



# ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

των Λεκανών Απορροής Ποταμών  
του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Μακεδονίας

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 ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ (GR11)**

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

*Ημερομηνία πρώτης Δημοσίευσης: 2/07/2012*

*ΦΕΚ Έγκρισης Σχεδίου Διαχείρισης: 2291 Β'/13.09.2013*

## Π Ι Ν Α Κ Α Σ Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Ω Ν

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....   | <b>1</b>  |
| <b>ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ</b> .....  | <b>2</b>  |
| <b>1 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΑΚΡΑΙΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ</b> .....  | <b>3</b>  |
| 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. 11 .....                                      | 11        |
| 1.3.1 Χρησιμοποιούμενο λογισμικό και ακολουθούμενη προσέγγιση .....   | 11        |
| 1.3.2 Διαθέσιμοι βροχομετρικοί σταθμοί και δεδομένα.....  | 11        |
| 1.3.3 Περίοδος υπολογισμού SPI.....   | 14        |
| 1.3.4 Χρονικές κλίμακες υπολογισμού .....   | 15        |
| 1.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟ Υ.Δ. 11 .....   | 15        |
| 1.4.1 Δείκτης SPI-6.....  | 15        |
| 1.4.2 Δείκτης SPI-12.....   | 21        |
| 1.4.3 Δείκτης SPI-24.....   | 25        |
| 1.4.4 Σύγκριση των δεικτών .....  | 29        |
| <b>2 ΔΕΙΚΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΚΑΙ ΖΩΝΕΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ Υ.Δ. 11</b> .....  | <b>32</b> |
| 2.1 ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΥΔΑΤΩΝ .....  | 32        |
| 2.1.1 Ο δείκτης WEI (Water Exploitation Index).....   | 32        |
| 2.1.2 Ο δείκτης WEI+ .....  | 33        |
| 2.2 Ο ΔΕΙΚΤΗΣ WEI <sup>GR</sup> .....   | 37        |
| 2.3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ WEI <sup>GR</sup> ΣΤΟ Υ.Δ. 11 .....                                     | 40        |
| 2.3.1 Λεκάνες υπολογισμού .....   | 40        |
| 2.3.2 Προσφορά νερού .....  | 40        |
| 2.3.3 Ζήτηση νερού.....   | 41        |
| 2.3.4 Περιβαλλοντικές παροχές .....   | 41        |
| 2.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ WEI <sup>GR</sup> ΣΤΟ Υ.Δ. 11 .....                                 | 41        |
| 2.5 ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΚΑΙ ΖΩΝΕΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ Υ.Δ. 11 .....  | 42        |
| <b>3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΛΕΥΣΗΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ</b> .....  | <b>44</b> |
| 3.1 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΔΕΙΚΤΗ SPI ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ .....  | 44        |
| 3.1.1 Επιφανειακά υδατικά συστήματα.....  | 44        |
| 3.1.2 Υπόγεια υδατικά συστήματα.....  | 46        |
| 3.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΓΚΑΙΡΗΣ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ .....   | 48        |
| 3.2.1 Μεθοδολογία έγκαιρης προειδοποίησης.....  | 48        |
| 3.2.2 Σταθμοί αναφοράς και υπολεκάνες απορροής.....   | 49        |
| <b>4 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΤΟΧΩΝ ΤΗΣ Ο.Π.Υ.</b> ..... | <b>51</b> |
| 4.1 ΥΔΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΥΑΙΣΘΗΤΑ ΣΤΗΝ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑ .....  | 51        |
| 4.1.1 Επιφανειακά υδατικά συστήματα.....  | 51        |
| 4.1.2 Υπόγεια υδατικά συστήματα.....  | 52        |
| 4.2 ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥΣ ΣΤΟΧΟΥΣ .....   | 52        |
| 4.2.1 Επιφανειακά υδατικά συστήματα.....  | 52        |
| 4.2.2 Υπόγεια υδατικά συστήματα.....  | 53        |
| <b>5 ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΚΑΙ ΞΗΡΑΣΙΑΣ</b> .....                          | <b>55</b> |
| 5.1 ΦΑΣΕΙΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ – ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΤΡΩΝ.....   | 55        |
| 5.1.1 Φάσεις υλοποίησης και εφαρμογής σχεδίου διαχείρισης ξηρασίας .....                                    | 55        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 5.1.2    | Κατηγοριοποίηση μέτρων.....   | 55        |
| 5.2      | ΦΑΣΗ ΜΟΝΙΜΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ .....   | 57        |
| 5.2.1    | Επίπεδα προειδοποίησης – στόχοι και μέτρα που αναλογούν .....                   | 57        |
| 5.2.2    | Καθορισμός προτεραιοτήτων χρήσεων κατά την διάρκεια του γεγονότος ξηρασίας..... | 60        |
| 5.2.3    | Μακροπρόθεσμα μέτρα προετοιμασίας και πρόληψης .....                            | 61        |
| 5.3      | ΦΑΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ.....  | 62        |
| 5.3.1    | Πολιτική ανακοίνωσης της έλευσης ξηρασίας .....                                 | 62        |
| 5.3.2    | Βραχυπρόθεσμα (άμεσα) μέτρα αντιμετώπισης.....                                  | 63        |
| 5.4      | ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΑ ΥΔΑΤΙΚΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ .....                 | 64        |
| 5.5      | ΜΕΤΡΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ .....  | 67        |
| <b>6</b> | <b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>  | <b>68</b> |
| <b>7</b> | <b>ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....</b>  | <b>69</b> |

## 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. 11 .....                                    | 19 |
| Σχήμα 1.5. Μεταβολή του δείκτη SPI-6 στους βροχομετρικούς σταθμούς .....  | 20 |
| Σχήμα 1.6. Μεταβολή του δείκτη SPI-12 για το υδατικό διαμέρισμα Υ.Δ. 11 .....                                   | 23 |
| Σχήμα 1.7. Μεταβολή του δείκτη SPI-12 στους βροχομετρικούς σταθμούς .....                                       | 24 |
| Σχήμα 1.6. Μεταβολή του δείκτη SPI-24 για το υδατικό διαμέρισμα Υ.Δ. 11 .....                                   | 27 |
| Σχήμα 1.7. Μεταβολή του δείκτη SPI-24 στους βροχομετρικούς σταθμούς .....                                       | 28 |
| Σχήμα 1.8. Ένταση φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 11 για διαφορετικές χρονικές κλίμακες .....                      | 30 |
| Σχήμα 1.9. Μέγεθος φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 11 για διαφορετικές χρονικές κλίμακες .....                     | 31 |
| Σχήμα 3.1. Συσχέτιση Φάρου Προμαχώνα με τους β/μ σταθμούς 453 και 457, SPI-6 .....                              | 45 |
| Σχήμα 3.2. Συσχέτιση Φάρου Προμαχώνα με τους β/μ σταθμούς 453 και 457, SPI-12 .....                             | 46 |
| Σχήμα 3.3. Συσχέτιση Κρηνίδας με το β/μ σταθμό 460, SPI-24 .....  | 46 |
| Σχήμα 3.4. Συσχέτιση Πηγών Αγγίτη με το β/μ σταθμό 460, SPI-24 .....  | 47 |
| Σχήμα 3.5. Θέσεις εξεταζόμενων πηγών και υδρομετρικών σταθμών, Υ.Δ. 11 .....                                    | 50 |

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

|  |    |
|--|----|
| Πίνακας 1.1. Κατάταξη επεισοδίων ξηρασίας.....   | 10 |
| Πίνακας 1.2. Διαθέσιμοι βροχομετρικοί σταθμοί ΥΠΕΚΑ στο ΥΔ11.....                            | 12 |
| Πίνακας 1.3. Συσχετίσεις των διαθέσιμων μηνιαίων χρονοσειρών.....                            | 13 |
| Πίνακας 1.4. Σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν για τη συμπλήρωση των χρονοσειρών. ....            | 13 |
| Πίνακας 1.5. Χρησιμοποιούμενες βροχοβαθμίδες Υ.Δ. 11 και υψόμετρα αναγωγής. ....             | 14 |
| Πίνακας 1.6. Αναλυτική καταγραφή φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 11 (δείκτης SPI-6).....        | 16 |
| Πίνακας 1.7. Σύγκριση φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 11 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-6) .....   | 17 |
| Πίνακας 1.8. Κατηγοριοποίηση ξηρασίας στο Υ.Δ. 11 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-6) .....       | 18 |
| Πίνακας 1.9. Αναλυτική καταγραφή φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 11 (δείκτης SPI-12) .....      | 21 |
| Πίνακας 1.10. Σύγκριση φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 11 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-12) ..... | 22 |
| Πίνακας 1.11. Κατηγοριοποίηση ξηρασίας στο Υ.Δ. 11 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-12) .....     | 22 |
| Πίνακας 1.12. Αναλυτική καταγραφή φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 11 (δείκτης SPI-24) .....     | 25 |
| Πίνακας 1.13. Σύγκριση φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 11 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-24) ..... | 25 |
| Πίνακας 1.14. Κατηγοριοποίηση ξηρασίας στο Υ.Δ. 11 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-24) .....     | 26 |
| Πίνακας 2.2. Υπολογισμός του δείκτη WEI <sup>GR</sup> στο Υ.Δ. 11.....                       | 42 |
| Πίνακας 3.1. Συσχετίσεις επιφανειακής απορροής με το δείκτη SPI, Υ.Δ. 11.....                | 45 |
| Πίνακας 3.2. Συσχετίσεις πηγών με το δείκτη SPI του β/μ σταθμού Δράμας, Υ.Δ. 11.....         | 47 |
| Πίνακας 3.3. Συσχετίσεις γεωτρήσεων με το δείκτη SPI του β/μ σταθμού Τοξότες, Υ.Δ. 12 .....  | 48 |
| Πίνακας 3.4. Προτεινόμενη συσχέτιση τιμών δείκτη SPI με επίπεδα προειδοποίησης. ....         | 49 |
| Πίνακας 4.1. Περιβαλλοντικοί Στόχοι Ποτάμιων ΥΣ ευαίσθητων στην ξηρασία.....                 | 53 |
| Πίνακας 4.2. Περιβαλλοντικοί Στόχοι Λιμναίων ΥΣ ευαίσθητων στην ξηρασία.....                 | 53 |
| Πίνακας 4.3. Περιβαλλοντικοί Στόχοι Υπόγειων Υδατικών Συστημάτων .....                       | 53 |
| Πίνακας 5.1. Επίπεδα προειδοποίησης ξηρασίας και σχετικοί στόχοι και μέτρα. ....             | 58 |
| Πίνακας 5.2. Κατάλογος μακροπρόθεσμων μέτρων αντιμετώπισης ξηρασίας. ....                    | 61 |
| Πίνακας 5.3. Κατάλογος βραχυπρόθεσμων μέτρων αντιμετώπισης ξηρασίας. ....                    | 63 |



**Π Ι Ν Α Κ Α Σ Α Ν Α Θ Ε Ω Ρ Η Σ Ε Ω Ν**

---

| <b>Έκδοση</b> | <b>Ημερομηνία</b> | <b>Παρατηρήσεις</b> |
|---------------|-------------------|---------------------|
| 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 το 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. Ανατολικής Μακεδονίας [GR11]*. 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 MSc                           |

## 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].

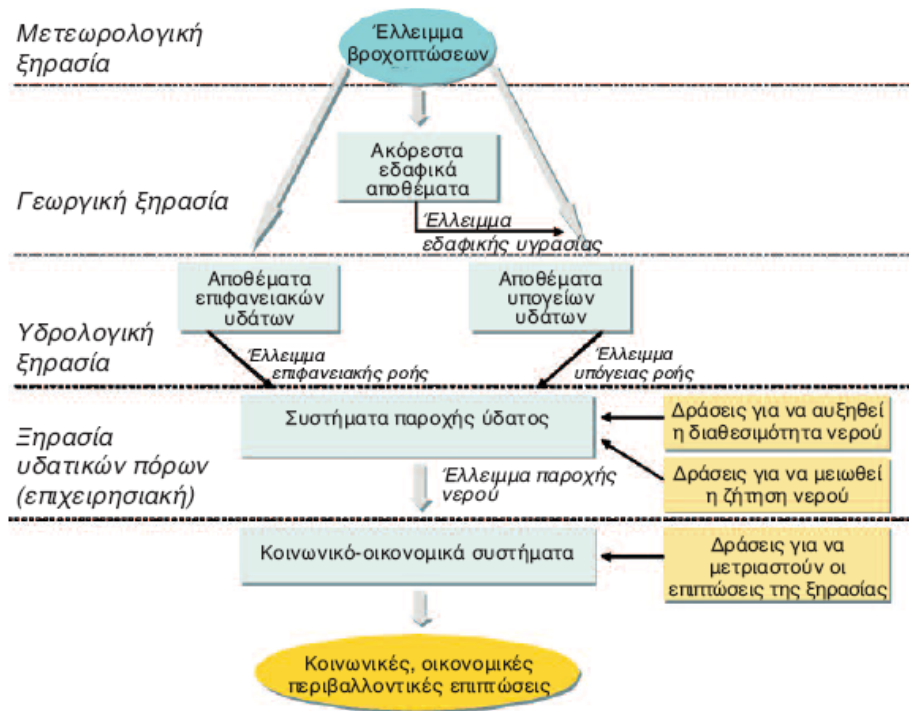
Οι ευρείες επιπτώσεις της ξηρασίας σε πολλούς τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, η μεγάλη χρονική και χωρική διασπορά του φαινομένου και η επιβαλλόμενη ανθρωπογενής ζήτηση στους υδάτινους πόρους καθιστούν δύσκολο το μονοσήμαντο ορισμό της. Έτσι, η American Meteorological Society (1997) διαχώρισε την 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 δαίτα [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 [1]:

- 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 [10]

