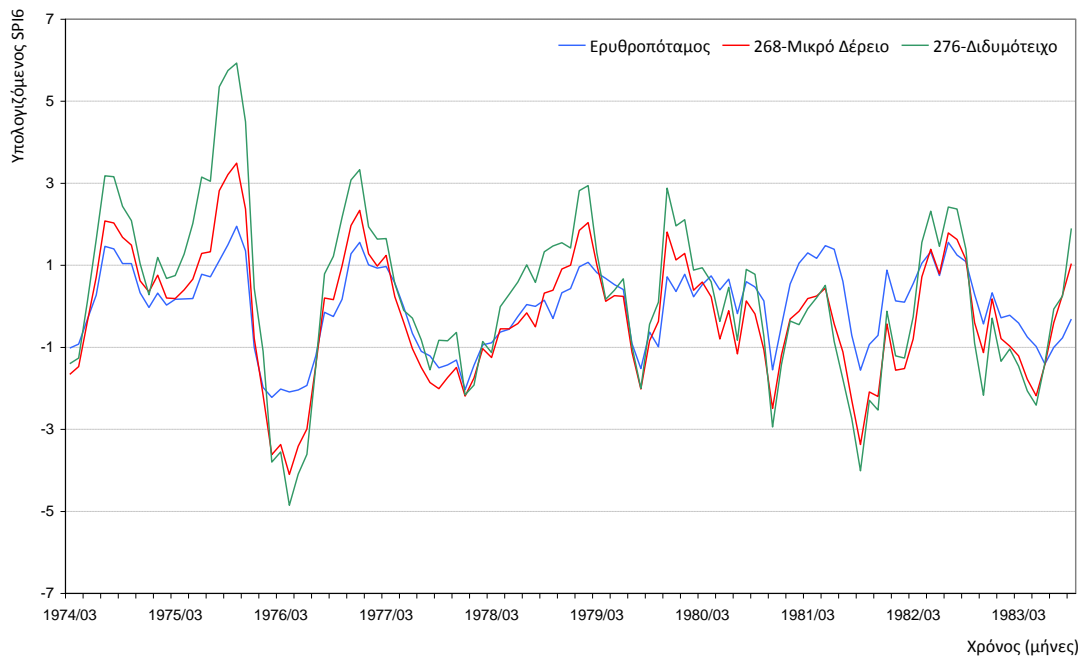
	SPI-6	SPI-12	SPI-24
Τέμενος - 465	0,476	0,411	0,355
Κομψάτο - 273	0,456	0,391	0,271
Κομψάτο - Εχίνος	0,423	0,337	0,076
Ερυθροπόταμος – 276	0,434	0,037	-0,522
Ερυθροπόταμος – 268	0,385	-0,033	-0,548



Σχήμα 3.1. Συσχέτιση Τέμενος με το β/μ σταθμό 465, SPI6



Σχήμα 3.2. Συσχέτιση Κομψάτου με τους β/μ σταθμούς 273 και Echinos, SPI6



Σχήμα 3.3. Συσχέτιση Ερυθροπόταμου με τους β/μ σταθμούς 268 και 276, SPI6

3.1.2 Υπόγεια υδατικά συστήματα

Για τη διερεύνηση της συσχέτισης του δείκτη SPI με τα υπόγεια υδατικά συστήματα πρέπει να συγκεντρωθούν στοιχεία μετρήσεων για την παροχή πηγών και γεωτρήσεων και να γίνει επεξεργασία τους κατ' αντιστοιχία με τα επιφανειακά ύδατα. Στο Υ.Δ. 12 υπάρχουν καταγραφές της στάθμης υδροφορίας αρδευτικών γεωτρήσεων. Ωστόσο δεν είναι διαθέσιμα στοιχεία ερευνητικών γεωτρήσεων ή πηγών. Για τη δεύτερη περίπτωση τα σχετικά συμπεράσματα προέκυψαν από την αντίστοιχη ανάλυση για το Υ.Δ. 11 [37], στο οποίο υπάρχουν καταγραφές για την παροχή των πηγών της υπολεκάνης του Αγγίτη, αν και με σημαντικά κενά για τα οποία απαιτήθηκε συμπλήρωση. Οι πηγές αυτές εκφορτίζουν καρστικούς υδροφορείς και εμφανίζουν συνεχόμενη απορροή, έστω και χαμηλή, ακόμη και κατά τις ξηρές περιόδους. Πάντως, η δυνατότητα εφαρμογής των αποτελεσμάτων θα πρέπει να επαληθευτεί στο μέλλον με πραγματικά στοιχεία της περιοχής μελέτης, παρότι δεν αναμένονται σημαντικές διαφοροποιήσεις.

Οι χρησιμοποιούμενες πηγές Αγγίτη, Βοϊράνης και ΚΠ02 έχουν καταγραφές παροχής για τις χρονικές περιόδους 04/1985 – 12/1999, 04/1985 – 07/1996 και 04/1985 – 12/1996, δηλαδή για μία περίοδο από 7 έως 10 χρόνια, οι οποίες μετατράπηκαν σε μηνιαίο όγκο απορροής για να εισαχθεί στο λογισμικό αθροιστική μεταβλητή. Το υπολογιζόμενο ισοδύναμο "SPI" συσχετίστηκε με το βροχομετρικό σταθμό της Δράμας για τις διάφορες χρονικές κλίμακες και προέκυψε, σε όλες τις περιπτώσεις, ισχυρή χρονική συσχέτιση με το δείκτη SPI-24, που επιβεβαιώνει την απόκριση των υπόγειων υδροφορέων σε μεταβολές της βροχόπτωσης σε υπερετήσια κλίμακα. Η ύπαρξη τόσο υψηλή συσχέτισης είναι ενθαρρυντική, καθώς η περίοδος σύγκρισης είναι ιδιαίτερα σύντομη για τον SPI-24, αφού η κυλιόμενη άθροιση που απαιτείται περιορίζει τα διαθέσιμα αποτελέσματα σε διάστημα 5 και 8 χρόνων αντίστοιχα.

Πίνακας 3.2. Συσχετίσεις πηγών με το δείκτη SPI του β/μ σταθμού Δράμας, Υ.Δ. 11

	SPI-6	SPI-12	SPI-24
Πηγές Αγγίτη	0,408	0,613	0,779
Βοϊράνη	0,300	0,493	0,718
ΚΠ02	0,178	0,432	0,691

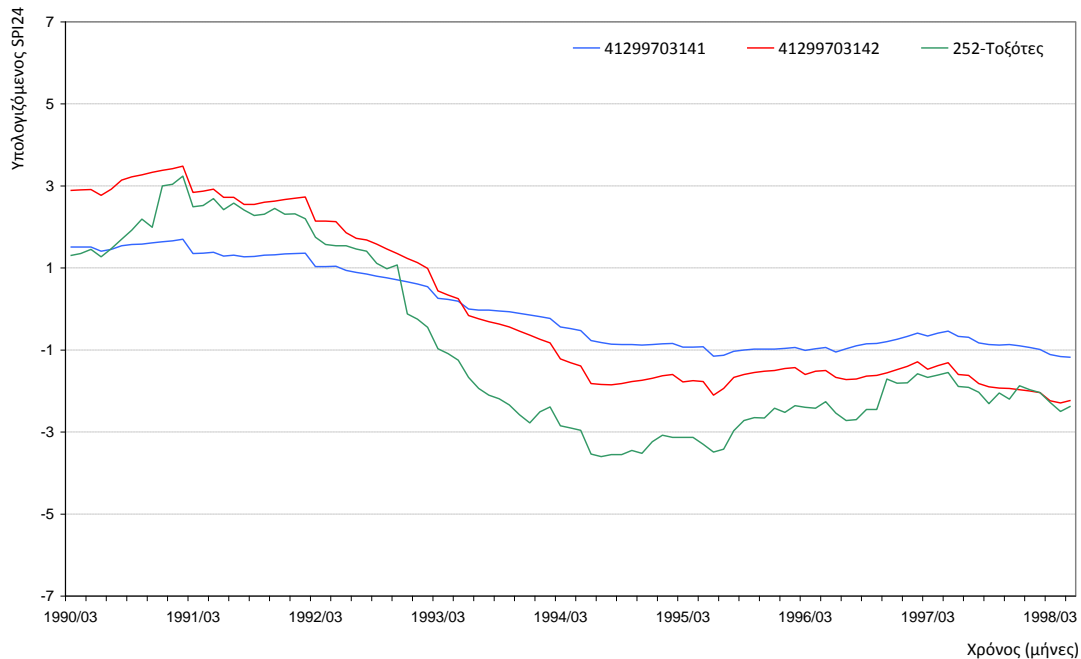
Η συσχέτιση της μεταβολής στάθμης των υπόγειων υδροφορέων με τα φαινόμενα ξηρασίας προσδιορίζεται από τα στοιχεία ερευνητικών γεωτρήσεων, και μάλιστα σε θέσεις που δεν επηρεάζονται άμεσα από αντλήσεις για αρδευτικούς και άλλους σκοπούς. Δυστυχώς τέτοια στοιχεία δεν ήταν διαθέσιμα ούτε για το Υ.Δ. 11 ούτε για το Υ.Δ. 12, όπου οι καταγραφές αφορούν στη στάθμη αρδευτικών γεωτρήσεων στην πεδιάδα του Νέστου για τη χρονική περίοδο 04/1998 – 05/1998. Ελλείψει άλλων δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία αυτά, αν και η άντληση αλλοιώνει τον τρόπο απόκρισης του συστήματος και ελαττώνει κατά πολύ την όποια συσχέτιση με βροχομετρικούς σταθμούς. Περαιτέρω παράμετροι αβεβαιότητας είναι η περιορισμένη χρονική περίοδος καταγραφών, που οδηγεί στη σύγκριση των SPI για μικρό χρονικό διάστημα, καθώς και η αλλοίωση των δεδομένων που προκύπτει από τη συμπλήρωση των χρονοσειρών.

Για τη συσχέτιση χρησιμοποιήθηκε ο βροχομετρικός σταθμός Τοξότες, στο κέντρο της πεδιάδας του Νέστου. Παρατηρείται ότι στις μικρές χρονικές κλίμακες δεν υπάρχει καμία απόκριση του συστήματος, ενώ για τον SPI-24 υπάρχει μεν θετική, αλλά ιδιαίτερα χαμηλή, συσχέτιση. Εκτιμάται ότι το αποτέλεσμα είναι ενδεικτικό της επιρροής των αντλήσεων,

φανερώνει ωστόσο μία τάση απόκρισης σε φαινόμενα ξηρασίας διετούς χρονικής κλίμακας. Σε συνδυασμό με την ιδιαίτερα καλή απόκριση των πηγών του Υ.Δ. 11 για το δείκτη SPI-24 προτείνεται, στα πλαίσια προειδοποίησης, να γίνεται χρήση του δείκτη αυτού για τα υπόγεια υδάτινα σώματα.

Πίνακας 3.3. Συσχετίσεις γεωτρήσεων με το δείκτη SPI του β/μ σταθμού Τοξότες, Υ.Δ. 12

	SPI6	SPI12	SPI24
41299703142	-0,022	0,040	0,168
41299703141	-0,138	-0,013	0,133



Σχήμα 3.4. Συσχέτιση γεωτρήσεων με το β/μ σταθμό Τοξότες, SPI24

3.2 Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης φαινομένων ξηρασίας

3.2.1 Μεθοδολογία έγκαιρης προειδοποίησης

Για την έγκαιρη προειδοποίηση φαινομένων ξηρασίας προτείνεται ο υπολογισμός του δείκτη SPI για τις τρεις χρονικές κλίμακες των 6, 12 και 24 μηνών σε επιλεγμένους βροχομετρικούς σταθμούς του διαμερίσματος στην αρχή κάθε υγρής και ξηρής περιόδου, δηλαδή αφού ολοκληρωθούν οι μήνες Απρίλιος και Σεπτέμβριος. Τα δεδομένα μηνιαίας βροχόπτωσης από τους σταθμούς αναφοράς σε κάθε υπολεκάνη (βλ. ενότητα 3.2.2) περιλαμβανομένων αυτών των μηνών, θα πρέπει να συγκεντρώνονται και να υπολογίζεται εκ νέου ο δείκτης SPI. Σε περίπτωση που αυτός βρεθεί σε αρνητικό έδαφος, θα πρέπει κατόπιν να υπολογίζεται εκ νέου κάθε μήνα που ακολουθεί με την εισαγωγή στην χρονοσειρά και της βροχόπτωσης του μήνα που προηγήθηκε. Ο δείκτης SPI-6 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της εξέλιξης των επιφανειακών απορροών και ο SPI-24 για την αντίστοιχη εξέλιξη των υπόγειων υδροφορέων και των παροχών των πηγών.