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

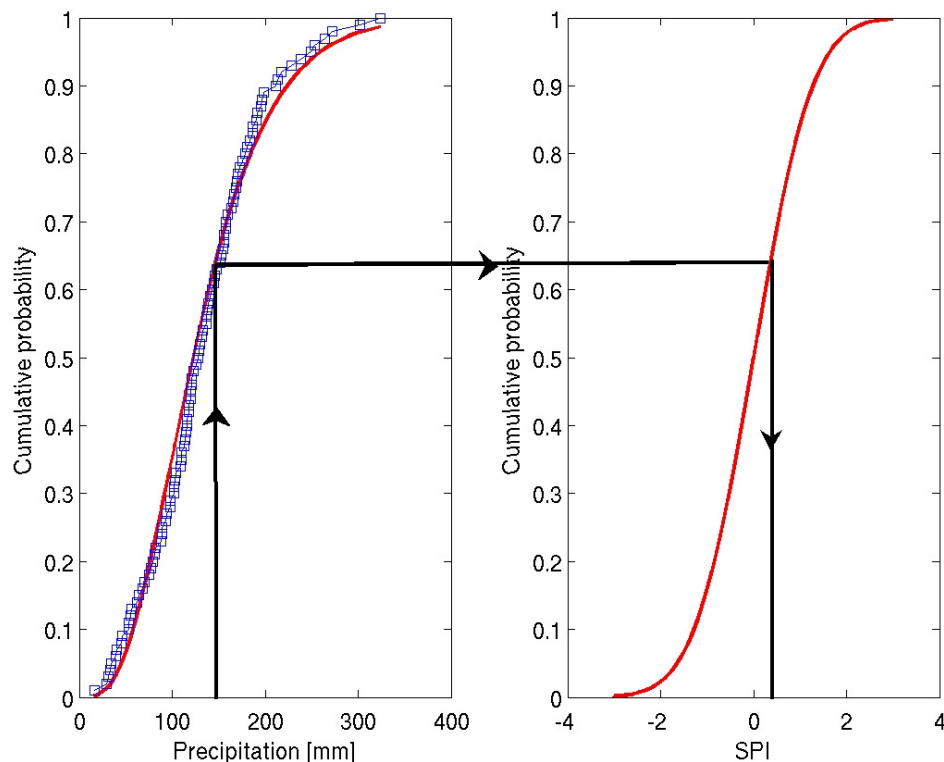
Ο δείκτης SPI αναπτύχθηκε για τη μελέτη της μετεωρολογικής ξηρασίας καθώς έγινε κατανοητό ότι η ανεπάρκεια του κατακρημνίσματος έχει διαφορετική επιρροή στα υπόγεια ύδατα, στην εδαφική υγρασία και στην επιφανειακή απορροή. Υπολογίζεται με βάση τη βροχόπτωση που έχει καταγραφεί σε μία περιοχή και προϋπόθεση για την εφαρμογή του αποτελεί η ύπαρξη αξιόπιστης καταγραφής της βροχόπτωσης σε μηνιαίο βήμα για ικανό χρόνο, κατ' ελάχιστο ίσο με 30 έτη [10]. 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. [10] 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  $\alpha$  (μορφής) και  $\beta$  (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 Hurdges and Saunders [20]. 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).



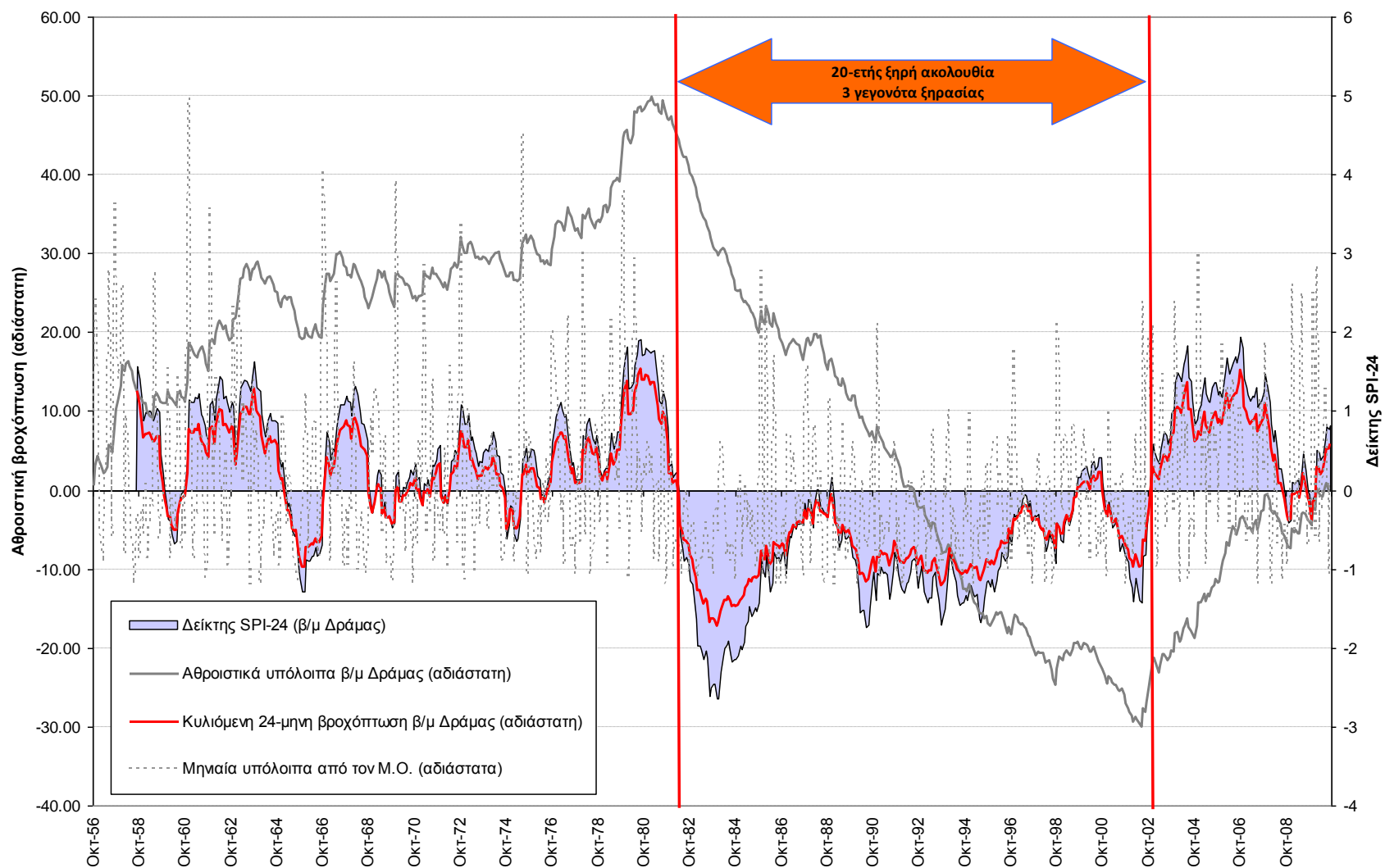
**Σχήμα 1.2. Παράδειγμα μετατροπής από κατανομή γάμμα σε κανονική [17]**

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).



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 [10]:

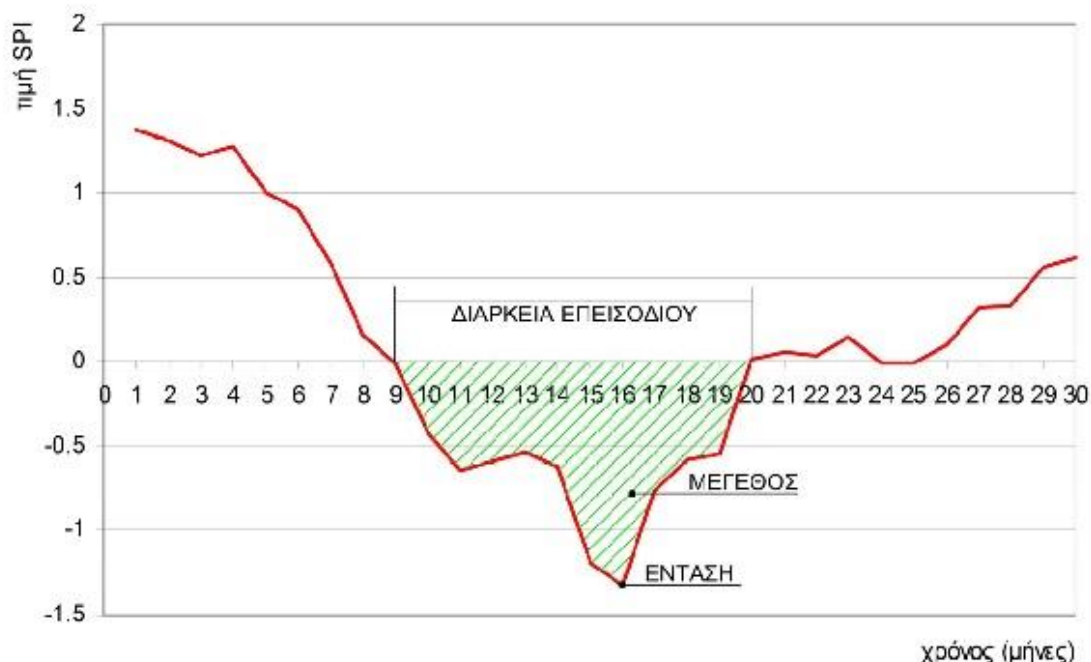
- Επεισόδιο ξηρασίας παρατηρείται για όσους μήνες ο δείκτης SPI είναι συνεχόμενα αρνητικός, με την προϋπόθεση η τιμή του να είναι, έστω για ένα χρονικό βήμα, μικρότερη από -1,00
- Το επεισόδιο ολοκληρώνεται μόλις ο δείκτης επανέλθει σε θετική τιμή
- Το θετικό άθροισμα των τιμών του SPI κατά το επεισόδιο 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                  |
| $1,50 \leq \text{SPI} \leq 1,99$   | Πολύ υγρή περίοδος       | 4,4                  |
| $1,00 \leq \text{SPI} \leq 1,49$   | Υγρή περίοδος            | 9,2                  |
| $0,00 \leq \text{SPI} \leq 0,99$   | Ελαφρά υγρή περίοδος     | 34,1                 |
| $-0,99 \leq \text{SPI} \leq 0,00$  | Ελαφρά ξηρή περίοδος     | 34,1                 |
| $-1,49 \leq \text{SPI} \leq -1,00$ | Ξηρασία                  | 9,2                  |
| $-1,99 \leq \text{SPI} \leq -1,50$ | 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. 11

#### 1.3.1 Χρησιμοποιούμενο λογισμικό και ακολουθούμενη προσέγγιση

Ο υπολογισμός του δείκτη SPI για την καταγραφή των επεισοδίων ξηρασίας στο υδατικό διαμέρισμα Ανατολικής Μακεδονίας, Υ.Δ. 11, 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. 11 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. 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. 11.

#### 1.3.2 Διαθέσιμοι βροχομετρικοί σταθμοί και δεδομένα

Για τον υπολογισμό του δείκτη SPI στο υδατικό διαμέρισμα της Ανατολικής Μακεδονίας χρησιμοποιήθηκαν οι ιστορικές χρονοσειρές των βροχομετρικών σταθμών του ΥΠΕΚΑ, τα χαρακτηριστικά των οποίων συνοψίζονται στον Πίνακα 1.2. Τα στοιχεία καταγραφής των σταθμών ελήφθησαν, μέχρι το 1997, από την Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας (ΕΤΥΜΠ, [www.hydroscope.gr](http://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 ήταν 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 ΥΔ11.**

| A/A | Κωδικός | Ονομασία Σταθμού | Υψόμετρο (m) | Περίοδος Καταγραφών |
|-----|---------|------------------|--------------|---------------------|
| 1   | 312     | ΠΛΑΤΑΝΙΑ         | 324,6        | 02/1950 – 03/2011   |
| 2   | 450     | ΑΗΔΟΝΟΧΩΡΙ       | 186,3        | 10/1954 – 04/2011   |
| 3   | 451     | ΝΙΓΡΙΤΑ          | 65,7         | 09/1954 – 04/2011   |
| 4   | 452     | ΦΡΑΓΜΑ ΚΕΡΚΙΝΗΣ  | 42,5         | 01/1967 – 04/2011   |
| 5   | 453     | ΑΝΩ ΠΟΡΟΪΑ       | 388,8        | 10/1954 – 05/2011   |
| 6   | 454     | ΟΡΕΙΝΗ           | 796,2        | 01/1967 – 04/2011   |
| 7   | 455     | ΑΝΩ ΒΡΟΝΤΟΥ      | 1037,6       | 01/1967 – 05/2011   |
| 8   | 456     | ΣΙΔΗΡΟΚΑΣΤΡΟ     | 81,6         | 01/1967 – 05/2011   |
| 9   | 457     | ΑΧΛΑΔΟΧΩΡΙ       | 499,3        | 05/1960 – 05/2011   |
| 10  | 458     | ΝΕΑ ΖΙΧΝΗ        | 270,9        | 09/1954 – 05/2011   |
| 11  | 459     | ΑΛΙΣΤΡΑΤΗ        | 281,4        | 12/1953 – 05/2011   |
| 12  | 460     | ΔΡΑΜΑ            | 99,8         | 07/1956 – 03/2011   |
| 13  | 461     | ΚΑΤΩ ΝΕΥΡΟΚΟΠΙ   | 572,9        | 10/1954 – 03/2011   |

Το μέσο υψόμετρο του ΥΔ11 υπολογίστηκε σε 403,6 m περίπου, με εννέα από τους 13 σταθμούς να βρίσκονται σε χαμηλότερο και τέσσερις σε υψηλότερο υψόμετρο από αυτό. Οι σταθμοί 450, 451, 452, 453, 454, 456, 457 και 458 βρίσκονται στην υπολεκάνη του ποταμού Στρυμόνα, οι σταθμοί 455 και 461 στην κλειστή λεκάνη Οχυρού και οι σταθμοί 312, 495 και 460 στη λεκάνη του ποταμού Αγγίτη. Δεν υπάρχει βροχομετρικός σταθμός στις υπολεκάνες της παράλιας ζώνης του διαμερίσματος, με εξαίρεση τον 450 (Αηδονοχώρι), που όμως βρίσκεται στις εκβολές του ποταμού Στρυμόνα. Η γεωγραφική κατανομή των σταθμών στο υπόλοιπο υδατικό διαμέρισμα είναι σχετικά ικανοποιητική, με τις θέσεις παρατήρησης να είναι κατανεμημένες χωρικά μέσα σε αυτό.