Στο κεφάλαιο 5, δίνεται ένα πλαίσιο επιχειρησιακής αντιμετώπισης της ξηρασίας και παρατίθεται ένα σχήμα τεσσάρων «επιπέδων προειδοποίησης» το οποίο μπορεί να υιοθετηθεί για τον επίσημο χαρακτηρισμό της έντασης των φαινομένων ξηρασίας και την

ανάλογη θέση σε ισχύ μέτρων αντιμετώπισης και πολιτικών μετριασμού των επιπτώσεων (βλ. παρ. 5.2.1 και Πίνακα 5.1). Στον Πίνακα 3.4 ακολούθως, προτείνεται με βάση την ανάλυση που προηγήθηκε στο κεφάλαιο 1, η συσχέτιση των δεικτών SPI στις τρεις χρονικές κλίμακες με τα «επίπεδα προειδοποίησης» που αναφέρονται στον Πίνακα 5.1.

Πίνακας 3.4. Προτεινόμενη συσχέτιση τιμών δείκτη SPI με επίπεδα προειδοποίησης.

Επίπεδο προειδοποίησης	SPI-6	SPI-12	SPI-24
Ετοιμότητα	$0 < \text{SPI-6} < -1$	$0 < \text{SPI-12} < -0,5$	$0 < \text{SPI-24} < -0,5$
Προοίμιο συναγερμού	$-1 < \text{SPI-6} < -1,5$	$-0,5 < \text{SPI-12} < -1$	$-0,5 < \text{SPI-24} < -1$
Συναγερμός	$-1,5 < \text{SPI-6} < -2,0$	$-1 < \text{SPI-12} < -1,5$	$-1 < \text{SPI-24} < -1,5$
Έκτακτη ανάγκη	Εμμονή τιμών $< -1,5$ ή $\text{SPI-6} < -2,0$	Εμμονή τιμών $< -1,5$ ή $\text{SPI-12} < -2,0$	Εμμονή τιμών $< -1,5$ ή $\text{SPI-24} < -2,0$

Σε περίπτωση που ο δείκτης υπολογιστεί αρνητικός για ένα χρονικό βήμα προτείνεται επιφυλακή και παρακολούθηση της εξέλιξής του στο επόμενο βήμα υπολογισμού. Οι τιμές του δείκτη για τα διάφορα επίπεδα προειδοποίησης προφανώς διαφέρουν μεταξύ του SPI-6 και των SPI-12 και SPI-24 για τους λόγους που αναφέρθηκαν εκτενώς στο σχετικό κεφάλαιο 1. Λόγω της ευκολίας υπολογισμού των δεικτών καλό είναι να υπολογίζονται και οι τρεις σε κάθε περίοδο υπολογισμού ώστε να υπάρχει πιο πλήρης εικόνα. Τέλος, όπως είναι προφανές, για την κήρυξη επιπέδου «έκτακτης ανάγκης», η αρμόδια υπηρεσία θα πρέπει να συνεκτιμά και άλλους παράγοντες και πληροφορίες από την πραγματική κατάσταση των αποθεμάτων και της υδατικής κατάστασης πέραν της αξιολόγησης του δείκτη.

Σημειώνεται πάντως ότι η μεθοδολογία αυτή δεν καλύπτει την περίπτωση των εισροών από το βουλγαρικό τμήμα της λεκάνης Έβρου, το οποίο δε φαίνεται να μπορεί να συσχετιστεί με δεδομένα βροχόπτωσης στην ελληνική πλευρά. Για την εκτίμηση της εξέλιξης των απορροών στον Έβρο είναι απαραίτητη η διακρατική συνεννόηση στο πλαίσιο της υφιστάμενης συνεργασίας με τη Βουλγαρία για την διαχείριση των διασυνοριακών λεκανών στο πλαίσιο εφαρμογής της Ο.Π.Υ., προκειμένου να χορηγηθούν στοιχεία βροχομετρικών σταθμών στη βουλγαρική λεκάνη και να γίνει ανάλυση του δείκτη SPI και της απόκρισης της απορροής. Έτσι θα καθοριστούν σταθμοί των οποίων τα δεδομένα θα χορηγούνται στις ελληνικές αρχές προκειμένου να εφαρμόζεται η παραπάνω ανάλυση για την κρίσιμη χρονική κλίμακα.

3.2.2 Σταθμοί αναφοράς και υπολεκάνες απορροής

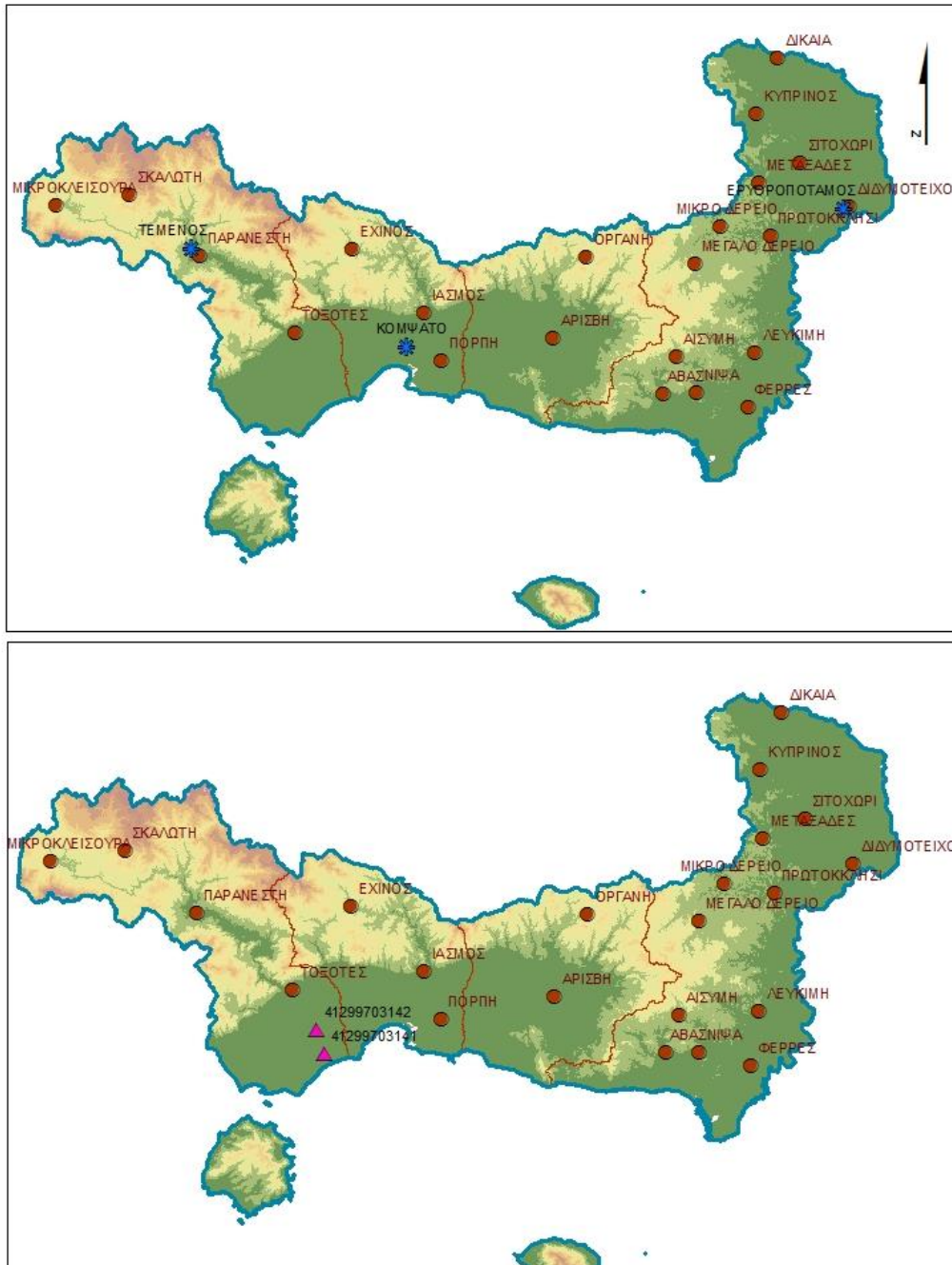
Σύμφωνα και με τα αναφερόμενα στο Κεφάλαιο 2 του παρόντος Τεύχους το Υ.Δ. 12 διαχωρίζεται σε πέντε υπολεκάνες απορροής. Η απόκριση των Υ.Σ. στο ελληνικό τμήμα της λεκάνης του ποταμού Νέστου δε μπορεί να συσχετισθεί άμεσα με κάποιο διαθέσιμο β/μ σταθμό, ωστόσο προτείνεται να παρακολουθείται καταρχήν ο σταθμός της Μικροκλεισούρας και να υπάρξει συνεννόηση με τη βουλγαρική πλευρά στα πλαίσια διαχείρισης των διασυνοριακών υδάτων. Παράλληλα, για την εκτίμηση της απόκρισης των υπόγειων συστημάτων προτείνεται η παρακολούθηση του δείκτη SPI-24 του σταθμού Τοξότες.

Για την υπολεκάνη των ρεμάτων Ξάνθης και Ξηρορέματος προτείνεται η παρακολούθηση του σταθμού Ιάσμου του ΥΠΕΚΑ για όλες τις χρονικές κλίμακες. Αντίστοιχα προτείνεται η

παρακολούθηση του β/μ Αρίσβης για την υπολεκάνη των ρεμάτων Κομοτηνής και Λουτρού Έβρου, καθώς είναι ο μόνος διαθέσιμος κοντά στο γεωγραφικό κέντρο της περιοχής.

Για την υπολεκάνη του ποταμού Έβρου προτείνεται η συστηματική παρακολούθηση των δεικτών ξηρασίας για τους σταθμούς Νίψα, στο νότιο τμήμα, και Κυπρίνος, στο βόρειο. Πρέπει να σημειωθεί πάντως ότι η απορροή του ποταμού Έβρου δε σχετίζεται με τα δεδομένα της ελληνικής πλευράς και για την εκτίμησή της θα πρέπει να υπάρξει διακρατική συνεννόηση, όπως αναφέρεται στην Παράγραφο 3.2.1 του παρόντος.

Τέλος, για την υδρολογική λεκάνη Θάσου και Σαμοθράκης, όπως έχει ήδη αναφερθεί, δεν υπάρχουν διαθέσιμα βροχομετρικά δεδομένα που να επιτρέπουν σχετική ανάλυση και εκτίμηση των φαινομένων ξηρασίας. Για τις περιοχές αυτές μπορεί να χρησιμοποιείται ο πλησιέστερος στην ηπειρωτική χώρα σταθμός.



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ▲ ΘΕΣΕΙΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ
- ΘΕΣΕΙΣ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ
- ✱ ΘΕΣΕΙΣ ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

Σχήμα 1.14. Θέσεις εξεταζόμενων γεωτρήσεων και υδρομετρικών σταθμών, Υ.Δ. 12

4 Εκτίμηση επίδρασης φαινομένων λειψυδρίας στην επίτευξη των Περιβαλλοντικών Στόχων της Ο.Π.Υ.

4.1 Υδατικά συστήματα ευαίσθητα στην λειψυδρία

4.1.1 Επιφανειακά υδατικά συστήματα

Λεκάνη Νέστου (GR07)

Η υπολεκάνη συνολικά εμφανίζει χαμηλή πίεση στους υδατικούς πόρους (βλ. κεφ. 2) ως αποτέλεσμα της σχετικής επάρκειας νερού λόγω των εισροών από τη Βουλγαρία και των σημαντικών ίδιων πόρων της ελληνικής λεκάνης. Ο σχετικός δείκτης εκμετάλλευσης υπολογίστηκε σε $< 20\%$ που μεταφράζεται σε καθεστώς μη-πίεσης. Ο σχετικός δείκτης εκ του ορισμού του δεν λαμβάνει υπ' όψη την έντονη εποχιακότητα της ζήτησης και επομένως στο κρίσιμο θερινό πεντάμηνο Μαΐου-Σεπτεμβρίου, η πίεση είναι υψηλότερη χωρίς ωστόσο να αγγίζει τα επίπεδα άλλων περιοχών. Τα επιφανειακά υδατικά συστήματα της υπολεκάνης που βρίσκονται υπό καθεστώς εκμετάλλευσης μέσω απολήψεων είναι το ΥΣ του π. Νέστου ανάντη του φράγματος των Τοξοτών.

Σε περίπτωση εμφάνισης ξηρασίας, το ΥΣ αυτό έχει μέτρια ευαισθησία καθώς οι απολήψεις ελέγχονται από ένα σημείο (φράγμα Τοξοτών) και συνεπώς ο έλεγχος των απολήψεων είναι δυνατός. Εξ άλλου, λόγω της ύπαρξης των ταμιευτήρων Θησαυρού και Πλατανόβρυσης, υπάρχει σημαντική αποθήκευση στο σύστημα που μετριάζει τις επιπτώσεις από φαινόμενα ξηρασίας μικρής και μεσαίας διάρκειας (1-2 ετών).

Από την άλλη, τα ίδια τα λιμναία ΙΤΥΣ Θησαυρού και Πλατανόβρυσης είναι περισσότερο ευαίσθητα σε φαινόμενα ξηρασίας από την άποψη των επιπτώσεων στην υδροηλεκτρική τους παραγωγή. Σε περίπτωση εμφάνισης παρατεταμένης ξηρασίας πάντως, η πιθανότερη εξέλιξη είναι ότι θα μειωθεί σημαντικά η παραγωγή ενέργειας προκειμένου να εξοικονομηθούν πόροι για τις άλλες χρήσεις. Συνεπώς, από την άποψη αυτή, τα επιφανειακά υδατικά συστήματα της λεκάνης Νέστου έχουν ικανές αντοχές απέναντι σε φαινόμενα ξηρασίας.

Λεκάνη ρ. Ξάνθης – Ξηρορέματος (GR08)

Σε αντίθεση με την λεκάνη Νέστου, η λεκάνη GR08 βασίζεται σε ίδιους υδατικούς πόρους και ταυτοχρόνως εμφανίζει υψηλό δείκτη εκμετάλλευσης υδατικών πόρων ($> 40\%$) που μεταφράζεται σε καθεστώς πίεσης. Επομένως τα επιφανειακά υδατικά συστήματα της υπολεκάνης είναι περισσότερο ευαίσθητα στην ξηρασία. Το πρόβλημα εντοπίζεται όμως κυρίως στα υπόγεια υδατικά συστήματα της λεκάνης όπως αναφέρεται αναλυτικά σε επόμενη ενότητα. Τα επιφανειακά συστήματα δεν βρίσκονται υπό καθεστώς άμεσης εκμετάλλευσης, πέραν μικρών σχετικά απολήψεων που σημειώνονται από το ποτάμιο ΥΣ του π. Κομφάτου, στην περιοχή της οδικής γέφυρας.

Λεκάνη ρ. Κομοτηνής – Λουτρού Έβρου (GR09).

Η λεκάνη αυτή εμφανίζει επίσης υψηλό δείκτη εκμετάλλευσης υδάτων ($> 30\%$) καθώς βασίζεται αποκλειστικά σε ίδιους πόρους, αλλά τα επιφανειακά υδατικά της σώματα δεν βρίσκονται υπό καθεστώς έντονης εκμετάλλευσης. Εξαιρέση αποτελεί ο π. Βοζβόζης (Δυτικός Παραπόταμος), από τον οποίο αντλούνται ποσότητες για ύδρευση. Επίσης, επιφανειακά υδατικά συστήματα υπό εκμετάλλευση είναι και τα λιμναία ΙΤΥΣ Γρατινής και Ν. Αδριανής, για βιομηχανική και αρδευτική χρήση αντίστοιχα. Η κύρια πηγή προσφοράς νερού στις περιοχές αυτές είναι η υπόγεια υδροφορία, η οποία εξετάζεται στην επόμενη ενότητα.

Λεκάνη Έβρου (GR10)

Η λεκάνη αυτή, παρά τις πολλές και σημαντικές χρήσεις που φιλοξενεί, έχει τον μικρότερο δείκτη εκμετάλλευσης σε όλο το διαμέρισμα και πιθανόν και στον ελληνικό χώρο, λόγω των τεράστιων ποσοτήτων νερού που εισρέουν από τα μεγάλα διασυνοριακά ποτάμια Έβρο και Άρδα. Κατά μήκος του Άρδα και του Έβρου (ιδιαίτερα του τελευταίου) λαμβάνουν χώρα συνεχείς απολήψεις νερού για την εξυπηρέτηση αρδευτικών χρήσεων, ωστόσο οι διακινούμενες ποσότητες είναι τέτοιες που δεν μπορεί να γίνει λόγος για ευαισθησία σε φαινόμενα ξηρασίας, παρά το γεγονός ότι αντίστοιχες απολήψεις λαμβάνουν χώρα και από την πλευρά της Τουρκίας.

Το λιμναίο ΙΤΥΣ Τ.Λ. Αισύμης που χρησιμοποιείται για την ύδρευση της Αλεξανδρούπολης, χαρακτηρίζεται ευαίσθητο στην ξηρασία επειδή η χρήση που εξυπηρετεί (ύδρευση) θεωρείται κρίσιμη και πρώτης προτεραιότητας, αν και η λεκάνη του διαθέτει επαρκείς υδατικούς πόρους.

Λεκάνη Θάσου - Σαμοθράκης (GR42)

Η λεκάνη του νησιωτικού τμήματος έχει μικρό δείκτη εκμετάλλευσης (<20%). Στη Σαμοθράκη, οι επαρκείς υδατικοί πόροι τείνουν να απορρέουν χωρίς δυνατότητα συγκράτησης και για αυτό τα υπόγεια υδατικά συστήματα βρίσκονται υπό καθεστώς σημαντικής εκμετάλλευσης. Ωστόσο προωθούνται έργα ταμίευσης των επιφανειακών απορροών που θα επιλύσουν μερικώς το πρόβλημα της αποθήκευσης νερών και ταυτόχρονα θα αυξήσουν την αντοχή του συστήματος υδατικών πόρων σε φαινόμενα ξηρασίας. Στην Θάσο, το μεγαλύτερο μέρος της εκμετάλλευσης γίνεται μέσω της υδρομάστευσης πολυάριθμων πηγών. Το σύστημα εμφανίζει πάντως σχετική επάρκεια και επομένως επιπτώσεις λόγω ξηρασίας αναμένονται μόνον σε περίπτωση μιας ιδιαίτερα παρατεταμένης ξηρής περιόδου.

4.1.2 Υπόγεια υδατικά συστήματα

Από την εξέταση των διαθέσιμων δεδομένων για τα ΥΥΣ του Υ.Δ. 12 σχετικά με το ισοζύγιο τροφοδοσίας και απολήψεων και τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά (αναλυτικά η αξιολόγηση των ΥΥΣ παρατίθεται στο Τεύχος 10 της Ενδιάμεσης Φάσης 1 του παρόντος έργου) προέκυψε ότι τα ακόλουθα ΥΥΣ στο Υ.Δ. 12 είναι ευαίσθητα σε φαινόμενα ξηρασίας:

- ΥΥΣ Δέλτα Νέστου (GR1200060)
- ΥΥΣ Ξάνθης – Κομοτηνής (GR1200050)
- ΥΥΣ Φιλιουρή (GR1200040)
- ΥΥΣ Αλεξανδρούπολης (GR1200130)
- ΥΥΣ Παρέβριας περιοχής – Δέλτα Έβρου (GR120T020)
- ΥΥΣ Ορεσιιάδας (GR12BT010)

Τα ΥΥΣ Δέλτα Νέστου, Ξάνθης – Κομοτηνής, Φιλιουρή και Παρέβριας περιοχής – Δέλτα Έβρου αξιολογήθηκαν ότι βρίσκονται σε κακή κατάσταση και επομένως η αυξημένη ευαισθησία τους σε περίπτωση εμφάνισης ξηρασίας είναι δεδομένη. Τα υπόλοιπα αναφερόμενα ΥΥΣ βρίσκονται σε καλή ποσοτική και χημική κατάσταση, πλην όμως από τα διαθέσιμα δεδομένα φαίνεται ότι βρίσκονται σε οριακή ισορροπία και επομένως η εμφάνιση ενός φαινομένου ξηρασίας θα μπορούσε να την ανατρέψει σε αρνητικό έδαφος. Για το λόγο αυτό χαρακτηρίζονται ως ευαίσθητα στην ξηρασία υπόγεια υδατικά συστήματα.

4.2 Ενδεχόμενες επιπτώσεις στους περιβαλλοντικούς στόχους

4.2.1 Επιφανειακά υδατικά συστήματα

Οι περιβαλλοντικοί στόχοι των επιφανειακών υδατικών συστημάτων του Υ.Δ. 12 που θα επηρεαστούν σε περίπτωση ξηρασίας, έχουν προσδιορισθεί στο Τεύχος 11 της Ενδιάμεσης Φάσης 1 του παρόντος έργου και έχουν ως ακολούθως:

Πίνακας 4.1. Περιβαλλοντικοί Στόχοι Ποτάμιων ΥΣ ευαίσθητων στην ξηρασία.

A/A	Όνομα	Κωδικός	Λεκάνη	Κατηγορία	Μήκος (Km)	Υφιστάμενη Κατάσταση	Περιβαλλοντικός Στόχος
1	ΝΕΣΤΟΣ Π.	GR1207R0002000005N	GR07	N	20.1	Ελλειπής	Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4
2	ΚΟΜΨΑΤΟΣ Π.	GR1208R0000010067N	GR08	N	6.5	Ελλειπής	Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4
3	ΚΟΜΨΑΤΟΣ Π.	GR1208R0000010068N	GR08	N	11.3	Άγνωστη	–
4	ΧΙΟΝΟΡΕΜΑ Ρ.	GR1209R0000030090N	GR09	N	11.2	Μέτρια	Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4

N: Φυσικά σώματα, H: ΙΤΥΣ, A: ΤΥΣ

Πίνακας 4.2. Περιβαλλοντικοί Στόχοι Λιμναίων ΥΣ ευαίσθητων στην ξηρασία.

α/α	Όνομα	Κωδικός	Λεκάνη	Κατηγορία	Έκταση (Km ²)	Υφιστάμενη Κατάσταση	Περιβαλλοντικός Στόχος
1	Τ.Λ. ΘΗΣΑΥΡΟΥ	GR1207L000001H	GR07	H	13.26	Μέτρια	Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4
2	Τ.Λ. ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗΣ	GR1207L000002H	GR07	H	3.25	Μέτρια	Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4
3	Τ.Λ. ΓΡΑΤΙΝΗΣ	GR1209L000003H	GR09	H	1.43	Άγνωστη	–
4	Τ.Λ. Ν. ΑΔΡΙΑΝΗΣ	GR1209L000005H	GR09	H	0.62	Άγνωστη	–
5	Τ.Λ. ΑΙΣΥΜΗΣ	GR1210L000004H	GR10	H	0.98	Μέτρια	Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4

N: Φυσικά σώματα, H: ΙΤΥΣ, A: ΤΥΣ

Από τους παραπάνω πίνακες συνάγεται ότι οι περιβαλλοντικοί στόχοι των επιφανειακών υδατικών συστημάτων είτε δεν μπορούν να καθορισθούν ακόμη (λόγω άγνωστης κατάστασης) είτε τα σώματα υπάγονται στο Άρθρο 4.4 της Ο.Π.Υ. (παράταση προθεσμίας). Συνεπώς, η εμφάνιση φαινομένων ξηρασίας κατά τον τρέχοντα διαχειριστικό κύκλο, δεν αναμένεται να παρεμποδίσει τους παραπάνω καθορισθέντες στόχους.