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. Σε σχέση με την ποιότητα και τη συνέχεια

των καταγραφών πρέπει να σημειωθεί ότι όλοι οι σταθμοί είχαν σποραδικά ή συστηματικά κενά. 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 453 και 457).

Οι χρονοσειρές συμπληρώθηκαν με βάση τις υψηλότερες συσχετίσεις, υπό την προϋπόθεση να υπάρχουν διαθέσιμες τιμές στις θέσεις των κενών των καταγραφών. Οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των χρονοσειρών και οι σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν για τη συμπλήρωση των καταγραφών δίνονται στους Πίνακες 1.3 και 1.4 αντίστοιχα.

**Πίνακας 1.3. Συσχετίσεις των διαθέσιμων μηνιαίων χρονοσειρών.**

| Κωδ. | 312          | 450          | 451          | 452          | 453          | 454          | 455          | 456          | 457          | 458          | 459          | 460          | 461          |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 312  | <b>1,000</b> |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| 450  | 0,537        | <b>1,000</b> |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| 451  | 0,491        | 0,695        | <b>1,000</b> |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| 452  | 0,534        | 0,509        | 0,601        | <b>1,000</b> |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| 453  | 0,517        | 0,588        | 0,608        | 0,664        | <b>1,000</b> |              |              |              |              |              |              |              |              |
| 454  | 0,549        | 0,567        | 0,592        | 0,617        | 0,696        | <b>1,000</b> |              |              |              |              |              |              |              |
| 455  | 0,544        | 0,496        | 0,506        | 0,617        | 0,535        | 0,614        | <b>1,000</b> |              |              |              |              |              |              |
| 456  | 0,533        | 0,571        | 0,611        | 0,662        | 0,760        | 0,697        | 0,587        | <b>1,000</b> |              |              |              |              |              |
| 457  | 0,601        | 0,554        | 0,603        | 0,663        | 0,708        | 0,762        | 0,632        | 0,732        | <b>1,000</b> |              |              |              |              |
| 458  | 0,466        | 0,559        | 0,587        | 0,609        | 0,588        | 0,688        | 0,536        | 0,622        | 0,575        | <b>1,000</b> |              |              |              |
| 459  | 0,622        | 0,664        | 0,651        | 0,594        | 0,632        | 0,689        | 0,512        | 0,612        | 0,694        | 0,652        | <b>1,000</b> |              |              |
| 460  | 0,648        | 0,634        | 0,627        | 0,594        | 0,594        | 0,624        | 0,575        | 0,583        | 0,669        | 0,573        | 0,723        | <b>1,000</b> |              |
| 461  | 0,591        | 0,665        | 0,655        | 0,604        | 0,679        | 0,707        | 0,616        | 0,651        | 0,730        | 0,591        | 0,707        | 0,677        | <b>1,000</b> |

**Πίνακας 1.4. Σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν για τη συμπλήρωση των χρονοσειρών.**

| Σταθμός | Συσχετιζόμενες θέσεις | Σταθμός | Συσχετιζόμενες θέσεις |
|---------|-----------------------|---------|-----------------------|
| 312     | 460, 459              | 456     | 453                   |
| 450     | 451, 460              | 457     | 454, 461              |
| 451     | 461, 460              | 458     | 454, 460              |
| 452     | 453                   | 459     | 460, 312              |
| 453     | 456, 461, 460         | 460     | 459                   |
| 454     | 457, 458              | 461     | 453, 451, 460         |
| 455     | 457, 461              |         |                       |

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, Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης”, Τεύχος ΠΑ05, Τόμος IV, Έκδοση 3, Ιούνιος 2006 [15]. 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. 11 και υψόμετρα αναγωγής.**

| Κωδικός Σταθμού | Ονομασία Σταθμού | Υψόμετρο Αναγωγής (m) | Βροχοβαθμίδα (mm/m) | Υδρολογικό Μοντέλο ΠΑ05/IV |
|-----------------|------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|
| 312             | ΠΛΑΤΑΝΙΑ         | 529,54                | 0,5325              | ΥΜ03: Αγγίτης – Λ.Οχυρού   |
| 450             | ΑΗΔΟΝΟΧΩΡΙ       | 206,01                | 0,2340              | ΥΜ01: Στρυμόνας            |
| 451             | ΝΙΓΡΙΤΑ          | 238,57                | 0,2340              | ΥΜ01: Στρυμόνας            |
| 452             | ΦΡΑΓΜΑ ΚΕΡΚΙΝΗΣ  | 222,42                | 0,2340              | ΥΜ01: Στρυμόνας            |
| 453             | ΑΝΩ ΠΟΡΟΪΑ       | 473,36                | 0,2340              | ΥΜ01: Στρυμόνας            |
| 454             | ΟΡΕΙΝΗ           | 645,55                | 0,2340              | ΥΜ01: Στρυμόνας            |
| 455             | ΑΝΩ ΒΡΟΝΤΟΥ      | 1005,33               | 0,2340              | ΥΜ01: Στρυμόνας            |
| 456             | ΣΙΔΗΡΟΚΑΣΤΡΟ     | 265,24                | 0,2340              | ΥΜ01: Στρυμόνας            |
| 457             | ΑΧΛΑΔΟΧΩΡΙ       | 723,80                | 0,2340              | ΥΜ01: Στρυμόνας            |
| 458             | ΝΕΑ ΖΙΧΝΗ        | 294,05                | 0,2340              | ΥΜ01: Στρυμόνας            |
| 459             | ΑΛΙΣΤΡΑΤΗ        | 360,08                | 0,5325              | ΥΜ03: Αγγίτης – Λ.Οχυρού   |
| 460             | ΔΡΑΜΑ            | 252,84                | 0,5325              | ΥΜ03: Αγγίτης - Λ, Οχυρού  |
| 461             | ΚΑΤΩ ΝΕΥΡΟΚΟΠΙ   | 740,00                | 0,5325              | ΥΜ03: Αγγίτης - Λ, Οχυρού  |

Οι ίδιες εξισώσεις αξιοποιήθηκαν και για τη χωρική ολοκλήρωση της βροχόπτωσης και την κατασκευή ενιαίας χρονοσειράς στο Υ.Δ.11, με αναγωγή στο μέσο υψόμετρο του υδατικού διαμερίσματος, ίσο με 403,63m. 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 1967 έως το Δεκέμβριο του 2010. Επομένως ο υπολογισμός του SPI έγινε για περίοδο 43 υδρολογικών ετών, από 10/1967 έως 09/2010, (υδρολογικά έτη 1967-68 έως 2009-10), υπερκαλύπτοντας την απαίτηση για συνεχή περίοδο καταγραφής τριακονταετίας [10].

#### 1.3.4 Χρονικές κλίμακες υπολογισμού

Οι McKee et al. [10] 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, 10]. 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 [20]. Επομένως η ελάχιστη υπολογιζόμενη χρονική κλίμακα θεωρήθηκε εξάμηνη. Υπολογίστηκε επίσης ο δείκτης για ετήσια και υπερετήσια κλίμακα, ίση με 24 μήνες, και έγινε προσπάθεια συσχέτισμού 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. 11 ακολουθούν, ενώ ο προσδιορισμός έλευσης φαινομένων λειψυδρίας παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 3.

#### 1.4 Αποτελέσματα καταγραφής φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 11

Από την αντιπροσωπευτική χρονοσειρά βροχόπτωσης του Υ.Δ. 11 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 τέσσερις χαρακτηριστικές χρονοσειρές, που αντιστοιχούν σε δύο 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 450 (Αηδονοχώρι) και 454 (Ορεινή) στην υπολεκάνη του ποταμού Στρυμόνα, 460 (Δράμα) στην υπολεκάνη του ποταμού Αγγίτη και 461 (Κάτω Νευροκόπι) στην κλειστή λεκάνη Οχυρού. 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 23 επεισοδίων ξηρασίας στο υδατικό διαμέρισμα, εκ των οποίων τα 10 αφορούν σε σημαντική και τα 5 σε ακραία ξηρασία. Η μέγιστη διάρκεια του φαινομένου είναι 19 μήνες, και αντιστοιχεί στην περίοδο 07/1984 έως 01/1986. Στην ξηρή περίοδο 1989

– 1993 καταγράφονται συνολικά 4 επεισόδια, η συνέχεια των οποίων διακόπτεται από τρεις μεμονωμένους μήνες με SPI > 0. Είναι επομένως εμφανής η ανεπάρκεια της βροχόπτωσης κατά το χρόνο αυτό.

Από τα αποτελέσματα των τοπικών δεικτών παρατηρείται ότι ο σταθμός της Δράμας προσεγγίζει καλύτερα τη μέγιστη, ελάχιστη και μέση ένταση των επεισοδίων ξηρασίας του διαμερίσματος. Αντιθέτως, ο σταθμός Κάτω Νευροκοπίου είναι αντιπροσωπευτικότερος όσον αφορά στο πλήθος, το μέγεθος και τη διάρκεια των παρατηρούμενων επεισοδίων. Οι σταθμοί του δυτικού τμήματος αντιθέτως καταγράφουν λιγότερα επεισόδια, αλλά με σημαντικά μεγαλύτερη διάρκεια και, κατά συνέπεια, μέγεθος.

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. Υπάρχει πάντως ένδειξη ότι ο σταθμός Αηδονοχωρίου παρακολουθεί 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 SPI6 τόσο για το υδατικό διαμέρισμα όσο και για τους επιμέρους σταθμούς.

**Πίνακας 1.6. Αναλυτική καταγραφή φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 11 (δείκτης SPI-6)**

| Α/Α | Περίοδος εμφάνισης |         | Διάρκεια<br>(μήνες) | Ένταση | Μέγεθος |
|-----|--------------------|---------|---------------------|--------|---------|
|     | ΑΠΟ                | ΕΩΣ     |                     |        |         |
| 1   | 04/1968            | 12/1968 | 9                   | -2,34  | 8,94    |
| 2   | 08/1969            | 11/1969 | 4                   | -1,46  | 4,82    |
| 3   | 08/1970            | 02/1971 | 7                   | -1,13  | 4,50    |
| 4   | 04/1973            | 06/1973 | 3                   | -1,02  | 2,16    |
| 5   | 01/1976            | 06/1976 | 6                   | -1,52  | 5,75    |
| 6   | 07/1977            | 03/1978 | 9                   | -1,52  | 5,62    |
| 7   | 05/1981            | 11/1981 | 7                   | -1,92  | 6,62    |
| 8   | 06/1982            | 11/1982 | 6                   | -1,06  | 3,40    |
| 9   | 02/1983            | 06/1983 | 5                   | -1,53  | 3,41    |
| 10  | 07/1984            | 01/1986 | 19                  | -2,05  | 26,90   |
| 11  | 08/1986            | 03/1987 | 8                   | -2,54  | 9,76    |
| 12  | 08/1988            | 07/1989 | 12                  | -1,79  | 13,74   |
| 13  | 12/1989            | 11/1990 | 12                  | -1,81  | 12,93   |
| 14  | 01/1991            | 08/1991 | 8                   | -1,67  | 4,16    |
| 15  | 10/1991            | 07/1992 | 10                  | -2,73  | 13,07   |