4.2.2 Υπόγεια υδατικά συστήματα

Οι περιβαλλοντικοί στόχοι που έχουν τεθεί για ΥΥΣ που χαρακτηρίζονται ως ευαίσθητα στην ξηρασία, έχουν ως στον ακόλουθο Πίνακα 4.3:

Πίνακας 4.3. Περιβαλλοντικοί Στόχοι Υπόγειων Υδατικών Συστημάτων

α/α	Κωδικός	Ονομασία	Ποιοτική (Χημική)	Ποσοτική Κατάσταση	Περιβαλλοντικός Στόχος
1	GR1200060	Σύστημα Δέλτα Νέστου	Κακή	Καλή	Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4
4	GR1200050	Σύστημα Ξάνθης – Κομοτηνής	Κακή	Καλή	Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4
5	GR1200040	Σύστημα Φιλιουρή	Κακή	Καλή	Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4
9	GR12BT010	Σύστημα Ορεσιτιάδας	Καλή	Καλή	Μη Υποβάθμιση

α/α	Κωδικός	Ονομασία	Ποιοτική (Χημική)	Ποσοτική Κατάσταση	Περιβαλλοντικός Στόχος
10	GR120T020	Σύστημα Παραέβριας περιοχής – Δέλτα Έβρου	Κακή	Καλή	Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4
12	GR1200130	Σύστημα Αλεξανδρούπολης	Καλή	Καλή	Μη Υποβάθμιση

Από τον παραπάνω πίνακα συνάγεται ότι ο περιβαλλοντικός στόχος (μη υποβάθμιση) των ευαίσθητων στην ξηρασία υπόγειων υδατικών συστημάτων, με την εξαίρεση των ΥΥΣ Δέλτα Νέστου, Ξάνθης – Κομοτηνής, Φιλιουρή, Παρέβριας περιοχής – Δέλτα Έβρου που υπάγονται στο Άρθρο 4.4 της Ο.Π.Υ. (παράταση προθεσμίας), θα μπορούσαν υπό συνθήκες ξηρασίας να επηρεαστούν κατά τον τρέχοντα διαχειριστικό κύκλο. Συνεπώς προτείνεται, εάν παρουσιασθεί φαινόμενο ξηρασίας κατά τον τρέχοντα κύκλο και από την εξέλιξή του διαφανεί ότι τα ΥΥΣ αυτά μπορεί να υποστούν αρνητικές επιπτώσεις που θα προκαλέσουν την υποβάθμισή τους, τότε να εξεταστεί το ενδεχόμενο ο περιβαλλοντικός στόχος για τα ΥΥΣ αυτά να τροποποιηθεί σε «υπαγωγή στο Άρθρο 4.6 - προσωρινή υποβάθμιση» λόγω εξαιρετικών περιστάσεων που απορρέουν από φυσικά αίτια.

5 Μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης επιπτώσεων λειψυδρίας και ξηρασίας

5.1 Φάσεις υλοποίησης και εφαρμογής – Κατηγοριοποίηση μέτρων

5.1.1 Φάσεις υλοποίησης και εφαρμογής σχεδίου διαχείρισης ξηρασίας

Ένα ολοκληρωμένο σχέδιο διαχείρισης και αντιμετώπισης της ξηρασίας με βάση τις αρχές του προληπτικού σχεδιασμού, διακρίνεται σε δύο κύριες φάσεις: τη Φάση του Μόνιμου Σχεδιασμού και τη Φάση Εφαρμογής του Σχεδίου.

Η πρώτη περιλαμβάνει ενέργειες προετοιμασίας, παρακολούθησης και έγκαιρης προειδοποίησης για την έλευση φαινομένων ξηρασίας καθώς και την ανάπτυξη και συνεχή επικαιροποίηση του βασικού σχεδιασμού αντιμετώπισης των επιπτώσεων από την ξηρασία. Μέρος της φάσης μόνιμου σχεδιασμού αποτελεί η ανάπτυξη του σχεδίου διαχείρισης ξηρασίας, όπως και ο καθορισμός των προτεραιοτήτων των χρήσεων που θα ισχύσει κατά την διάρκεια εμφάνισης ενός φαινομένου ξηρασίας. Επίσης τμήμα του μόνιμου σχεδιασμού είναι η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας αντιμετώπισης ενός γεγονότος ξηρασίας μετά το πέρας αυτού και η συνεπακόλουθη επικαιροποίηση ή βελτίωση του σχεδίου διαχείρισης ξηρασίας υπό το φως της εμπειρίας εφαρμογής του κατά την φάση ξηρασίας που προηγήθηκε. Ο μόνιμος σχεδιασμός είναι διαρκής: λαμβάνει χώρα τόσο στις κανονικές περιόδους μεταξύ εμφανίσεων ξηρασιών, όσο και κατά τη διάρκεια των γεγονότων ξηρασίας. Περιλαμβάνει δε όλες εκείνες τις ενέργειες εκπαίδευσης και ενημέρωσης που μπορούν να προετοιμάσουν καλύτερα τους φορείς και την κοινωνία ώστε να αντιδράσει αποτελεσματικά όταν εμφανισθεί το γεγονός ξηρασίας.

Η δεύτερη φάση, η φάση εφαρμογής, είναι η επί της ουσίας εφαρμογή των προβλεπόμενων ενεργειών και μέτρων όταν ο μηχανισμός έγκαιρης προειδοποίησης αναγνωρίσει και σημάνει συναγερμό για επικείμενο γεγονός ξηρασίας. Στη φάση αυτή κρίσιμα ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπισθούν είναι ο χρόνος της ανακοίνωσης της έλευσης ξηρασίας και επομένως της κήρυξης σε ισχύ του σχεδίου διαχείρισης, η επιλογή των μέτρων που θα εφαρμοσθούν και ο χρονικός προγραμματισμός εφαρμογής των.

5.1.2 Κατηγοριοποίηση μέτρων

Τα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης της ξηρασίας χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με

- (α) τον χρονικό ορίζοντα υλοποίησης (βραχυπρόθεσμα – μακροπρόθεσμα),
- (β) την στρατηγική δράσης που αφορούν (διαχείριση ζήτησης νερού, διαχείριση προσφοράς νερού ή διαχείριση των επιπτώσεων από την ξηρασία) και
- (γ) ανάλογα με τον τομέα που αφορούν (υδρολογικό σύστημα, σύστημα προσφοράς νερού και υποδομές, θεσμικά μέτρα).

Με βάση τον χρονικό ορίζοντα υλοποίησης και απόδοσης, τα πιθανά μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης διακρίνονται σε:

- **Μακροπρόθεσμα μέτρα.** Τα μέτρα αυτά λαμβάνονται προληπτικά, πριν από την εμφάνιση του γεγονότος ξηρασίας και στοχεύουν στην μείωση της τρωτότητας και της ευαισθησίας των υδατικών συστημάτων σε φαινόμενα ξηρασίας ή στην αύξηση της ετοιμότητας των μηχανισμών και της κοινωνίας έναντι πιθανής εμφάνισης ξηρασίας. Τα μέτρα αυτά προσανατολίζονται στην αύξηση της αξιοπιστίας των υποδομών παροχής νερού σε περιπτώσεις εμφάνισης ξηρασίας μέσω τεχνικών ή/και θεσμικών παρεμβάσεων. Ως τέτοια, σχεδιάζονται και λαμβάνονται στη φάση του μόνιμου σχεδιασμού απέναντι σε φαινόμενα ξηρασίας και αποτελούν

προληπτικές ενέργειες που ενεργούν σε βάθος χρόνου ώστε οι ωφέλειές τους να μετριάζουν τις επιπτώσεις της ξηρασίας όποτε και εάν επέλθει αυτή.

- **Βραχυπρόθεσμα μέτρα.** Τα βραχυπρόθεσμα μέτρα αντιμετωπίζουν τις άμεσες συνέπειες ενός γεγονότος ξηρασίας που ήδη συμβαίνει, μέσα σε ένα υφιστάμενο πλαίσιο υποδομών προσφοράς νερού και διαχειριστικών πολιτικών που έχουν αποφασισθεί σε προηγούμενο στάδιο, προσαρμοζόμενο βέβαια στις ειδικές συνθήκες του τρέχοντος επεισοδίου ξηρασίας εφ' όσον αυτό κριθεί αναγκαίο. Ως τέτοια, υλοποιούνται στη φάση εφαρμογής του σχεδίου διαχείρισης ξηρασίας και αφορούν την άμεση κατά το δυνατόν αντιμετώπιση των δυσμενών συνεπειών που προκύπτουν από την εμφάνιση ξηρασίας και στην μερική ή πλήρη άρση των επιπτώσεων στις συνθήκες παροχής νερού για την περιοχή που εφαρμόζονται.

Με βάση την στρατηγική δράσης που αφορούν, τα πιθανά μέτρα διακρίνονται σε:

- **Μέτρα διαχείρισης της ζήτησης.** Τα μέτρα αυτά επιδιώκουν την ρύθμιση της ζήτησης νερού και μπορεί να προηγούνται ή να έπονται της έλευσης φαινομένων ξηρασίας, ή ακόμα να εφαρμόζονται και κατά τη διάρκειά της. Τα μέτρα αυτά επιδιώκουν την μείωση της ζήτησης, είτε προληπτικά, είτε ως αποτέλεσμα των εμπειριών που αποκτήθηκαν από την διαχείριση ενός γεγονότος ξηρασίας.
- **Μέτρα διαχείρισης της προσφοράς.** Τα μέτρα αυτά επιδιώκουν την αύξηση της προσφοράς νερού ή της διαθεσιμότητας μιας ήδη υπάρχουσας ποσότητας αυτού.
- **Μέτρα διαχείρισης των επιπτώσεων.** Τα μέτρα αυτά επιδιώκουν την άρση ή τον μετριασμό των επιπτώσεων από την ξηρασία και μπορούν να είναι τόσο τεχνικής όσο και οικονομικής φύσης.

Με βάση τον τομέα που αφορούν και επηρεάζουν τα μέτρα διακρίνονται σε:

- **Μέτρα που αφορούν το υδρολογικό σύστημα.** Τα μέτρα αυτά αφορούν παρεμβάσεις στον υδρολογικό κύκλο μιας περιοχής με σκοπό την αύξηση των ποσοτήτων νερού που μπορούν να διατεθούν για την κάλυψη των αναγκών.
- **Μέτρα που αφορούν το σύστημα προσφοράς νερού και τις υποδομές.** Τα μέτρα αυτά αφορούν παρεμβάσεις στα υφιστάμενα συστήματα προσφοράς νερού με σκοπό την βελτίωσή τους και την εξοικονόμηση νερού.
- **Μέτρα που αφορούν το θεσμικό και νομικό πλαίσιο.** Πρόκειται για διοικητικά, νομικά ή θεσμικά εργαλεία που επιτρέπουν ή εξειδικεύουν πολιτικές διαχείρισης των φαινομένων ξηρασίας και των επιπτώσεών τους.

Όπως είναι προφανές από την παραπάνω ανάλυση της κατηγοριοποίησης των πιθανών μέτρων πρόληψης και αντιμετώπισης της ξηρασίας, τα μέτρα που αφορούν την φάση μόνιμου σχεδιασμού αντιμετώπισης των ξηρασιών είναι συνήθως μακροπρόθεσμα, αφορούν κυρίως την διαχείριση της ζήτησης προληπτικά αλλά μπορεί να αφορούν και την αύξηση της προσφοράς και συνηθέστερα είναι μέτρα που απλώνονται σε όλους τους τομείς ενδιαφέροντος. Αντίθετα, τα μέτρα που αφορούν την φάση εφαρμογής του σχεδίου διαχείρισης είναι συνήθως βραχυπρόθεσμα (τα μακροπρόθεσμα μέτρα εξακολουθούν να ισχύουν αλλά θεωρητικά έχουν ήδη αποδώσει τα οφέλη τους μειώνοντας την ευαισθησία στα φαινόμενα ξηρασίας), αφορούν κυρίως την διαχείριση της ζήτησης αλλά και των άμεσων επιπτώσεων από την ξηρασία και πολλές φορές είναι διοικητικά και νομικά μέτρα.

Θα πρέπει στο σημείο αυτό να δοθεί έμφαση στο γεγονός ότι μέχρι σήμερα, ο συνήθης τρόπος αντίδρασης στην εμφάνιση ενός γεγονότος ξηρασίας ήταν η συχνά σπασμωδική αναζήτηση τρόπων επαύξησης της προσφοράς, παρά το γεγονός ότι ο χρόνος που διατίθεται όταν το γεγονός ξηρασίας ήδη έχει ξεκινήσει δεν είναι αρκετός για τον πλήρη και

ορθό σχεδιασμό και την υλοποίηση έργων συχνά πολύπλοκων. Η σύγχρονη αντίληψη αντιμετώπισης της ξηρασίας (η οποία είναι άλλωστε ένα φυσικό γεγονός) ρίχνει το βάρος στην διαχείριση της ζήτησης και όχι στην διαχείριση της προσφοράς. Έχει γίνει πλέον αντιληπτό ότι η συνεχής αύξηση της προσφοράς (πέραν του γεγονότος ότι έχει φυσικά και τεχνικά όρια) δεν επιλύει ποτέ πλήρως το πρόβλημα διότι στην πορεία του χρόνου δημιουργεί νέα ζήτηση η οποία όταν αποκτήσει μόνιμα χαρακτηριστικά γίνεται το ίδιο ανελαστική με την υφιστάμενη πριν από την αύξηση της προσφοράς, οδηγώντας στην ανάγκη νέας αύξησης της προσφοράς κ.ο.κ., καταλήγοντας σε ένα φαύλο κύκλο που δεν μπορεί τελικά να επιλύσει το πρόβλημα.

5.2 Φάση μόνιμου σχεδιασμού

5.2.1 Επίπεδα προειδοποίησης – στόχοι και μέτρα που αναλογούν

Το προτεινόμενο σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης που βασίζεται στον δείκτη SPI έχει περιγραφεί στην ενότητα 3.2 του παρόντος. Ωστόσο, μια από τις σημαντικές αποφάσεις που απαιτείται να ληφθούν αφορά τον χαρακτηρισμό των επιπέδων προειδοποίησης και τις διοικητικές πράξεις που συνοδεύουν το καθένα ώστε να είναι σαφές το πότε ενεργοποιείται το σχέδιο διαχείρισης δηλαδή πότε κηρύσσεται κάποια περιοχή ως ευρισκόμενη σε ή ενώπιον ενός γεγονότος ξηρασίας. Από μόνος του ο δείκτης που χρησιμοποιείται κατά τη στιγμή που αυτός υπολογίζεται, όπως προβλέπεται στο σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης, ενδεχομένως να μην είναι αρκετά σαφής σε όλες τις περιπτώσεις όσον αφορά το επίπεδο προειδοποίησης που πρέπει να ανακοινωθεί.

Τα τελευταία χρόνια, σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες που αντιμετωπίζουν συχνά γεγονότα ξηρασίας, όπως η Ισπανία, έχουν γίνει προσπάθειες να εγκαθιδρυθούν επίπεδα προειδοποίησης στη βάση αντικειμενικών δεικτών, όπως το εδώ προτεινόμενο σύστημα. Σε πρόσφατο διεθνές ερευνητικό πρόγραμμα που αφορά την ανάπτυξη οδηγιών διαχείρισης της ξηρασίας για τις μεσογειακές χώρες (MEDROPLAN) έγινε μια προσπάθεια συγκερασμού και ομαδοποίησης των διαφόρων επιπέδων προειδοποίησης που έχουν κατά καιρούς προταθεί – ανεξάρτητα του δείκτη ή των δεικτών που χρησιμοποιούνται – και συσχέτισή τους με συγκεκριμένους στόχους και μέτρα αντιμετώπισης φαινομένων ξηρασίας. Η προσπάθεια αυτή κατέληξε στον ορισμό τριών (3) διακριτών επιπέδων προειδοποίησης, τα οποία είναι χρήσιμα ως οδηγός και για το παρόν σχέδιο διαχείρισης και παρατίθενται στον Πίνακα 5.1 κατωτέρω.

Στην ιεράρχηση των επιπέδων προειδοποίησης περιλαμβάνεται και το αρχικό επίπεδο, αυτό της «ετοιμότητας» το οποίο αναφέρεται στις κανονικές περιόδους, δηλαδή όταν δεν παρατηρούνται φαινόμενα ξηρασίας. Περιλαμβάνεται στον Πίνακα 5.1 διότι αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση ώστε να λειτουργήσουν τα υπόλοιπα επίπεδα προειδοποίησης αφού αποτελεί το στάδιο εκείνο της προετοιμασίας που περιλαμβάνει την ανάπτυξη και την ενεργοποίηση του μηχανισμού προειδοποίησης και του σχεδίου διαχείρισης φαινομένων ξηρασίας.

Πίνακας 5.1. Επίπεδα προειδοποίησης ξηρασίας και σχετικοί στόχοι και μέτρα.

Επίπεδο	Κατάσταση δεικτών	Στόχος σχεδίου διαχείρισης	Μέτρα
Ετοιμότητα	Οι δείκτες υποδεικνύουν κανονική κατάσταση	Καλή λειτουργία του μηχανισμού έγκαιρης προειδοποίησης – Ύπαρξη επικαιροποιημένου σχεδίου διαχείρισης	Ανάπτυξη σχεδίου διαχείρισης και πρακτικών αναθεώρησης και επικαιροποίησης αυτού. Εφαρμογή συστήματος παρακολούθησης και έγκαιρης προειδοποίησης. Μακροπρόθεσμα μέτρα. Νέες υποδομές ή εκσυγχρονισμός υφιστάμενων, έργα αύξησης προσφοράς, μείωσης της ζήτησης, έργα μεταφοράς νερού, συντονισμός με αναπτυξιακές πολιτικές και πολιτική χρήσεων γης.
Προοίμιο συναγερμού	Οι δείκτες υποδεικνύουν αρχικά στάδια κινδύνου – δεν παρατηρούνται ακόμα επιπτώσεις (ενδείξεις μετεωρολογικής ξηρασίας)	Ενημέρωση και διασφάλιση συναίνεσης στα μέτρα που τυχόν χρειασθεί να παρθούν. Ενημέρωση και αύξηση του επιπέδου συνειδητοποίησης του πιθανού κινδύνου.	Μέτρα χαμηλού κόστους, έμμεσου χαρακτήρα και σε εθελοντική βάση. Μη τεχνικά μέτρα διαχείρισης της ζήτησης για την αποφυγή δυσάρεστων καταστάσεων. Έμφαση στην επικοινωνία και την συνειδητοποίηση του προβλήματος. Εντατικοποίηση της παρακολούθησης και αξιολόγηση δυνητικά αρνητικών σεναρίων.
Συναγερμός	Η ξηρασία έχει εμφανισθεί. Αναμένονται επιπτώσεις εάν δεν ληφθούν άμεσα μέτρα (μετεωρολογική και/ή υδρολογική ξηρασία)	Υπέρβαση της δυσχερούς κατάστασης. Διασφάλιση της προσφοράς νερού σε όλες τις χρήσεις βάσει συμφωνηθέντων προτεραιοτήτων μέχρι να ληφθούν έκτακτα μέτρα.	Μέτρα χαμηλού κόστους, άμεσου χαρακτήρα, υποχρεωτικά και με άμεση επίπτωση στο κόστος κατανάλωσης. Μη τεχνικά μέτρα διαχείρισης της ζήτησης στοχευμένα σε χρήστες ειδικού χαρακτήρα (π.χ. αγροτική χρήση, βιομηχανία). Περιορισμοί σε χρήσεις που δεν επηρεάζουν το πόσιμο νερό. Αλλαγές στην διοικητική διαχείριση, αναθεώρηση τιμολογίων παροχής, ανταλλαγή δικαιωμάτων χρήσης νερού.
Έκτακτη ανάγκη	Η ξηρασία εμμένει και έχουν σημειωθεί επιπτώσεις. Δεν διασφαλίζεται η παροχή νερού οικιακής κατανάλωσης (κοινωνικοοικονομική ξηρασία)	Ελαχιστοποίηση ζημιών. Προτεραιότητα η διασφάλιση της παροχής πόσιμου νερού.	Μέτρα υψηλού κόστους, άμεσου χαρακτήρα και περιοριστικά, για λόγους έκτακτου δημοσίου συμφέροντος. Τεχνικά μέτρα αύξησης της προσφοράς, νέα έργα, αδειοδότηση νέων γεωτρήσεων. Περιορισμοί σε όλες τις χρήσεις, περιλαμβανομένης της οικιακής κατανάλωσης.

Η παραπάνω κατάταξη της διακινδύνευσης λόγω ξηρασίας σε διάφορα επίπεδα στοχεύει στο να αναγνωρίσει τα καταλληλότερα μέτρα που θα έχουν το καλύτερο αποτέλεσμα σε σχέση με τον στόχο που τίθεται ανάλογα με το επίπεδο προειδοποίησης.

- Το επίπεδο προειδοποίησης «Προοίμιο συναγερμού» κηρύσσεται όταν το σύστημα παρακολούθησης υποδεικνύει ότι βρισκόμαστε στις αρχές εμφάνισης ενός επεισοδίου ξηρασίας. Με βάση το δείκτη SPI που χρησιμοποιείται για το εδώ προτεινόμενο σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης, το επίπεδο αυτό θα μπορούσε να αντιστοιχεί σε τιμές του δείκτη που κατά τον προβλεπόμενο χρόνο υπολογισμού είναι αρνητικές και πλησιάζουν αλλά δεν έχουν ξεπεράσει την τιμή-ορόσημο $-1,0$ κινούνται δηλαδή στο διάστημα $[-0,5$ έως $-1,0]$. Η κατάσταση αυτή γενικά αντιστοιχεί σε συνθήκες όπου υπάρχει μέτρια διακινδύνευση ($>10\%$) κατά το επόμενο διάστημα να καταναλωθεί το διαθέσιμο νερό χωρίς να ικανοποιηθούν όλες οι χρήσεις.

Ο διαχειριστικός στόχος που τίθεται είναι η προετοιμασία για την πιθανότητα εμφάνισης ξηρασίας. Αυτό μεταφράζεται στην ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του κοινού στην πιθανότητα αυτή, την ενημέρωση σχετικά με τα μέτρα που είναι πιθανόν να ληφθούν και την εξασφάλιση της σχετικής συναίνεσης. Τα μέτρα που λαμβάνονται σε αυτό το επίπεδο, είναι γενικά έμμεσου χαρακτήρα, λαμβάνονται σε εθελοντική βάση από τους κοινωνικούς εταίρους που εμπλέκονται και είναι συνήθως χαμηλού κόστους.

Σε ό,τι αφορά την Δ/ση Υδάτων που έχει την γενική εποπτεία της διαχείρισης, οι κύριες δράσεις που θα πρέπει να αναλάβει είναι η εντατικοποίηση της παρακολούθησης (δηλ. ο επαναυπολογισμός του δείκτη κάθε μήνα μετά την κήρυξη του επιπέδου «Προοίμιο συναγερμού»), η σύσταση ή η ενεργοποίηση μιας Επιτροπής Διαχείρισης Ξηρασίας στην οποία συμμετέχουν εκπρόσωποι όλων των εμπλεκόμενων κοινωνικών εταίρων και η επεξεργασία και αξιολόγηση πιθανών δυνητικά αρνητικών σεναρίων καθώς και της κατάλληλης απάντησης σε αυτά. Σε ό,τι αφορά τους κοινωνικούς φορείς, ο στόχος είναι η ενημέρωση και η ευαισθητοποίηση των μελών τους σχετικά με τον πιθανό κίνδυνο. Επίσης μπορεί να λαμβάνονται μη τεχνικά μέτρα μείωσης της ζήτησης με σκοπό να αποφευχθεί η μετάβαση στο επόμενο επίπεδο προειδοποίησης.

- Το επίπεδο προειδοποίησης «Συναγερμού» κηρύσσεται όταν το σύστημα παρακολούθησης υποδεικνύει ότι το γεγονός ξηρασίας έχει επέλθει (δηλ. η τιμή του δείκτη SPI ξεπερνά την τιμή $-1,0$) και αναμένεται να εμφανισθούν δυσμενείς επιπτώσεις στο μέλλον εάν δεν ληφθούν άμεσα μέτρα αντιμετώπισης της κατάστασης. Η κατάσταση αυτή αντιστοιχεί σε σχετικά σημαντική πιθανότητα ($>30\%$) να υπάρξουν υδατικά ελλείμματα στο άμεσο μέλλον.