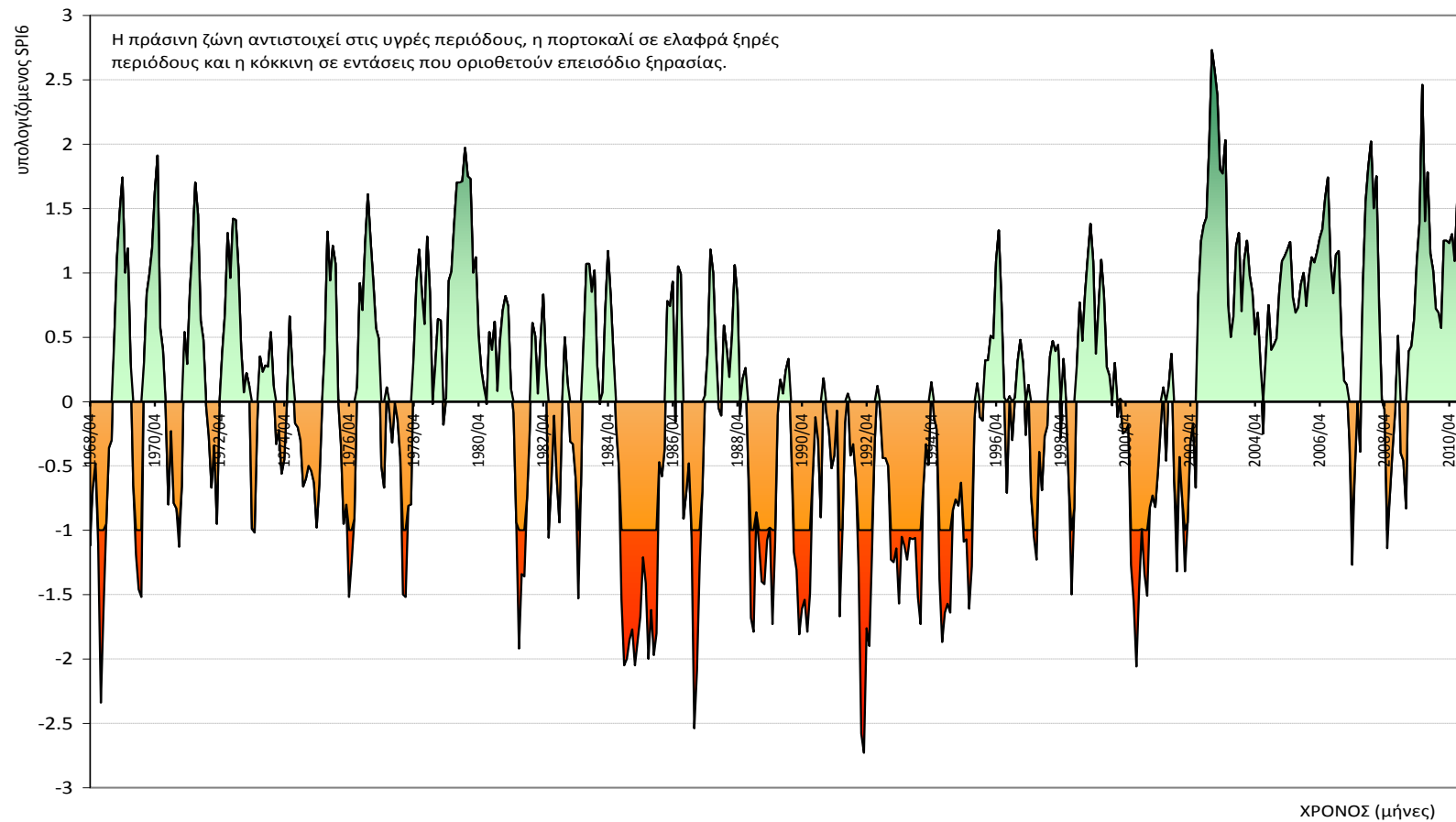
|    |         |         |    |       |       |
|----|---------|---------|----|-------|-------|
| 16 | 09/1992 | 03/1994 | 19 | -1,73 | 17,98 |
| 17 | 05/1994 | 08/1995 | 16 | -1,87 | 16,66 |
| 18 | 05/1997 | 11/1997 | 7  | -1,23 | 4,55  |
| 19 | 06/1998 | 09/1998 | 4  | -1,50 | 3,06  |
| 20 | 03/2000 | 05/2001 | 15 | -2,06 | 13,96 |
| 21 | 10/2001 | 06/2002 | 9  | -1,32 | 6,54  |
| 22 | 03/2007 | 07/2007 | 5  | -1,27 | 2,50  |
| 23 | 04/2008 | 08/2008 | 5  | -1,14 | 2,35  |

**Πίνακας 1.7. Σύγκριση φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 11 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-6)**

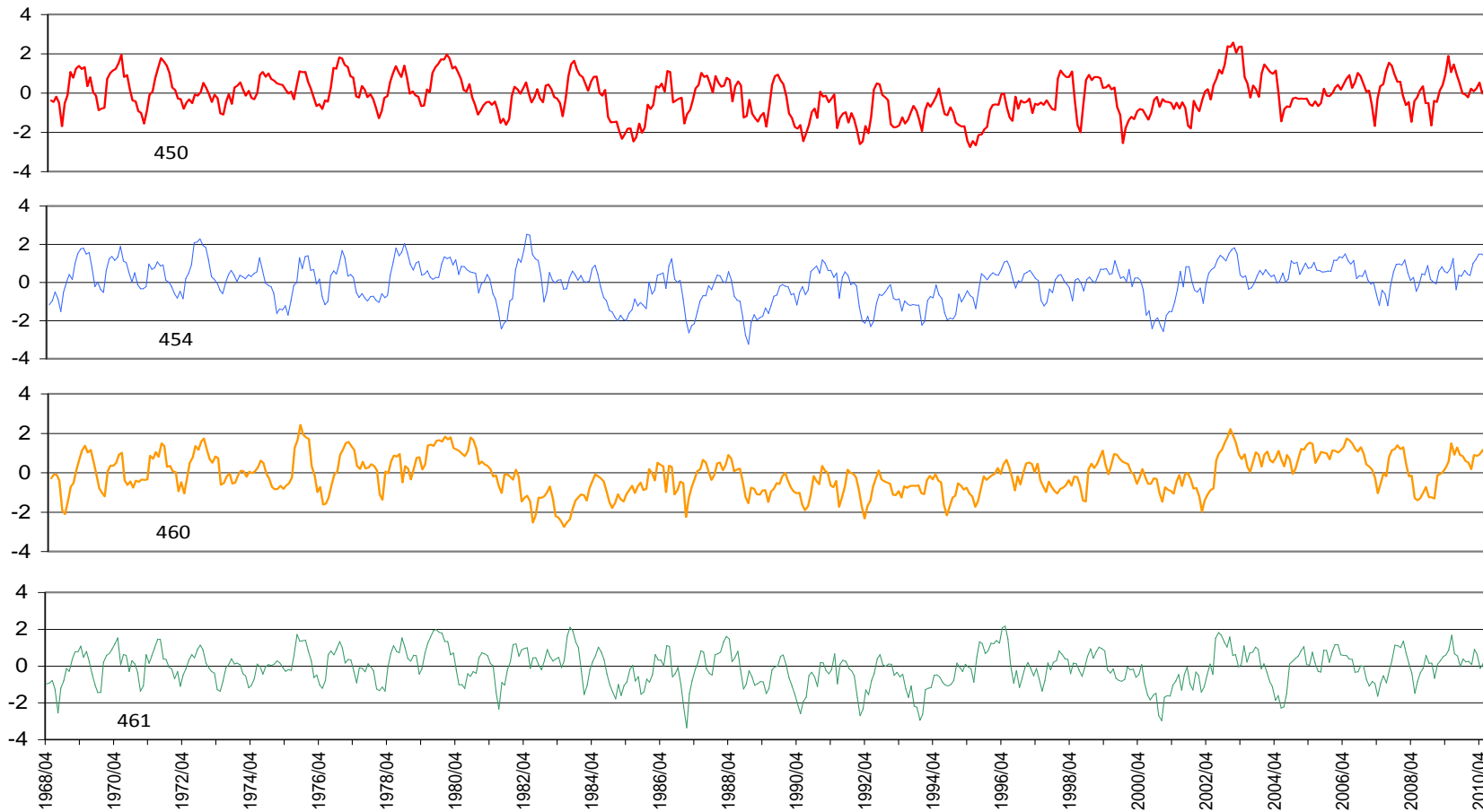
|                    | Υ.Δ. 11 | 450   | 454   | 460   | 461   |
|--------------------|---------|-------|-------|-------|-------|
| Πλήθος επεισοδίων: | 23      | 19    | 14    | 16    | 23    |
| Μέγιστη διάρκεια:  | 19      | 41    | 46    | 46    | 23    |
| Μέγιστη ένταση:    | -2,73   | -2,75 | -3,24 | -2,76 | -2,97 |
| Μέγιστο μέγεθος:   | 26,90   | 43,73 | 49,46 | 58,35 | 28,18 |
| Μέση διάρκεια:     | 9       | 13    | 12    | 14    | 9     |
| Μέση ένταση:       | -1,66   | -1,65 | -1,80 | -1,71 | -1,75 |
| Μέσο μέγεθος:      | 8,41    | 12,06 | 13,54 | 12,96 | 8,18  |
| Ελάχιστη διάρκεια: | 3       | 3     | 2     | 2     | 2     |
| Ελάχιστη ένταση:   | -1,02   | -1,03 | -1,02 | -1,03 | -1,08 |
| Ελάχιστο μέγεθος:  | 2,16    | 2,45  | 1,53  | 1,91  | 1,87  |

**Πίνακας 1.8. Κατηγοριοποίηση ξηρασίας στο Υ.Δ. 11 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-6)**

|                                     | Πλήθος: | Μέση διάρκεια: | Μέση ένταση: | Μέσο μέγεθος: |
|-------------------------------------|---------|----------------|--------------|---------------|
| <b>Υ.Δ. 11</b>                      |         |                |              |               |
| Μέση ξηρασία (-1,00≥SPI≥-1,49)      | 4       | 7              | -1,22        | 5,05          |
| Σημαντική ξηρασία (-1,50≥SPI≥-1,99) | 2       | 18             | -1,71        | 14,10         |
| Ακραία ξηρασία (-2,00≥SPI)          | 2       | 56             | -2,45        | 66,98         |
| <b>450 – Αηδονοχώρι</b>             |         |                |              |               |
| Μέση ξηρασία                        | 3       | 13             | -1,21        | 6,71          |
| Σημαντική ξηρασία                   | 1       | 35             | -1,93        | 34,13         |
| Ακραία ξηρασία                      | 2       | 65             | -2,82        | 83,32         |
| <b>454 – Ορεινή</b>                 |         |                |              |               |
| Μέση ξηρασία                        | 3       | 10             | -1,23        | 7,71          |
| Σημαντική ξηρασία                   | 0       |                |              |               |
| Ακραία ξηρασία                      | 5       | 28             | -2,43        | 34,29         |
| <b>460 – Δράμα</b>                  |         |                |              |               |
| Μέση ξηρασία                        | 4       | 16             | -1,21        | 11,10         |
| Σημαντική ξηρασία                   | 1       | 91             | -1,73        | 88,67         |
| Ακραία ξηρασία                      | 1       | 52             | -2,57        | 74,55         |
| <b>461 - Κάτω Νευροκόπι</b>         |         |                |              |               |
| Μέση ξηρασία                        | 13      | 7              | -1,29        | 4,19          |
| Σημαντική ξηρασία                   | 3       | 10             | -1,66        | 8,85          |
| Ακραία ξηρασία                      | 7       | 13             | -2,63        | 15,29         |



Σχήμα 1.4. Μεταβολή του δείκτη SPI-6 για το υδατικό διαμέρισμα Υ.Δ. 11



Σχήμα 1.5. 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 οκτώ επεισοδίων ξηρασίας στο υδατικό διαμέρισμα, εκ των οποίων δύο αφορούν σε σημαντική και ακόμη δύο σε ακραία ξηρασία. Η μέγιστη διάρκεια του φαινομένου είναι 89 μήνες, περιλαμβάνει την ξηρή περίοδο 1989 – 1993 και αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα 09/1988 έως 01/1996. Η μέγιστη ένταση του φαινομένου 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 Δράμας 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. Αντίθετα, κανένας από τους σταθμούς δεν είναι πλέον ιδιαίτερα αντιπροσωπευτικός σε σχέση με το μέγεθος ή τη διάρκεια των φαινομένων, καθώς σε άλλες περιπτώσεις καταγράφεται σύγκλιση των μέγιστων και σε άλλες των μέσων και ελάχιστων μεγεθών. Μάλιστα, ενώ ο SPI-6 του Υ.Δ. 11 συνέκλινε εντονότερα με τους δείκτες του ανατολικού τμήματος τώρα δεν παρατηρείται κάποια σαφής σχέση. Εν γένει πάντως ο συγκεντρωτικός δείκτης καταγράφει μία μέση κατάσταση σε σύγκριση με τα εντόνως διαφοροποιούμενα αποτελέσματα των μεμονωμένων σταθμών, κάτι που είναι εξάλλου αναμενόμενο αφού προκύπτει από τη χωρική ολοκλήρωση των δεδομένων υπολογισμού.

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

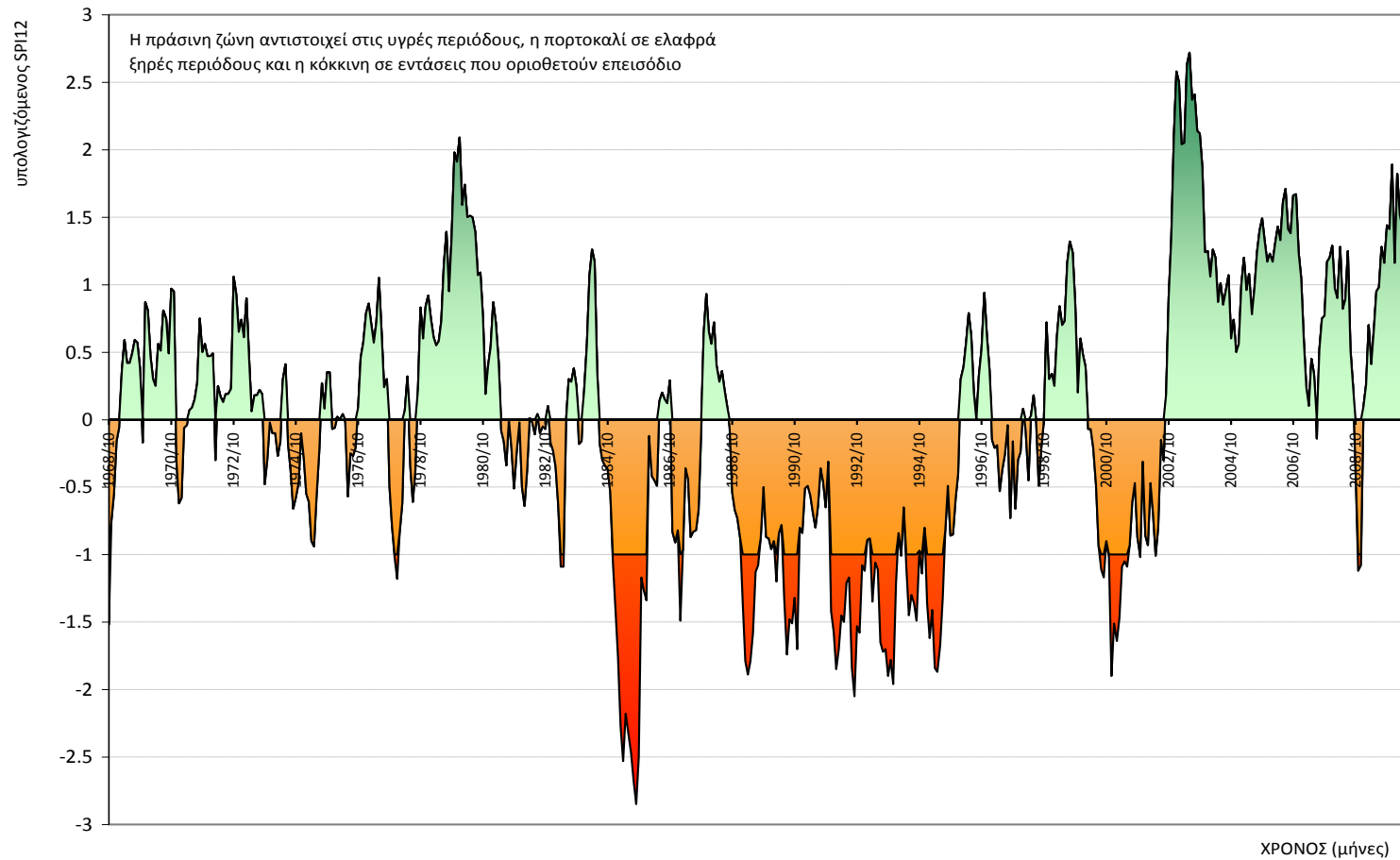
| Α/Α | Περίοδος εμφάνισης |         | Διάρκεια<br>(μήνες) | Ένταση | Μέγεθος |
|-----|--------------------|---------|---------------------|--------|---------|
|     | ΑΠΟ                | ΕΩΣ     |                     |        |         |
| 1   | 10/1968            | 02/1969 | 5                   | -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. 11 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-12)**