Ο διαχειριστικός στόχος στην περίπτωση αυτή είναι η υπέρβαση της ξηρασίας και η αποφυγή εμφάνισης προβλημάτων με την λήψη μέτρων εξοικονόμησης νερού και την διάθεση επιπλέον ποσοτήτων από τα στρατηγικά αποθέματα (βλ. ενότητα 5.4). Τα μέτρα που λαμβάνονται στο επίπεδο αυτό είναι άμεσου χαρακτήρα, είναι υποχρεωτικά για τους κοινωνικούς φορείς και έχουν συνήθως χαμηλό έως μέσο κόστος εφαρμογής. Δεν αποκλείεται όμως να επιφέρουν σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις σε ορισμένους από τους χρήστες. Τα μέτρα είναι μη τεχνικά μέτρα διαχείρισης της ζήτησης και στοχεύουν σε συγκεκριμένους φορείς και ομάδες χρηστών. Παράδειγμα τέτοιων μέτρων αποτελούν περιορισμοί σε χρήσεις που δεν επηρεάζουν το πόσιμο νερό (άρδευση, βιομηχανική χρήση, κλπ.) και ανταλλαγές δικαιωμάτων χρήσης μεταξύ χρηστών.

Η λήψη των μέτρων υπόκειται στην καθορισμένη ιεραρχία των χρήσεων κατά τη διάρκεια φαινομένων ξηρασίας που πρέπει να έχει συμφωνηθεί εκ των προτέρων (βλ. επόμενη ενότητα). Ο καθορισμός αυτός είναι ιδιαίτερα σημαντικός αφού οι

συνηθισμένες προτεραιότητες χρήσεων και τα δικαιώματα χρήσης νερού ανατρέπονται σε περίπτωση ξηρασίας.

- Το επίπεδο προειδοποίησης «Εκτάκτου Ανάγκης» κηρύσσεται όταν οι δείκτες υποδείξουν ότι η ξηρασία εμμένει (ο δείκτης SPI παραμένει συνεχώς γύρω και κάτω από την τιμή -1,0 και ενδεχομένως φθάνει και κάτω από -2,0). Στο επίπεδο της πραγματικής διαχείρισης του νερού έχουν ήδη διαπιστωθεί επιπτώσεις στις διάφορες χρήσεις και επομένως η συνέχιση της παροχής νερού σε περίπτωση περαιτέρω εμμονής της ξηρασίας δεν διασφαλίζεται.

Σε αυτό το επίπεδο ο διαχειριστικός στόχος είναι η κατά το δυνατόν ελαχιστοποίηση των ζημιών και η αντιμετώπιση των επιπτώσεων. Απόλυτη προτεραιότητα αποτελεί η εξασφάλιση πόσιμου νερού και ενδεχομένως κάποιων ποσοτήτων για ευαίσθητες καλλιέργειες (που αφορούν σημαντικό φυτικό κεφάλαιο). Τα μέτρα που λαμβάνονται σε αυτό το επίπεδο είναι υψηλού οικονομικού και κοινωνικού κόστους και συνήθως είναι άμεσου χαρακτήρα και περιοριστικά. Μπορεί να απαιτηθεί ειδική νομική κάλυψη για την εφαρμογή ορισμένων μέτρων, τα οποία προωθούνται ως έκτακτα μέτρα υπεράσπισης του δημοσίου συμφέροντος υπό συνθήκες εξαιρετικής ξηρασίας. Παράδειγμα τέτοιων μέτρων είναι οι περιορισμοί στη χρήση του νερού για όλους πλέον τους χρήστες, περιλαμβανομένων των οικιακών καταναλωτών, οικονομικά μέτρα όπως έκτακτα τιμολόγια για καταναλώσεις πάνω από ένα καθορισμένο επίπεδο αλλά και τεχνικά μέτρα όπως νέες υποδομές, αδειοδότηση νέων γεωτρήσεων ή μεταφορών νερού από άλλες περιοχές.

5.2.2 Καθορισμός προτεραιοτήτων χρήσεων κατά την διάρκεια του γεγονότος ξηρασίας

Ο καθορισμός προτεραιοτήτων χρήσεων κατά την διάρκεια ενός γεγονότος ξηρασίας συνήθως αγνοείται στο επίπεδο της αναγκαίας διοικητικής προετοιμασίας επειδή ένα γεγονός ξηρασίας τείνει να έχει πολλές και διαφορετικές επιπτώσεις έτσι ώστε να καθίσταται δυσχερής ο καθορισμός αυτός. Ακόμα, η συνήθως αργή εκδήλωση ενός γεγονότος ξηρασίας καθιστά δύσκολη την επιλογή της κατάλληλης χρονικής στιγμής για την ανάληψη αποφασιστικής δράσης.

Γενικά, σε μια παρόμοια κατάσταση οι χρήσεις κατατάσσονται σε δύο επίπεδα προτεραιότητας:

- Το πρώτο επίπεδο έχει να κάνει με την διασφάλιση επαρκών ποσοτήτων νερού οικιακής κατανάλωσης προκειμένου να διαφυλαχθεί η δημόσια υγεία, η δημόσια ασφάλεια και οι ανθρώπινες ανάγκες.
- Το δεύτερο επίπεδο προτεραιότητας είναι η ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων επί της τοπικής οικονομίας, των επιπτώσεων επί του περιβάλλοντος και της κοινωνικής ευμάρειας.

Η νομοθεσία επιβάλλει ότι η ύδρευση για οικιακή κατανάλωση και πόσιμο νερό προηγείται κάθε άλλης χρήσης νερού. Συνεπώς δεν τίθεται ζήτημα επανακαθορισμού της πρωτοκαθεδρίας της υδρευτικής χρήσης. Πέραν της ύδρευσης του πληθυσμού και εντός των παραπάνω γενικών επιπέδων προτεραιότητας πρέπει ωστόσο να καθορισθούν επακριβώς οι προτεραιότητες όλων των άλλων επιμέρους χρήσεων που θα ισχύουν σε κατάσταση ξηρασίας. Ο καθορισμός αυτός θα μπορούσε να γίνει ακόμα καλύτερα και σε επίπεδο μεγάλων χρηστών εντός μιας κατηγορίας χρήσης, όπως π.χ. καθορισμός προτεραιοτήτων μεταξύ μεγάλων καταναλωτών αρδευτικού νερού (π.χ. ΤΟΕΒ) στη βάση των εναλλακτικών δυνατοτήτων τροφοδοσίας που διαθέτουν ή στη βάση της σχετικής

μεταξύ τους ευαισθησίας που παρουσιάζουν στο φαινόμενο λόγω της φύσης των καλλιεργειών με τις οποίες ασχολούνται κατά πλειοψηφία.

Ο καθορισμός πρέπει να γίνει μέσω μιας διαδικασίας δημόσιας διαβούλευσης στην οποία θα πρέπει να εμπλακούν όλοι οι κοινωνικοί εταίροι. Ο καθορισμός αυτός είναι εξαιρετικά σημαντικός για την εξασφάλιση συναίνεσης και την αποφυγή συγκρούσεων και εμπλοκών όταν παρουσιασθεί το γεγονός ξηρασίας.

5.2.3 Μακροπρόθεσμα μέτρα προετοιμασίας και πρόληψης

Ο Πίνακας 5.2 παρουσιάζει έναν κατάλογο πιθανών μακροπρόθεσμων μέτρων τα οποία εφαρμόζονται στη φάση μόνιμου σχεδιασμού.

Πίνακας 5.2. Κατάλογος μακροπρόθεσμων μέτρων αντιμετώπισης ξηρασίας.

Στρατηγική δράσης	Τομέας	Μέτρο
Διαχείριση ζήτησης	Διαχείριση υποδομών διανομής νερού	Υιοθέτηση προγραμματισμού παροχής νερού σε κλειστά δίκτυα διανομής
	Εξοικονόμηση νερού (χρήσεις εκτός γεωργίας)	Έκτακτα τιμολόγια χρήσης Νομοθεσία και κανονισμοί χρήσης Εκπαίδευση και ενημέρωση Επαναχρησιμοποίηση νερού
	Εξοικονόμηση νερού στην γεωργία	Μείωση ευαισθησίας καλλιεργειών στην έλλειψη νερού Αύξηση αποδοτικότητας χρήσης (μείωση απωλειών μεταφοράς/διανομής) Διαχείριση καλλιεργειών και εδαφών Βελτίωση συστημάτων άρδευσης Επέκταση στάγδην άρδευσης Προγραμματισμός άρδευσης Κίνητρα για την διενέργεια άρδευσης μετά την δύση του ήλιου Κίνητρα εξοικονόμησης νερού Ενημέρωση αγροτών Συμμετοχή των αγροτών στην διαμόρφωση εκτάκτου προγραμματισμού παροχής αρδευτικού νερού
Διαχείριση επιπτώσεων	Προληπτικός σχεδιασμός Έκτακτα μέτρα για την αντιμετώπιση επιπτώσεων της ξηρασίας	Ανάπτυξη συστήματος παρακολούθησης και έγκαιρης προειδοποίησης Ανάπτυξη ασφαλιστικών καλύψεων
Διαχείριση προσφοράς	Τεχνητός εμπλουτισμός υπόγειων υδατικών συστημάτων	Μικρές λίμνες (επιπέδου αγροκτήματος) Συλλογή ομβρίων υδάτων
	Στρατηγικά αποθέματα – έκτακτες πηγές νερού για τη διαχείριση της ξηρασίας	Ανάπτυξη συνδυασμένης χρήσης επιφανειακών και υπόγειων υδάτων Ενθάρρυνση χρήσης μη-συμβατικών πηγών νερού Συστήματα υδρολογικής πρόγνωσης

Αναπλήρωση υπόγειας υδροφορίας Βελτίωση λειτουργίας ταμιευτήρων	Ενίσχυση αναπλήρωσης υπογείων υδάτων Αναβάθμιση παρακολούθησης ταμιευτήρων, εφαρμογή μοντέλων διακινδύνευσης και υποστήριξης αποφάσεων
Διαχείριση ταμιευτήρων	Βελτίωση διαχείρισης μεγάλων ταμιευτήρων
Εξοικονόμηση νερού, διαχείριση και συντήρηση υποδομών	Παρακολούθηση των συστημάτων διανομής (υδρόμετρα) Χρήση συστημάτων πληροφορικής και νέων τεχνολογιών Εισαγωγή αυτοματισμών και τηλεδιαχείρισης στην διαχείριση διωρύγων και καναλιών Υιοθέτηση διανομένων χαμηλής πίεσης Υιοθέτηση προγραμματισμού παροχής νερού με βάση τη ζήτηση Ενδιάμεσες αποθηκεύσεις νερού (π.χ. σε τάφρους) Αποτελεσματική συντήρηση υποδομών Παρακολούθηση και αξιολόγηση της απόδοσης των συστημάτων διανομής Εκπαίδευση προσωπικού Μέτρα εξοικονόμησης νερού για την πρόληψη της ξηρασίας

Πηγή: προσαρμογή από Moneo and Iglesias, 2008

5.3 Φάση εφαρμογής μέτρων αντιμετώπισης

5.3.1 Πολιτική ανακοίνωσης της έλευσης ξηρασίας

Όπως προαναφέρθηκε στη φάση αυτή το γεγονός ξηρασίας έχει ξεκινήσει ή υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις περί τούτου και επομένως έχει ξεκινήσει η διαδικασία αντιμετώπισής του ανάλογα με το επίπεδο προειδοποίησης στο οποίο βρισκόμαστε. Προς το σκοπό αυτό υπάρχουν μια σειρά από βραχυπρόθεσμα μέτρα τα οποία μπορούν να ληφθούν, ανάλογα με τη σοβαρότητα της κατάστασης, ώστε να αποφευχθούν οι επιπτώσεις στις χρήσεις νερού ή, σε περίπτωση που αυτό είναι αδύνατον λόγω της έντασης ή της διάρκειας του φαινομένου, να μετριασθούν κατά το δυνατόν αυτές. Στην επόμενη ενότητα θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στα βραχυπρόθεσμα μέτρα. Ωστόσο, υπάρχουν κάποιες άμεσες ενέργειες που πρέπει να εκτελέσει η αρμόδια αρχή, κάθε φορά που το επίπεδο προειδοποίησης φθάνει το «Προοίμιο συναγερμού». Για τους χειρισμούς αυτούς υπάρχουν διαφορετικές επιλογές τις οποίες πρέπει να θεωρήσει η αρμόδια αρχή πριν καταλήξει σε μια πολιτική που θα εφαρμόζεται.