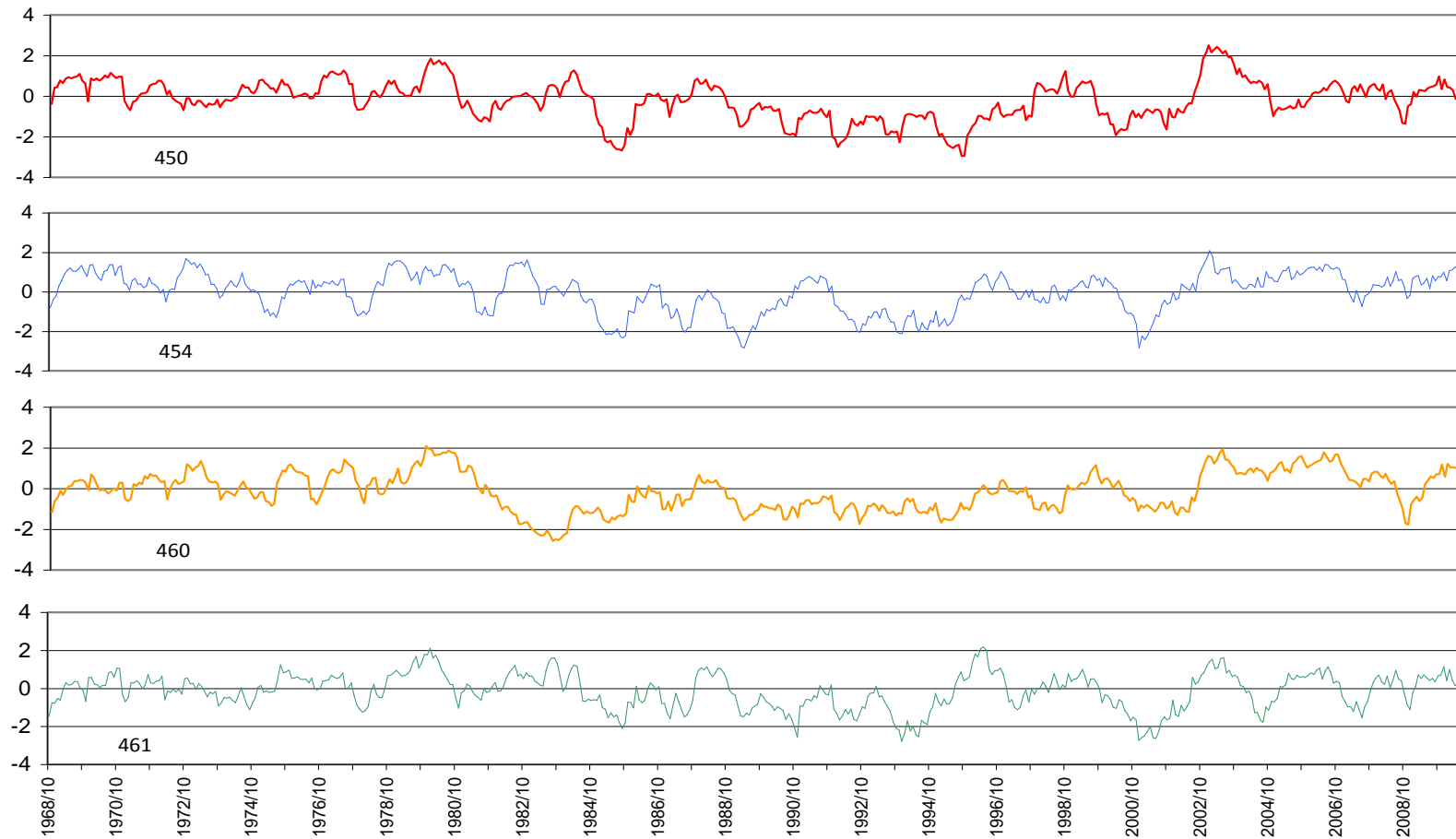
|                    | Υ.Δ. 11 | 450    | 454   | 460   | 461   |
|--------------------|---------|--------|-------|-------|-------|
| Πλήθος επεισοδίων: | 8       | 6      | 8     | 6     | 14    |
| Μέγιστη διάρκεια:  | 89      | 110    | 49    | 91    | 32    |
| Μέγιστη ένταση:    | -2,85   | -2,95  | -2,84 | -2,57 | -2,77 |
| Μέγιστο μέγεθος:   | 102,96  | 136,39 | 63,93 | 88,67 | 45,78 |
| Μέση διάρκεια:     | 22      | 34     | 22    | 34    | 14    |
| Μέση ένταση:       | -1,65   | -1,87  | -1,98 | -1,52 | -1,70 |
| Μέσο μέγεθος:      | 22,79   | 36,82  | 24,32 | 34,61 | 14,80 |
| Ελάχιστη διάρκεια: | 3       | 7      | 10    | 6     | 4     |
| Ελάχιστη ένταση:   | -1,09   | -1,02  | -1,20 | -1,10 | -1,03 |
| Ελάχιστο μέγεθος:  | 2,58    | 2,96   | 7,43  | 2,74  | 1,85  |

**Πίνακας 1.11. Κατηγοριοποίηση ξηρασίας στο Υ.Δ. 11 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-12)**

|                                     | Πλήθος: | Μέση διάρκεια: | Μέση ένταση: | Μέσο μέγεθος: |
|-------------------------------------|---------|----------------|--------------|---------------|
| <b>GR11</b>                         |         |                |              |               |
| Μέση ξηρασία (-1,00≥SPI≥-1,49)      | 4       | 7              | -1,22        | 5,05          |
| Σημαντική ξηρασία (-1,50≥SPI≥-1,99) | 2       | 18             | -1,71        | 14,10         |
| Ακραία ξηρασία (-2,00≥SPI)          | 2       | 56             | -2,45        | 66,98         |
| <b>450 - Αηδονοχώρι</b>             |         |                |              |               |
| Μέση ξηρασία                        | 3       | 13             | -1,21        | 6,71          |
| Σημαντική ξηρασία                   | 1       | 35             | -1,93        | 34,13         |
| Ακραία ξηρασία                      | 2       | 65             | -2,82        | 83,32         |
| <b>454 - Ορεινή</b>                 |         |                |              |               |
| Μέση ξηρασία                        | 3       | 10             | -1,23        | 7,71          |
| Σημαντική ξηρασία                   | 0       |                |              |               |
| Ακραία ξηρασία                      | 5       | 28             | -2,43        | 34,29         |
| <b>460 - Δράμα</b>                  |         |                |              |               |
| Μέση ξηρασία                        | 4       | 16             | -1,21        | 11,10         |
| Σημαντική ξηρασία                   | 1       | 91             | -1,73        | 88,67         |
| Ακραία ξηρασία                      | 1       | 52             | -2,57        | 74,55         |
| <b>461 - Κάτω Νευροκόπι</b>         |         |                |              |               |
| Μέση ξηρασία                        | 6       | 6              | -1,18        | 3,96          |
| Σημαντική ξηρασία                   | 4       | 13             | -1,65        | 12,18         |
| Ακραία ξηρασία                      | 4       | 28             | -2,54        | 33,68         |



Σχήμα 1.6. Μεταβολή του δείκτη SPI-12 για το υδατικό διαμέρισμα Υ.Δ. 11



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



### 1.4.3 Δείκτης SPI-24

Ο υπολογισμός του δείκτη SPI24 για την ενιαία χρονοσειρά βροχόπτωσης οδήγησε στην καταγραφή τριών επεισοδίων ξηρασίας στο υδατικό διαμέρισμα, με διάρκεια κυμαινόμενη από δύο έως οκτώ περίπου έτη. Η μέγιστη διάρκεια του φαινομένου είναι 94 μήνες, περιλαμβάνει την ξηρή περίοδο 1989 – 1993 και αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα 01/1989 έως 10/1996. Η μέγιστη ένταση του φαινομένου αμβλύνεται περαιτέρω, αν και τα επεισόδια κατατάσσονται πλέον σχεδόν αποκλειστικά στις ζώνες σημαντικής και 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 ελαφρώς 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.

Από τα αποτελέσματα των τοπικών δεικτών παρατηρείται ότι ο σταθμός του Αηδοχωριού προσεγγίζει καλύτερα τη μέγιστη, ελάχιστη και μέση ένταση των επεισοδίων ξηρασίας του Υ.Δ. 11, και μάλιστα με ιδιαίτερη ακρίβεια. Σε σχέση με τα καταγραφόμενα μεγέθη και τη διάρκεια της ξηρασίας ισχύουν όσα παρατηρήθηκαν και για το δείκτη SPI12, δηλαδή δεν παρατηρείται σαφής συσχέτιση με κανένα σταθμό. Υπάρχουν πάντως ενδείξεις για κάποια καλύτερη προσέγγιση της μέσης κατάστασης από το σταθμό της Δράμας.

**Πίνακας 1.12. Αναλυτική καταγραφή φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 11 (δείκτης SPI-24)**

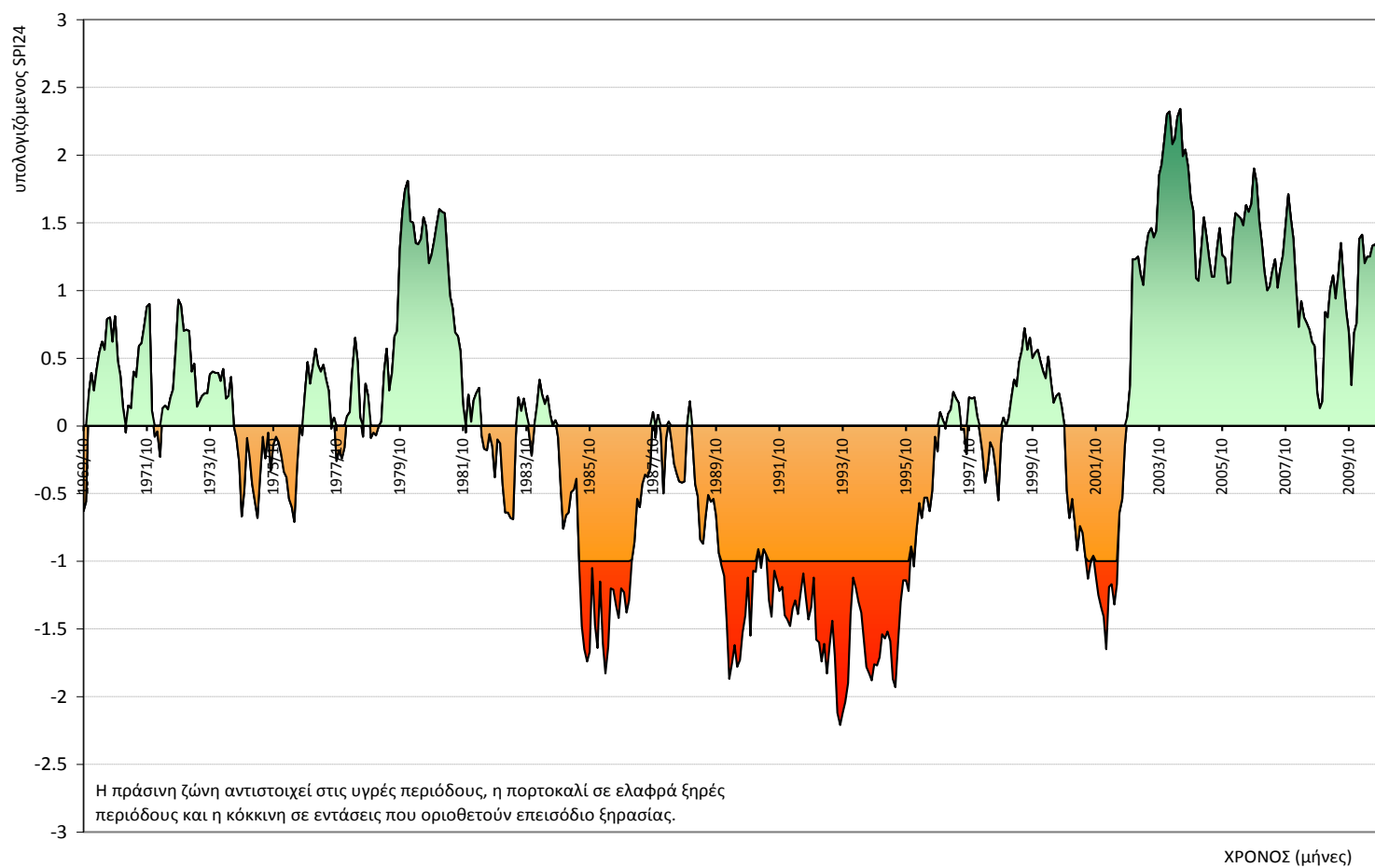
| Α/Α | Περίοδος εμφάνισης |         | Διάρκεια (μήνες) | Ένταση | Μέγεθος |
|-----|--------------------|---------|------------------|--------|---------|
|     | ΑΠΟ                | ΕΩΣ     |                  |        |         |
| 1   | 10/1984            | 09/1987 | 36               | -1.83  | 36.64   |
| 2   | 01/1989            | 10/1996 | 94               | -2.21  | 118.72  |
| 3   | 11/2000            | 09/2002 | 23               | -1.65  | 21.88   |

**Πίνακας 1.13. Σύγκριση φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 11 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-24)**

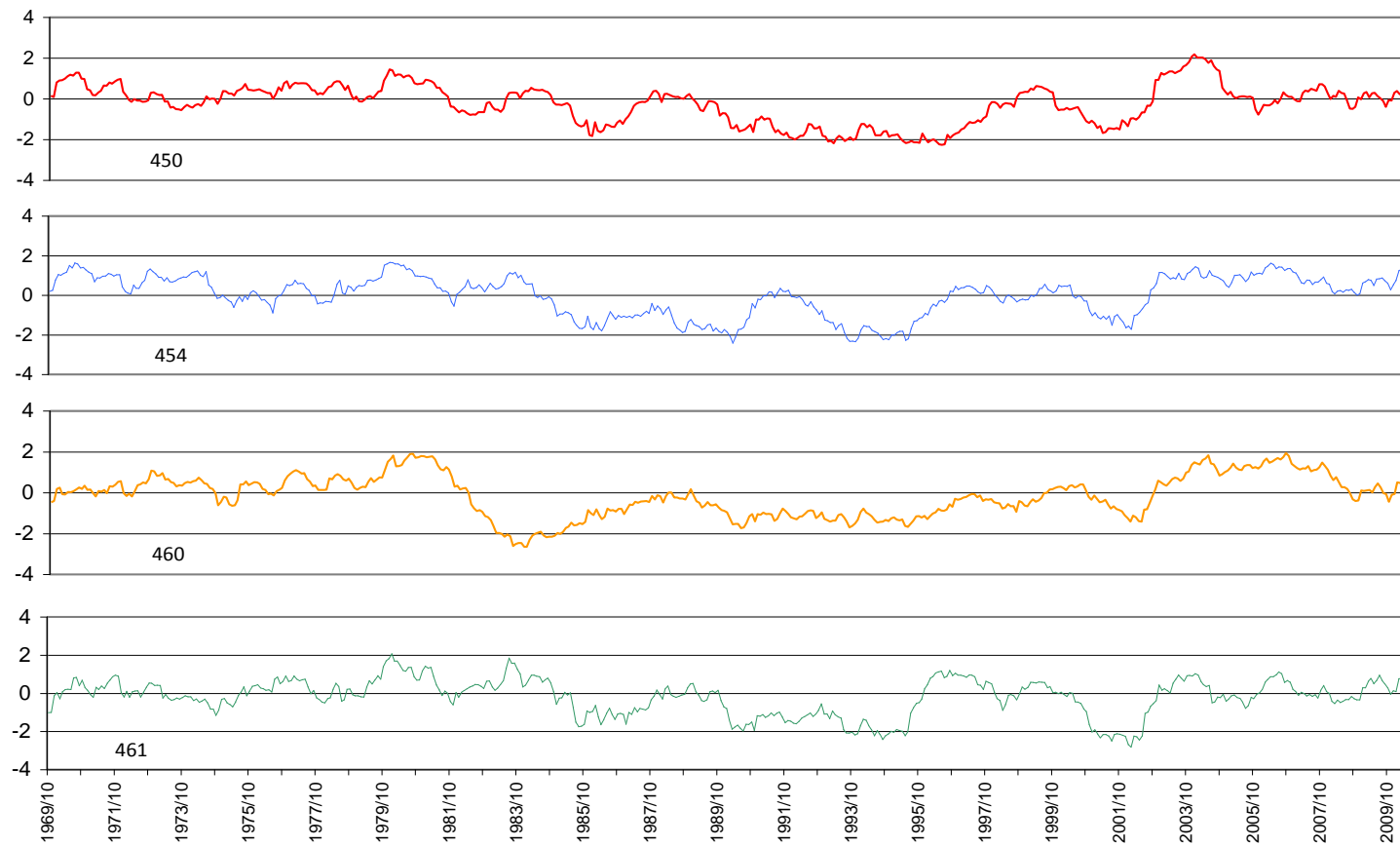
|                    | Υ.Δ. 11 | 450    | 454   | 460    | 461    |
|--------------------|---------|--------|-------|--------|--------|
| Πλήθος επεισοδίων: | 3       | 3      | 3     | 3      | 4      |
| Μέγιστη διάρκεια:  | 94      | 116    | 84    | 127    | 73     |
| Μέγιστη ένταση:    | -2,21   | -2,26  | -2,41 | -2,65  | -2,82  |
| Μέγιστο μέγεθος:   | 118,72  | 162,19 | 95,49 | 118,64 | 106,41 |
| Μέση διάρκεια:     | 51      | 62     | 56    | 74     | 40     |
| Μέση ένταση:       | -1,90   | -1,92  | -2,15 | -1,94  | -2,03  |
| Μέσο μέγεθος:      | 59,08   | 75,43  | 64,59 | 77,44  | 50,22  |
| Ελάχιστη διάρκεια: | 23      | 35     | 28    | 24     | 28     |
| Ελάχιστη ένταση:   | -1,65   | -1,68  | -1,71 | -1,42  | -1,15  |
| Ελάχιστο μέγεθος:  | 21,88   | 30,84  | 24,42 | 17,99  | 11,37  |

**Πίνακας 1.14. Κατηγοριοποίηση ξηρασίας στο Υ.Δ. 11 και επιλεγμένες θέσεις (SPI-24)**

|                                     | Πλήθος: | Μέση διάρκεια: | Μέση ένταση: | Μέσο μέγεθος: |
|-------------------------------------|---------|----------------|--------------|---------------|
| <b>GR11</b>                         |         |                |              |               |
| Μέση ξηρασία (-1,00≥SPI≥-1,49)      | 0       |                |              |               |
| Σημαντική ξηρασία (-1,50≥SPI≥-1,99) | 2       | 30             | -1,74        | 29,26         |
| Ακραία ξηρασία (-2,00≥SPI)          | 1       | 94             | -2,21        | 118,72        |
| <b>450 - Αηδονοχώρι</b>             |         |                |              |               |
| Μέση ξηρασία                        | 0       |                |              |               |
| Σημαντική ξηρασία                   | 2       | 36             | -1,76        | 32,05         |
| Ακραία ξηρασία                      | 1       | 116            | -2,26        | 162,19        |
| <b>454 - Ορεινή</b>                 |         |                |              |               |
| Μέση ξηρασία                        | 0       |                |              |               |
| Σημαντική ξηρασία                   | 1       | 28             | -1,71        | 24,42         |
| Ακραία ξηρασία                      | 2       | 71             | -2,38        | 84,67         |
| <b>460 - Δράμα</b>                  |         |                |              |               |
| Μέση ξηρασία                        | 0       |                |              |               |
| Σημαντική ξηρασία                   | 2       | 76             | -1,58        | 68,32         |
| Ακραία ξηρασία                      | 1       | 71             | -2,65        | 95,69         |
| <b>461 - Κάτω Νευροκόπι</b>         |         |                |              |               |
| Μέση ξηρασία                        | 1       | 28             | -1           | 11,37         |
| Σημαντική ξηρασία                   | 1       | 30             | -1,74        | 31,66         |
| Ακραία ξηρασία                      | 2       | 52             | -2,62        | 78,93         |



Σχήμα 1.6. Μεταβολή του δείκτη SPI-24 για το υδατικό διαμέρισμα Υ.Δ. 11



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

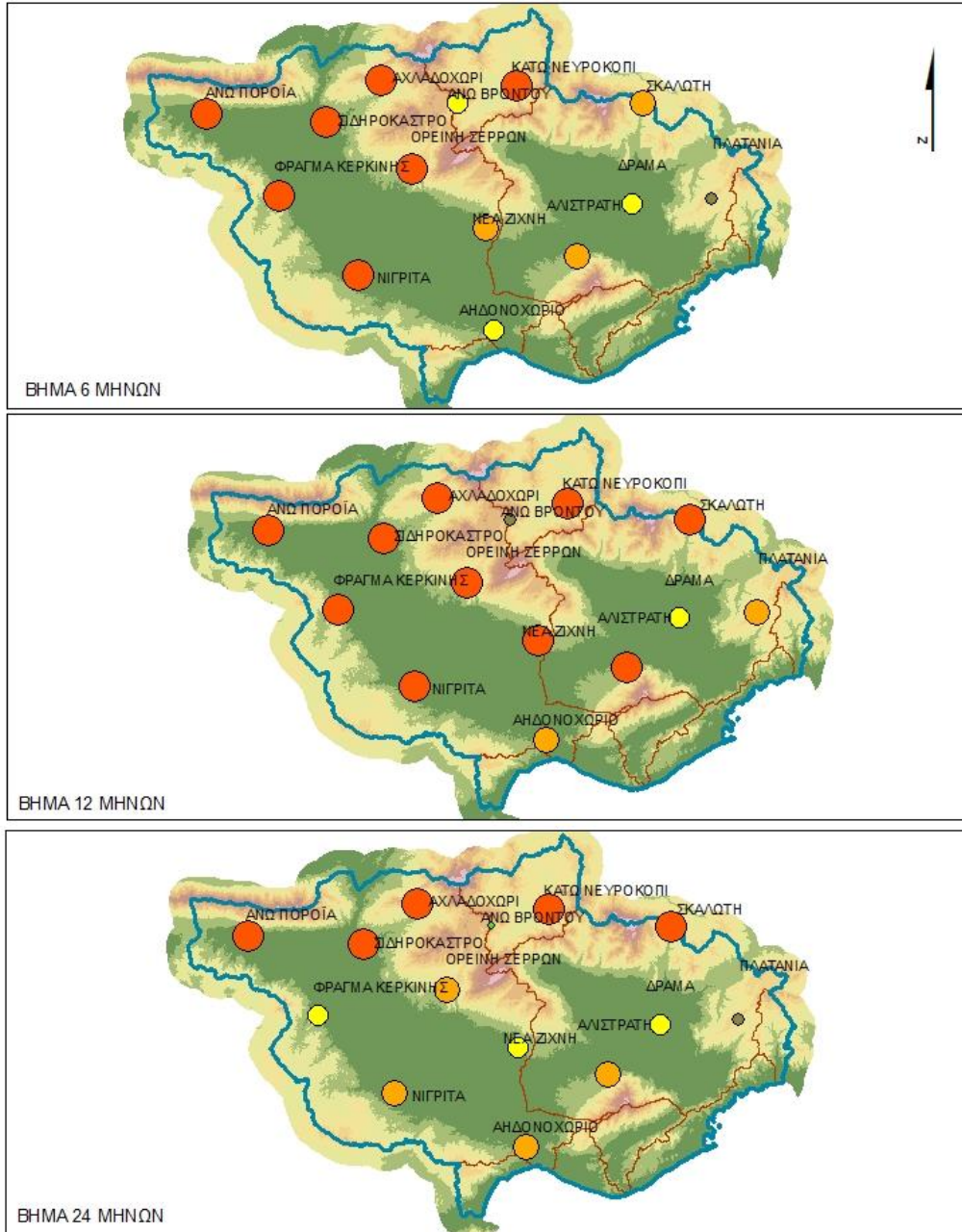
#### 1.4.4 Σύγκριση των δεικτών

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 για την εξαμηνιαία χρονική κλίμακα η συσχέτιση τοποθετείται χωρικά στο ανατολικό τμήμα του Υ.Δ., σε ετήσια βάση υπάρχει ασάφεια, ενώ σε διετή χρονική κλίμακα αντιπροσωπευτικότερος είναι σταθμός του δυτικού τμήματος. Σε όλες τις περιπτώσεις οι αντιπροσωπευτικοί σταθμοί έντασης είναι πεδινοί ή σχετικά πεδινοί, κάτι που ερμηνεύεται από το σχετικά χαμηλό μέσο υψόμετρο του υδατικού διαμερίσματος.

Από τους χάρτες χωρικής κατανομής των παραμέτρων SPI για τους βροχομετρικούς σταθμούς παρατηρείται ότι σε εξάμηνη κλίμακα το δυτικό τμήμα της λεκάνης εμφανίζει υψηλότερες μέγιστες εντάσεις, με συνέπεια τη συχνότερη μετεωρολογική και γεωργική ξηρασία. Το φαινόμενο δεν είναι άμεσα ανησυχητικό καθώς εμφανίζεται στο ελληνικό τμήμα της λεκάνης του ποταμού Στρυμόνα, που διαθέτει υπερεπαρκείς εισροές από το βουλγαρικό τμήμα του ποταμού για την κάλυψη των αναγκών άρδευσης σε βραχυπρόθεσμες ξηρές περιόδους. Ωστόσο, το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και στην κλειστή λεκάνη Οχυρού (σταθμός Κάτω Νευροκόπι) η οποία εξαρτάται αποκλειστικά από τη βροχόπτωση για τη διασφάλιση αποθεμάτων και κατά συνέπεια είναι περισσότερο εκτεθειμένη στην ξηρασία. Σε ετήσια χρονική κλίμακα εμφανίζονται υψηλές εντάσεις ξηρασίας σχεδόν στο σύνολο του Υ.Δ. 11, τόσο σε ορεινούς όσο και σε πεδινούς σταθμούς, ενώ σε κλίμακα 24 μηνών το φαινόμενο περιορίζεται στα βόρεια 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.