- **Πολιτική ανακοινώσεων για την πιθανή ξηρασία.** Το θέμα έκδοσης επίσημης ανακοίνωσης σχετικά με την πιθανή έλευση γεγονότος ξηρασίας, αντιμετωπίζεται με σκεπτικισμό και διφορούμενα αισθήματα από πολλές υπηρεσίες παγκοσμίως που είναι επιφορτισμένες με την διαχείριση επεισοδίων ξηρασίας. Ορισμένοι πιστεύουν ότι μια επίσημη ανακοίνωση σε πρώιμο στάδιο μπορεί να λειτουργήσει αρνητικά σε μακροπρόθεσμη βάση, ιδίως εάν συμπέσουν στην σειρά μερικά γεγονότα ξηρασίας τα οποία αποδειχθούν τελικά σύντομα ή πολύ ήπια. Από την άλλη, ορισμένοι πιστεύουν ότι μια επίσημη ανακοίνωση προετοιμάζει όλους τους εμπλεκόμενους να αντιμετωπίσουν το θέμα σοβαρά και στη βάση των εκ των προτέρων συμφωνημένων διαδικασιών όπως προβλέπονται στο Σχέδιο Διαχείρισης, ενώ η αναμονή για την ανακοίνωση μόνο όταν υπάρχουν ενδείξεις για

ένα σοβαρό επεισόδιο μπορεί να οδηγήσει σε ελλιπή προετοιμασία, καθυστερήσεις στην εφαρμογή των μέτρων και την μεγέθυνση επιπτώσεων οι οποίες θα μπορούσαν να είχαν αποφευχθεί. Σε κάθε περίπτωση, η αρμόδια αρχή πρέπει να σταθμίσει τις παραπάνω επιλογές και να καταλήξει σε μια πολιτική ανακοινώσεων, όταν το σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης θα δίνει ενδείξεις ότι είναι πιθανή η έλευση ενός γεγονότος ξηρασίας.

- **Συγκρότηση Επιτροπής Διαχείρισης Ξηρασίας.** Η συγκρότηση μιας Επιτροπής Διαχείρισης Ξηρασίας σε επίπεδο Υ.Δ. ή λεκάνης απορροής, εάν αυτό απαιτείται, η οποία θα ενεργοποιείται αυτόματα όταν το σύστημα παρακολούθησης σημαίνει συναγερμό, θα βοηθήσει ιδιαίτερα στον συντονισμό και την αποτελεσματικότητα στην λήψη των μέτρων που θα απαιτηθούν, ενώ μπορεί να λειτουργεί και σαν φορέας επικοινωνίας μεταξύ των κοινωνικών εταίρων και της αρμόδιας αρχής για την διαχείριση της ξηρασίας. Στην επιτροπή αυτή θα πρέπει να εκπροσωπούνται όλοι οι φορείς παροχής νερού για όλες τις χρήσεις σε τοπικό επίπεδο καθώς και εκπρόσωποι άλλων φορέων που εμπλέκονται με θέματα διαχείρισης. Θα πρέπει να εκπροσωπούνται σε αυτήν οι κάτωθι φορείς:

- Δ/νση Υδάτων
- Δ/νση Πολιτικής Προστασίας
- ΔΕΥΑ
- Εκπρόσωπος ΤΥΔΚ
- ΓΟΕΒ / ΤΟΕΒ
- Εκπρόσωποι άλλων χρήσεων κατά περίπτωση (π.χ. ξενοδοχειακό επιμελητήριο, εμποροβιομηχανικό επιμελητήριο, κλπ.)
- Εκπρόσωπος φορέων διαχείρισης περιβάλλοντος

5.3.2 Βραχυπρόθεσμα (άμεσα) μέτρα αντιμετώπισης

Ο Πίνακας 5.3 παρουσιάζει έναν κατάλογο πιθανών βραχυπρόθεσμων μέτρων τα οποία εφαρμόζονται στη φάση εφαρμογής του σχεδίου διαχείρισης.

Πίνακας 5.3. Κατάλογος βραχυπρόθεσμων μέτρων αντιμετώπισης ξηρασίας.

Στρατηγική δράσης	Τομέας	Μέτρο
Διαχείριση ζήτησης	Μέθοδοι διαχείρισης και εξοικονόμησης νερού	Οικονομικά κίνητρα και ποινές Εκστρατεία άμεσης μείωσης της κατανάλωσης Περιορισμοί χρήσης
Διαχείριση επιπτώσεων	Έκτακτα μέτρα για την αντιμετώπιση επιπτώσεων της ξηρασίας	Αποζημιώσεις απώλειας εισοδήματος Επιχορήγηση σύναψης ασφαλιστικών συμβολαίων για απώλεια γεωργικής παραγωγής Φοροαπαλλαγές και εκπτώσεις φόρων Προσωρινή αναδιανομή υδατικών πόρων

Διαχείριση προσφοράς	Εναλλακτική αποθήκευση νερού – έλεγχος απωλειών και μη ωφέλιμων χρήσεων	Πρόχειρες δεξαμενές συλλογής νερού Εντοπισμός και επισκευή διαρροών σε δίκτυα Εντοπισμός απωλειών σε συστήματα παροχής νερού
	Έκτακτη παροχή νερού για την αντιμετώπιση της ξηρασίας	Μεταβίβαση δικαιωμάτων χρήσης Επανάχρηση επεξεργασμένου νερού ή νερού χαμηλής ποιότητας
	Χρήση υπόγειων υδάτων	Προσωρινή υπεράντληση υδροφορέων Χρήση στρατηγικών αποθεμάτων
	Χρήση μη συμβατικών πηγών νερού	Συλλογή ομβρίων υδάτων
	Διαχείριση οικοσυστημάτων	Προσωρινή χαλάρωση καθορισμένων περιβαλλοντικών παροχών – προβλέψεων περιβαλλοντικών όρων
	Συλλογή και αποθήκευση νερού	Μέτρα μείωσης της εξάτμισης από δεξαμενές υδάτων Αλλαγή κανόνων λειτουργίας ταμιευτήρων Αλλαγή εξοπλισμού εκροής νερού από ταμιευτήρες Επένδυση ανεπένδυτων τάφρων και επισκευή διωρύγων μεταφοράς

Πηγή: προσαρμογή από Moneo and Iglesias, 2008

5.4 Εναλλακτικές πηγές νερού και στρατηγικά υδατικά αποθέματα

Όπως δείχνει ο δείκτης WEI^{GR} που υπολογίστηκε για τις υπολεκάνες του Υ.Δ. 12 (βλ. κεφ. 2), οι διαφορετικές περιοχές του Υ.Δ. έχουν διαφορετική ευαισθησία στην παρουσία φαινομένων ξηρασίας αφού ο δείκτης εκμετάλλευσης διαφέρει κατά πολύ μεταξύ τους.

Ο καθορισμός στρατηγικών υδατικών αποθεμάτων ουσιαστικά ενδιαφέρει τις βεβαρυμένες από την άποψη βαθμού εκμετάλλευσης των υδάτων λεκάνες του Υ.Δ. δηλαδή τις λεκάνες GR08 και GR09. Οι λεκάνες αυτές διαθέτουν μόνον ίδιους πόρους (δεν είναι διασυνοριακές) και η εκμετάλλευση κυρίως της υπόγειας υδροφορίας των πεδινών τους περιοχών έχει οδηγήσει στην ποιοτική υποβάθμιση των υπόγειων υδατικών συστημάτων που έχουν προσδιορισθεί στο έδαφός τους. Το πρόβλημα των λεκανών αυτών είναι ευρέως γνωστό και για αυτό το λόγο έχουν αποτελέσει αντικείμενο ενδελεχούς διερεύνησης στο πλαίσιο πρόσφατων μελετών. Από την άποψη της διαθεσιμότητας στρατηγικών αποθεμάτων, δυστυχώς δεν υπάρχει κανένα υδατικό σύστημα που να μπορεί να προσφέρει ένα τέτοιο απόθεμα καθώς τα υπόγεια υδατικά συστήματα των λεκανών δεν διαθέτουν επαρκή αποθέματα και βρίσκονται ήδη υπό μεγάλες πιέσεις.

Η λύση που έχει προωθηθεί συνολικά για τις δύο αυτές λεκάνες αφορά στην προμήθεια νερού από εναλλακτικές πηγές υδροδότησης ώστε να αρθούν οι διαπιστούμενες επιπτώσεις στα ΥΥΣ. Για την λεκάνη GR08 η εναλλακτική πηγή νερού που έχει προταθεί από πρόσφατη μελέτη του ΥΠΑΑΤ (2006) είναι η υδροδότηση από τον π. Νέστο και συγκεκριμένα η χρήση ενός μέρους των υδάτων που αποθηκεύονται στον ταμιευτήρα Θησαυρού (η συνολική ποσότητα εξυπηρετεί και άλλες χρήσεις σε άλλες περιοχές). Για μέρος της λεκάνης GR08 (ανατολικά της Βιστωνίδας) αλλά και την λεκάνη GR09 η λύση που έχει προταθεί είναι η αξιοποίηση των επιφανειακών νερών της λεκάνης μέσω ταμιεύσεων σε φράγματα. Η λύση αυτή έχει μερικώς ήδη δρομολογηθεί με την κατασκευή του φράγματος Ιασίου (το οποίο πλησιάζει στην ολοκλήρωσή του) και την προώθηση του φράγματος Ιάσμου που βρίσκεται στην φάση περιβαλλοντικής αδειοδότησης. Στην ίδια περιοχή έχουν μελετηθεί σε προκαταρκτικό στάδιο και τα φράγματα Αράτου, Δειλινών και Νέας Σάντας.

5.5 Μέτρα εκπαίδευσης και ενημέρωσης

Για την αποτελεσματική εφαρμογή του Σχεδίου Διαχείρισης Ξηρασίας, είναι απαραίτητη η συνειδητή συμμετοχή όλων των κοινωνικών εταίρων. Αυτό μπορεί να εξασφαλισθεί μόνον με την επίτευξη ευρείας συναίνεσης στα μέτρα που ενδεχομένως πρέπει να ληφθούν όταν σημάνει συναγερμός για ενδεχόμενη ξηρασία. Η επίτευξη της συναίνεσης μπορεί να γίνει μόνον εφ' όσον το κοινό και οι φορείς είναι επαρκώς ενημερωμένοι σε χρόνο όπου το πρόβλημα δεν έχει εμφανισθεί ακόμα. Προς το σκοπό αυτό είναι κρίσιμη η υλοποίηση δράσεων εκπαίδευσης και ενημέρωσης για τα θέματα του σχεδίου αντιμετώπισης ξηρασίας και την καλύτερη κατανόηση του ίδιου του φαινομένου.

Δράσεις ενημέρωσης για το κοινό μπορεί να είναι:

- Διοργάνωση ημερίδων και εκδηλώσεων ανοιχτών στο κοινό
- Ενημέρωση των μαθητών στα σχολεία από ειδικούς επιστήμονες
- Δημοσίευση ενημερωτικών άρθρων στον τοπικό τύπο και εκπομπών στα τοπικά τηλεοπτικά κανάλια
- Εκτύπωση και διανομή ενημερωτικών φυλλαδίων για το φαινόμενο της ξηρασίας και τα μέτρα αντιμετώπισής του
- Ανάρτηση ενημερωτικών αφισών σε δημόσιες υπηρεσίες και καταστήματα εξυπηρέτησης του κοινού

Δράσεις εκπαίδευσης και ενημέρωσης για τους φορείς και τις υπηρεσίες:

- Δημιουργία μηχανισμού έγκαιρης προειδοποίησης σύμφωνα με τα περιγραφόμενα στο παρόν (κεφ. 3). Καθορισμός υπηρεσιακής δομής που θα ασχολείται με το θέμα στη Δ/ση Υδάτων. Ενημέρωση των υπαλλήλων σχετικά με το νέο αυτό μηχανισμό και την λειτουργία του.
- Καθορισμός ατόμων που θα επεξεργάζονται τα δεδομένα και θα υπολογίζουν τους δείκτες ξηρασίας και εκπαίδευσή τους στον υπολογισμό του δείκτη
- Εκπαίδευση και ενημέρωση και άλλων ατόμων από συναφείς τοπικές υπηρεσίες ώστε να υπάρχει η δυνατότητα αναπλήρωσης
- Οργάνωση συσκέψεων και συναντήσεων μεταξύ της Δ/σης Υδάτων και τοπικών υπηρεσιών του Υ.Δ. ώστε να καθορισθούν μέσω μιας διαδικασίας διαβούλευσης οι προτεραιότητες χρήσεων σε περίπτωση ξηρασίας και τα καθήκοντα των επιμέρους υπηρεσιών.
- Οργάνωση ημερίδας για την ενημέρωση επί του σχεδίου αντιμετώπισης ξηρασίας όλων των εμπλεκόμενων υπηρεσιών σε περιφερειακό επίπεδο.