Τέλος, το μέγεθος της ξηρασίας είναι συστηματικά υψηλότερο στο βόρειο τμήμα του Υ.Δ. 11, κάτι ιδιαίτερα έντονο στις ετήσιες και υπερετήσιες χρονικές κλίμακες όπου παρατηρούνται υψηλές τιμές τόσο σε ορεινούς όσο και σε πεδινούς σταθμούς.



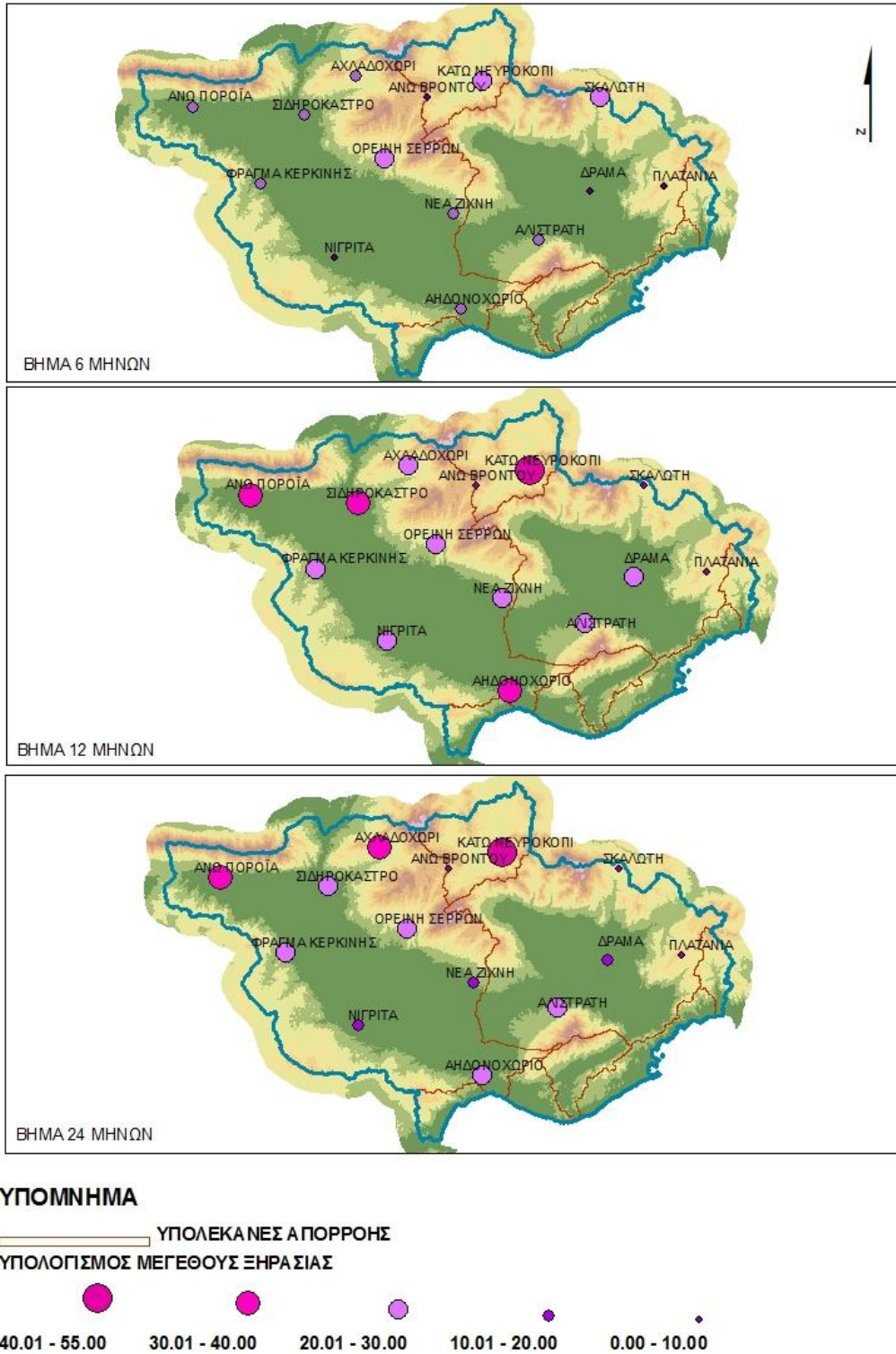
**ΥΠΟΜΝΗΜΑ**

ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ SPI GR11



Σχήμα 1.8. Ένταση φαινομένων ξηρασίας στο Υ.Δ. 11 για διαφορετικές χρονικές κλίμακες



Σχήμα 1.9. Μέγεθος φαινόμενων ξηρασίας στο Υ.Δ. 11 για διαφορετικές χρονικές κλίμακες





## 2 Δείκτης λειψυδρίας και ζώνες τρωτότητας στο Υ.Δ. 11

### 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 υποκείμενες 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% [21].

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 Hm<sup>3</sup>):

- 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 Μάιο – 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 hm<sup>3</sup>/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 ιδιαίτερας 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<sup>GR</sup>

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  $\text{Hm}^3$  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 λουπές 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 (Μάϊος - Σεπτέμβριος)

Οι απολήψεις θεωρείται ότι λαμβάνουν χώρα μεταξύ 1<sup>ης</sup> Μαΐου και 30<sup>ης</sup> 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. 11

### 2.3.1 Λεκάνες υπολογισμού

Το Υ.Δ. 11 αποτελείται από τη λεκάνη απορροής του ποταμού Στρυμόνα (GR06), σύμφωνα με το διαχωρισμό της ελληνικής επικράτειας σε 45 λεκάνες απορροής από την Ε.Ε.Υ. Η λεκάνη GR06 παρουσιάζει ορισμένες ιδιομορφίες που καθιστούν τον υπολογισμό του δείκτη  $WEI^{GR}$  στο σύνολό της μη αντιπροσωπευτικό των πιέσεων στα διάφορα τμήματα του υδατικού διαμερίσματος. Πρόκειται για διασυνοριακή λεκάνη, με σημαντικές εισροές από τη Βουλγαρία μέσω του ποταμού Στρυμόνα. Ωστόσο η ζήτηση του διαμερίσματος, που είναι κατά το μεγαλύτερο ποσοστό της αρδευτική, δεν ικανοποιείται απαραίτητα με απολήψεις από τον ποταμό Στρυμόνα. Ειδικότερα, το ανατολικό τμήμα του διαμερίσματος αρδεύεται από την επιφανειακή απορροή του ποταμού Αγγίτη (παραπόταμος του Στρυμόνα επί ελληνικού εδάφους με κατεύθυνση ροής ΒΑ-ΝΔ) και από τις πηγές στην περιοχή της Δράμας. Στο ίδιο σύστημα καταλήγει και η περίσσεια απορροής από την ανάντη κλειστή λεκάνη Οχυρού. Αντίστοιχα, οι επιφανειακές υπολεκάνες απορροής του παραλιακού τμήματος ικανοποιούν τη ζήτηση με βάση τα τοπικά επιφανειακά και υπόγεια αποθέματά τους.

Κατά συνέπεια, ο υπολογισμός ενιαίου δείκτη  $WEI^{GR}$  για το Υ.Δ. 11 εκτιμάται ότι θα αμβλύνει τις πιθανές πιέσεις ύδατος στο ανατολικό και νότιο τμήμα και θα επιτείνει την όποια πίεση σημειώνεται στο δυτικό. Η εξαγωγή συμπερασμάτων κατ' αυτό τον τρόπο κρίνεται επισφαλής, καθώς δε θα επιτρέπει την έγκαιρη λήψη διαχειριστικών αποφάσεων, ιδίως για τα υπό πίεση τμήματα. Εξάλλου, με την εξαγωγή ενιαίου δείκτη δεν είναι εφικτός ο προσδιορισμός ζωνών τρωτότητας στο υδατικό διαμέρισμα.

Για το λόγο αυτό το Υ.Δ. 11 χωρίστηκε σε τρεις υπολεκάνες απορροής, με κριτήριο την προέλευση των απορροών. Η πρώτη αποτελεί το ελληνικό τμήμα της λεκάνης του ποταμού Στρυμόνα και βρίσκεται στα δυτικά του υδατικού διαμερίσματος. Η δεύτερη περιλαμβάνει την κλειστή λεκάνη Οχυρού και τη λεκάνη απορροής του ποταμού Αγγίτη. Συμβάλλει στον ποταμό Στρυμόνα στο νότιο τμήμα του διαμερίσματος, υδρολογικά όμως αποτελεί αυτόνομο σύστημα καθώς δεν έχει διασυνοριακές εισροές ενώ παράλληλα ικανοποιεί την αρδευτική ζήτηση της πεδιάδας της Δράμας. Τέλος, η τρίτη υπολεκάνη περιλαμβάνει όλο το παράλιο τμήμα του Υ.Δ. 11, με σημαντικότερες συνιστώσες τις λεκάνες απορροής των ρεμάτων Μαρμαρά και Νέας Καρβάλης.

Προκειμένου να είναι κατανοητή η ανάγκη εφαρμογής της παραπάνω προσέγγισης υπολογίστηκε επιπρόσθετα ο δείκτης  $WEI^{GR}$  για τη λεκάνη GR06, με τα σχετικά αποτελέσματα να παρατίθενται και να σχολιάζονται στην παράγραφο 2.4 του παρόντος τεύχους, για λόγους πληρότητας.

### 2.3.2 Προσφορά νερού

Η προσφορά νερού ανά υπολεκάνη υπολογισμού ελήφθη από τον Πίνακα 11.12, σελ. 491 του "Εθνικού Προγράμματος Διαχείρισης και Προστασίας Υδατικών Πόρων", το οποίο εκπονήθηκε από τον Τομέα Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλασσίων Έργων του ΕΜΠ το 2008 [23]. Ο πίνακας αυτός περιλαμβάνει τόσο το επιφανειακό όσο και το υπόγειο μέσο ετήσιο θεωρητικό υδατικό δυναμικό στις υπολεκάνες του Υ.Δ. 11. Για τον υπολογισμό του δείκτη διαχωρίστηκαν οι εισροές των εξεταζόμενων λεκανών απορροής (D) και των γειτονικών λεκανών (I).

### 2.3.3 Ζήτηση νερού

Η ζήτηση νερού στο Υ.Δ. 11 ανέρχεται σε 886 hm<sup>3</sup> και καλύπτει τις ανάγκες άρδευσης, ύδρευσης, βιομηχανίας, κτηνοτροφίας και τουρισμού. Η άρδευση αποτελεί το μεγαλύτερο καταναλωτή νερού, καθώς απορροφά το 93,8% 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 [21].

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

Η κτηνοτροφία καλύπτει μικρό ποσοστό των συνολικών απολήψεων, της τάξης του 0,6%, σύμφωνα με την πλέον πρόσφατη εκτίμησή της από το “Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας Υδατικών Πόρων”, ΕΜΠ 2008, Πίνακας 11.15 [Error! Reference source not found.].

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 Στρυμόνας όσο και ο Αγγίτης κατατάσσονται στην κλάση 33%, με το λόγο ΜΕΑ/ΜΘΑ να ισούται με 34,3% και 35,3% 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  $WR = ΜΘΑ - 0,12 \times ΜΕΑ$ . 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<sup>GR</sup> και δε συνεπάγονται απαραίτητως τη διατήρηση ή μη του υδάτινου σώματος σε καλή κατάσταση.

Για την τρίτη υπολεκάνη έγινε αναγωγή της εγκεκριμένης περιβαλλοντικής παροχής των Π.Ο. του φράγματος Μαρμαρά, η οποία αντιστοιχεί σε ποσοστό της τάξης του 5% της μέσης ετήσιας απορροής και ελήφθη από τη σελ. 35, Τεύχος 11, “Καθορισμός περιβαλλοντικών στόχων, περιλαμβανομένων των εξαιρέσεων από την επίτευξη των στόχων” του παρόντος έργου [33].

## 2.4 Αποτελέσματα υπολογισμού του δείκτη WEI<sup>GR</sup> στο Υ.Δ. 11

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία υπολογίστηκε ο ζητούμενος δείκτης, σε ετήσια βάση, τόσο για τις υπολεκάνες όσο και για το σύνολο του Υ.Δ. 11 και τα αποτελέσματα δίνονται στον Πίνακα 2.2 που ακολουθεί.

**Πίνακας 2.2. Υπολογισμός του δείκτη WEI<sup>GR</sup> στο Υ.Δ. 11**

| Υπολεκάνες                           | Στρυμόνας     | Αγγίτης και κλειστή λεκάνη Οχυρού | Μαρμαράς και Υπόλοιπα | Σύνολο Υ.Δ. 11 |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------|
| Έκταση, km <sup>2</sup>              | 3756,00       | 2707,00                           | 858,00                | 7321,00        |
| D, hm <sup>3</sup> <sup>(1)</sup>    | 1058,00       | 893,00                            | 243,00                | 2194,00        |
| I, hm <sup>3</sup> <sup>(1)</sup>    | 2613,00       | -                                 | -                     | 2613,00        |
| <b>Χρήσεις νερού, hm<sup>3</sup></b> |               |                                   |                       |                |
| Άρδευση <sup>(2)</sup>               | 466,85        | 289,34                            | 60,10                 | 816,29         |
| Υδρευση <sup>(3)</sup>               | 21,85         | 17,15                             | 8,02                  | 47,01          |
| Βιομηχανία <sup>(3)</sup>            | 5,80          | 7,29                              | 3,13                  | 16,22          |
| Τουρισμός <sup>(3)</sup>             | 0,28          | 0,21                              | 0,19                  | 0,68           |
| Κτηνοτροφία <sup>(4)</sup>           | 2,88          | 2,40                              | 0,52                  | 5,80           |
| TWA, hm <sup>3</sup>                 | 497,66        | 316,39                            | 71,95                 | 886,00         |
| WR, hm <sup>3</sup>                  | 818,63        | 208,07                            | 12,15 <sup>(5)</sup>  | 1038,85        |
| <b>Δείκτης WEI<sup>GR</sup></b>      | <b>0,1745</b> | <b>0,4619</b>                     | <b>0,3117</b>         | <b>0,2351</b>  |

Πηγές προέλευσης δεδομένων:

<sup>(1)</sup> Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας Υδατικών Πόρων, ΕΜΠ 2008, Πίνακας 11.12

<sup>(2)</sup> Υπολογισμός αναγκών στα πλαίσια του παρόντος έργου, Τεύχος 8, με βάση την απογραφή καλλιεργειών 2007

<sup>(3)</sup> Υπολογισμός αναγκών στα πλαίσια του παρόντος έργου, Τεύχος 8, με έτος αναφοράς το 2010

<sup>(4)</sup> Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας Υδατικών Πόρων, ΕΜΠ 2008, Πίνακας 11.15

<sup>(5)</sup> Υπολογισμός εξ' αναγωγής βάσει των Π.Ο. του φράγματος Μαρμαρά Καβάλας

## 2.5 Επικινδυνότητα λειψυδρίας και ζώνες τρωτότητας στο Υ.Δ. 11

Οι υπολογιζόμενοι δείκτες δείχνουν σαφή ανισοκατανομή των πιέσεων στους υδατικούς πόρους της Ανατολικής Μακεδονίας. Το δυτικό τμήμα του Υ.Δ. 11, λόγω των σημαντικότερων εισροών από το Βουλγαρικό τμήμα του ποταμού Στρυμόνα που είναι 2,5 φορές περισσότερες από την απορροή του ελληνικού τμήματος, δεν εμφανίζει πίεση νερού και ο υπολογιζόμενος δείκτης ισούται με 17,45%. Ο υπολογισμός αυτός είναι μάλιστα συντηρητικός, καθώς δεν έχει ληφθεί υπόψη η ανακύκλωση του αρδευτικού νερού στα δίκτυα κατάντη της Τ.Λ. Κερκίνης.

Σύμφωνα με στοιχεία του έτους 2000 περίπου, από τον ταμιευτήρα Κερκίνης αρδεύονται συνολικά περί τις 390.000 στρέμματα, εκ των οποίων τα 289.000 απευθείας και τα 101.000 μέσω των διαρροών του δικτύου [34]. Η κατάσταση αυτή δεν έχει τροποποιηθεί, καθώς δεν έχουν προωθηθεί αρδευτικά έργα στην περιοχή. Λαμβάνοντας υπόψη κατανάλωση νερού περίπου ίση με 590 m<sup>3</sup>/στρέμμα/έτος υπολογίζεται ποσότητα επιστρεφόμενου ύδατος ίση με R = 59,59 hm<sup>3</sup>, και προκύπτει δείκτης WEI<sup>+</sup> = 15,36% με εφαρμογή της προτεινόμενης από τον Τεχνικό Σύμβουλο εξίσωσης (βλ. παρ. 2.1.2 του παρόντος Τεύχους). Κατά συνέπεια, η υπολεκάνη του ποταμού Στρυμόνα, που περιλαμβάνει την καλλιεργούμενη πεδιάδα των Σερρών, εμφανίζει σε κάθε περίπτωση υπερεπάρκεια υδατικών πόρων για την κάλυψη των αναγκαίων απολήψεων.

Αντιθέτως, η υπολεκάνη του ποταμού Αγγίτη και της κλειστής λεκάνης Οχυρού βρίσκεται υπό σημαντική πίεση, καθώς ο υπολογιζόμενος  $WEI^{GR}$  είναι ίσος με 46,19%, συνεπαγόμενος ισχυρό ανταγωνισμό για τους διαθέσιμους πόρους. Κάτι τέτοιο είναι αναμενόμενο καθώς η υπολεκάνη βασίζεται μόνον στους ίδιους πόρους της, ενώ η ζήτηση νερού είναι υψηλή λόγω των αρδευτικών αναγκών της πεδιάδας της Δράμας. Σημειώνεται μάλιστα ότι οι απολήψεις ανέρχονται στο 64% των αντίστοιχων αναγκών του Στρυμόνα ενώ οι απορροές είναι μόλις το 25% των απορροών και εισροών του δυτικού τμήματος. 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. Σε κάθε περίπτωση πάντως, η υπολεκάνη Αγγίτη και κλειστής λεκάνης Οχυρού είναι η πλέον τρωτή περιοχή του Υ.Δ. 11 όσον αφορά στην ευαισθησία του συστήματος υδατικών πόρων στην ξηρασία.

Τέλος, η υπολεκάνη του παράλιου τμήματος (Μαρμαράς, ρέμα Νέας Καρβάλης και υπόλοιπα) βρίσκεται υπό πίεση νερού καθώς ο δείκτης  $WEI^{GR}$  υπολογίστηκε ίσος με 31,37%. Η ασκούμενη πίεση είναι σημαντικά χαμηλότερη από την αντίστοιχη για το ανατολικό τμήμα του Υ.Δ., παρόλα αυτά η παράλια ζώνη εκτιμάται ως τρωτή σε σχέση με την επάρκεια των διαθέσιμων επίγειων και υπόγειων υδατικών αποθεμάτων.

Τέλος, από τον υπολογισμό ενιαίου δείκτη για το σύνολο του Υ.Δ. προκύπτει ότι η Ανατολική Μακεδονία βρίσκεται υπό χαμηλή πίεση νερού, με  $WEI^{GR}$  ίσο με 23,51%. Το αποτέλεσμα αυτό είναι χαρακτηριστικό της επιρροής των εισροών από τη διασυνοριακή λεκάνη του Στρυμόνα στην εικόνα των υδάτινων πόρων, καθώς εξομαλύνει τη διαφορά προσφοράς και ζήτησης στο σύνολο της λεκάνης GR06. Η εικόνα ωστόσο αυτή είναι πλασματική, αφού δε χρησιμοποιούνται τα αποθέματα του Στρυμόνα για την κάλυψη του συνόλου των χωρικά κατανεμημένων αναγκών. Για την αξιοποίηση του δείκτη εκμετάλλευσης υδάτων σε διαχειριστικό επίπεδο είναι επομένως σκόπιμος ο υπολογισμός του σε συστήματα λεκανών τα οποία είναι “αυτόνομα”. δηλαδή ικανοποιούν τις απολήψεις μέσω των απορροών τους και των εισροών σε αυτά.

### 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 δύο θέσεις του Υ.Δ. 11, στον ποταμό Αγγίτη στη θέση Κρηνίδα και στο Στρυμόνα στη θέση Φάρος Προμαχώνα, κοντά στα ελληνοβουλγαρικά σύνορα. Οι χρονοσειρές αυτές επιλέχθηκαν καθώς παρουσίαζαν συνεχείς καταγραφές, χωρίς σημαντικά κενά, για χρονικό διάστημα της τάξης των 14 και 7 χρόνων αντίστοιχα. Φυσικά το μέγεθος των χρονοσειρών δεν υπερκαλύπτει την απαίτηση της τριακονταετούς διάρκειας δεδομένων [10], 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 ημερήσιες χρονοσειρές μετατράπηκαν σε μηνιαίες και 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 1859 km<sup>2</sup> για τον ποταμό Αγγίτη και 10.800 km<sup>2</sup> για τον ποταμό Στρυμόνα.

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 την Κρηνίδα χρησιμοποιήθηκε ο σταθμός 460-Δράμα που, όπως αναλύεται στο Κεφάλαιο 2, είναι αντιπροσωπευτικός των επεισοδίων ξηρασίας του ανατολικού τμήματος, ενώ βρίσκεται κοντά στο κέντρο βάρους της λεκάνης του Αγγίτη. Για το Στρυμόνα επιλέχθηκαν οι σταθμοί 453-Άνω Πορόια και 457-Αχλαδοχώρι, επειδή (α) βρίσκονται κοντά στα σύνορα με τη Βουλγαρία, από όπου και προέρχεται η απορροή και (β) είναι ημιορεινοί, και πιθανά δίνουν ενδείξεις της βροχόπτωσης στο βουλγαρικό τμήμα της λεκάνης του ποταμού, που βρίσκεται σε μεγαλύτερο μέσο υψόμετρο από το ελληνικό τμήμα.

Από τους υπολογιζόμενους συντελεστές συσχέτισης προκύπτει ότι ο Φάρος Προμαχώνα συσχετίζεται ικανοποιητικά με το δείκτη SPI-12 του σταθμού Άνω Πορόια, ενώ δεν υπάρχει σαφής συσχέτιση με το σταθμό Αχλαδοχωρίου. Η συσχέτιση στο ετήσιο βήμα δε μπορεί να θεωρηθεί χαρακτηριστική, καθώς (α) η βροχόπτωση σημειώνεται σε άλλη λεκάνη από τη λεκάνη προέλευσης της απορροής (β) η σύγκριση γίνεται για μικρό χρονικό διάστημα (γ) η τιμή είναι υψηλή, αλλά παρουσιάζεται μόνο σε έναν από τους δύο σταθμούς και δε μπορεί να ερμηνευτεί από τα δεδομένα του. Εξάλλου, στη βιβλιογραφία υπάρχουν σαφείς ενδείξεις για συσχέτιση των επιφανειακών υδάτινων πόρων με το δείκτη SPI-6 μηνών, ενώ και τα γραφήματα της επόμενης σελίδας δείχνουν την εποπτικά πιο "άμεση" συσχέτιση της απορροής του ποταμού με τη χρονική κλίμακα αυτή. Κρίνεται επομένως ότι με τα διαθέσιμα στοιχεία δε μπορεί να εξαχθεί συμπέρασμα για την απόκριση της διασυννοριακής λεκάνης Στρυμόνα σε φαινόμενα ξηρασίας του ελληνικού τμήματος.

Η Κρηνίδα παρουσιάζει ικανοποιητική συσχέτιση με τη Δράμα για ετήσια κλίμακα και πολύ υψηλή συσχέτιση για τη διετή. Παρατηρείται επίσης ότι η τιμή της έντασης είναι μικρότερη στο Υ.Σ. σε σχέση με το βροχομετρικό σταθμό, κάτι που ερμηνεύεται από το γεγονός ότι η απορροή είναι απότοκο της βροχόπτωσης, και άρα αμβλύνονται οι διαφοροποιήσεις μεταξύ διαφορετικών βημάτων. Η μεγιστοποίηση της συσχέτισης για τον SPI-24 καταδεικνύει την τροφοδότηση της απορροής του ποταμού Αγγίτη μέσω των πηγών της

πεδιάδας της Δράμας, οι οποίες αποφορτίζουν την υπόγεια υδροφορία των ορεινών όγκων της περιοχής. Επομένως, είναι αναμενόμενο η χρονική κλίμακα απόκρισης της απορροής στο δείκτη SPI να είναι συγκρίσιμη με την αναφερόμενη βιβλιογραφικά για τα υπόγεια ύδατα.

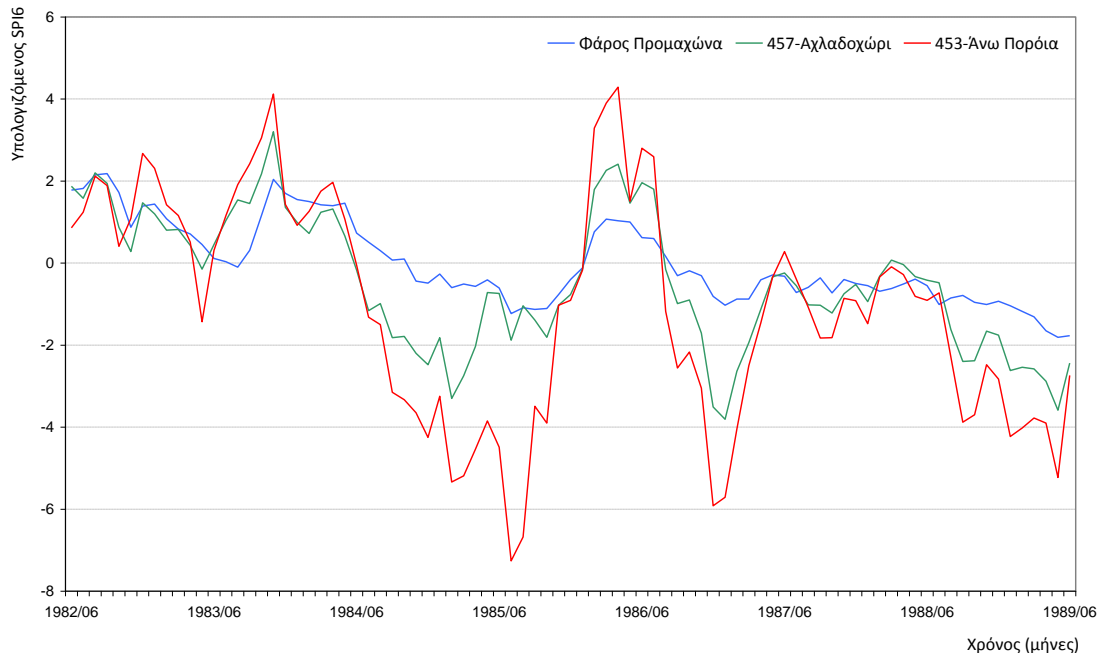
Με δεδομένα πάντως:

- τη σχετικά “ικανοποιητική” συσχέτιση της απορροής του Στρυμόνα με το δείκτη SPI-6 τόσο για το Αηδονοχώρι όσο και για την Κάτω Πορτία
- την αντίστοιχη ικανοποιητική συσχέτιση των απορροών επιφανειακών Υ.Σ. με το δείκτη SPI-6 για βροχομετρικούς σταθμούς στο Υ.Δ. 12 [35]
- τις βιβλιογραφικές αναφορές για συσχέτιση του SPI-6 με την απόκριση επιφανειακών απορροών στη ξηρασία [2, 10]