6 Συμπεράσματα

Για την αποτελεσματική εφαρμογή του παρόντος σχεδίου αντιμετώπισης ξηρασίας είναι αναγκαίο να υλοποιηθούν σε σύντομο χρόνο τα κάτωθι:

- Ενημέρωση της αρμόδιας αρχής (Δ/νση Υδάτων) σχετικά με τα προβλεπόμενα στο σχέδιο και τα εργαλεία διαχείρισης που προτείνονται.
- Σύσταση Επιτροπής Διαχείρισης Ξηρασίας μετά από διαβούλευση με υπηρεσίες και φορείς και καθορισμός των συμμετεχόντων και των εκπροσώπων σε αυτήν.
- Καθορισμός καταλόγου εμπλεκόμενων υπηρεσιών σε θέματα ξηρασίας σε περιφερειακό επίπεδο και για όλο το Υ.Δ. Επαφή με τις υπηρεσίες για ενημέρωση και καθορισμός προσώπου επαφής.
- Δημιουργία μηχανισμού παρακολούθησης και έγκαιρης προειδοποίησης ξηρασίας στην Δ/νση Υδάτων. Καθορισμός ατόμων που επιφορτίζονται με το καθήκον αυτό και εκπαίδευσή τους.
- Υλοποίηση οργανωτικών και ενημερωτικών συσκέψεων με τις εμπλεκόμενες υπηρεσίες για τον καθορισμό προτεραιοτήτων χρήσης και των καθηκόντων έκαστης υπηρεσίας στο πλαίσιο του σχεδίου διαχείρισης.
- Καθορισμός, μέσα από μια διαδικασία διαβούλευσης μεταξύ των εμπλεκόμενων υπηρεσιών καταλόγου βραχυπρόθεσμων μέτρων που θα λαμβάνονται σε περίπτωση συναγεμμού ξηρασίας και εξειδίκευσή τους.
- Επικαιροποίηση και συμπλήρωση του σχεδίου αντιμετώπισης με τα αποτελέσματα των παραπάνω διαβουλεύσεων και ευρεία διανομή του τελικού κειμένου σε όλους τους εμπλεκόμενους.

Επίσης, λόγω των ιδιαίτερων συνθηκών του Υ.Δ., είναι αναγκαίο να επιδιωχθεί άμεσα η επέκταση της υφιστάμενης διαδικασίας συνεργασίας με τη Βουλγαρία και στον τομέα της προειδοποίησης για φαινόμενα ξηρασιών. Για να λειτουργήσει το προτεινόμενο σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης θα πρέπει να αξιοποιηθούν βροχομετρικά δεδομένα της Βουλγαρίας εντός της λεκάνης του Στρυμόνα. Αφού επιλεγούν βάσει των ιστορικών στοιχείων οι καταλληλότεροι σταθμοί, θα πρέπει κατόπιν να συμφωνηθεί μια μόνιμη διαδικασία παροχής των απαραίτητων δεδομένων από την Βουλγαρική πλευρά στις προκαθορισμένες χρονικές περιόδους ώστε να υπολογίζονται οι σχετικοί δείκτες.

7 Αναφορές

1. Βαφειάδης Μ, (2000), Εισαγωγή στην Επιφανειακή Υδρολογία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος
2. Richard R. Heim Jr. (2002), "A Review of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States", Bulletin of the American Meteorological Society, August 2002, p. 1149 – 1165
3. World Meteorological Organization (2005), Working Group on Hydrology, Regional Association VI (Europe), "Drought Assessment and Forecasting, Drought Within the Context of the Region VI", WGH/RA VI/Doc.8, 26.04.2005
4. Σπηλιωτόπουλος Μ.Ε. (1997), Συμβολή στη Μελέτη της Ξηρασίας στην Ευρύτερη Περιοχή του Αιγαίου Πελάγους, Διπλωματική Εργασία ΜΔΕ Φυσικής Περιβάλλοντος, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Φυσικό Τμήμα
5. Condra G.E. (1994), "Drought: Its Effect and Measures of Control in Nebraska", Nebraska Conservation Bulletin 25, University of Nebraska, Lincoln, Conservation and Survey Division, NE p. 43,
6. Μπαλούτσος Γ. (1992) "Εκτίμηση Μετεωρολογικής Ξηρασίας στην Ελλάδα", Πρακτικά Συνεδρίου "Ξηρασία και Πλημμύρες", Θεσσαλονίκη
7. Ελληνική Μετεωρολογική Εταιρεία (1998), Ερμηνευτικό Λεξικό Μετεωρολογικών και Κλιματολογικών Όρων, Αθήνα
8. Ευρωπαϊκή Ένωση, Ευρω-Μεσογειακό Περιφερειακό Πρόγραμμα για την Τοπική Διαχείριση Υδάτων, MEDAWater, Μεσογειακή Ετοιμότητα και Σχεδιασμός Περιορισμού της Ξηρασίας MEDROPLAN (2006), Οδηγίες Διαχείρισης της Ξηρασίας, http://www.iamz.ciheam.org/medroplan/guidelines/archivos/guidelines_greek.pdf, 26/06/2012
9. World Meteorological Organization (1992), International Meteorological Vocabulary, Second edition, WMO No. 182
10. Friedman D.G. (1957), "The Prediction of Long-Continuing Drought in South and Southwest Texas", Occasional Papers in Meteorology No. 1, The Travelers Weather Research Center, Hartford, CT, p. 182
11. Palmer W.C. (1965), "Meteorological Drought", U.S. Weather Bureau Research Paper 45, p. 58
12. Palmer W.C. (1968), "Keeping track of Crop Moisture Conditions Nationwide: The New Crop Moisture Index", Weatherwise 21(4), p. 156 – 161
13. 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 of the Western Snow Conference, p. 164 – 175
14. Gibbs W.J. and Maher J.V. (1967), "Rainfall Deciles as Drought Indicators", Bulletin of the Bureau of Meteorology No. 48, Melbourne
15. McKee, T.B., Doesken N.J., Kleist J. (1993), "The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales", Proceedings of the eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim, California, p. 179 – 184

16. Svoboda M. (2009), "Applying the Standardized Precipitation Index as a Drought Indicator", National Drought Mitigation Center, University of Nebraska, Lincoln, Mali Drought Monitoring Workshop, Bamako, September 14 – 17,2009
17. Ceglar A. (2009), Drought Indices, University of Ljubljana, Biotechnical Faculty
18. National Drought Mitigation Center, "The standardized precipitation index",spi_sl6.exe support files, <http://drought.unl.edu/MonitoringTools/DownloadableSPIProgram.aspx>, 26/06/2012
19. ΥΠ.Α.Α.Τ., Οριστική Μελέτη Φράγματος Ιάσμου Νομού Ροδόπης, Υδρολογική Μελέτη, 159 σελίδες, Αθήνα, Φεβρουάριος 2010
20. ENM, Εξάρχου – Νικολόπουλος - Μπενσασσών Σύμβουλοι Μηχανικοί ΕΠΕ, Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Μακεδονίας, Κεντρικής Μακεδονίας, Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, Φάση Α, Τεύχος ΠΑ05, Επεξεργασία και Ανάλυση Δεδομένων Φυσικού Περιβάλλοντος, Τόμος V, Θράκη, Έκδοση 2, Ιούνιος 2006
21. Lloyd-Hudges B. and Saunders M.A. (2002), "A drought climatology for Europe", International Journal of Climatology, p. 1571-1592
22. Alcamo, J., Henrich, T., Rösch, T., 2000. World Water in 2025 – Global modeling and scenario analysis for the World Commission on Water for the 21st Century. Report A0002, Centre for Environmental System Research, University of Kassel, Germany.
23. Baltas, E.A, Mimikou, M. (2005). Climate change impacts on the water supply of Thessaloniki, International Journal of Water Resources Development, 21, n2, Selected Global Water Issues, 341-353.
24. Κουτσογιάννης, Δ., Ανδρεαδάκης Α., Μαυροδήμου Ρ., Χριστοφίδης Α., Μαμάσης Ν., Ευστρατιάδης Α., Κουκουβίνος Α., Καραβοκυρός Γ., Κοζάνης Σ., Μαμάης Δ., και Νουτσόπουλος Κ., Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, Υποστήριξη της κατάρτισης Εθνικού Προγράμματος Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, 748 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Φεβρουάριος 2008
25. Κουτσογιάννης, Δ., και Θ. Ξανθόπουλος, Τεχνική Υδρολογία, Έκδοση 3, 418 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999 (<http://itia.ntua.gr/el/docinfo/115/>)
26. Kossida M.,ETC/ICM reply to the MS comments regarding the WEI+ exercise in the Pilot River Basins, National Technical University of Athens, 2011
27. Zhang L., Dawes W.R, Walker G.R., Predicting the effect of vegetation changes on catchment average water balance, Technical Note 99/12,1999
28. Μιμίκου Μ., Α. , Μπαλτάς Ε.Α. (2006). Τεχνική Υδρολογία, 4η έκδοση, εκδόσεις Παπασωτηρίου, αρ.σελίδων 297.
29. Mimikou, M., Kounopoulos, Y., Cavvadias, G. and Vayiannos, N. (1991). Regional Hydrological Effects of Climate Change. Journal of Hydrology, 123:119-146
30. Mimikou, M., Kounopoulos, Y. and Hadjissavva, P. (1993). An Analysis of Multi -year Droughts in Greece. International Journal of Water Resources Development, Vol. 9, No. 3: 281-291
31. Morton, F.I: Estimating evapotranspiration from potential evaporation: Practicality of an iconoclastic approach. Journal of hydrology,1978

32. Palau A. and Alcazar J., The basic flow methods for incorporating flow variability in environmental flows, River Research and Applications, Vol. 28, 2012
33. ΕΝΜ, Εξάρχου – Νικολόπουλος - Μπενασσών Σύμβουλοι Μηχανικοί ΕΠΕ, Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Μακεδονίας, Κεντρικής Μακεδονίας, Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, Φάση Γ, Τεύχος ΠΓ01, Ανάπτυξη διαχειριστικού ομοιώματος υδατικών πόρων, εφαρμογή για την παρούσα κατάσταση, Τόμος V, Θράκη, Έκδοση 2, Δεκέμβριος 2007
34. Κοινοπραξία Σχεδίων Διαχείρισης Υ.Δ. Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης, Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης σύμφωνα με τις Προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του Π.Δ. 51/2007, Διαβούλευση σχεδίων διαχείρισης υδατικών πόρων, Έκθεση επισκόπησης σημαντικών ζητημάτων διαχείρισης, Υ.Δ. 12, 88 σελίδες, Αθήνα, Νοέμβριος 2011
35. Κοινοπραξία Σχεδίων Διαχείρισης Υ.Δ. Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης, Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης σύμφωνα με τις Προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του Π.Δ. 51/2007, Ενδιάμεση Φάση 1 - Τεύχος 8, Ανάλυση των ανθρωπογενών πιέσεων και των επιπτώσεών τους στα επιφανειακά και υπόγεια υδατικά συστήματα, 139 σελίδες, Αθήνα, Ιούνιος 2012
36. Κοινοπραξία Σχεδίων Διαχείρισης Υ.Δ. Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης, Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης σύμφωνα με τις Προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του Π.Δ. 51/2007, Ενδιάμεση Φάση 1 - Τεύχος 11, Καθορισμός περιβαλλοντικών στόχων περιλαμβανομένων των «εξαιρέσεων» από την επίτευξη των στόχων, Υ.Δ. 11, 38 σελίδες, Αθήνα, Μάιος 2012
37. Κοινοπραξία Σχεδίων Διαχείρισης ΥΔ Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης, Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης σύμφωνα με τις Προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του Π.Δ. 51/2007, Ενδιάμεση Φάση 2 - Τεύχος 11, Σχέδιο αντιμετώπισης φαινομένων λειψυδρίας και ξηρασίας με βάση τις αρχές του προληπτικού σχεδιασμού, Υ.Δ. 11, 38 σελίδες, Αθήνα, Ιούλιος 2012



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



www.epperaa.gr



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης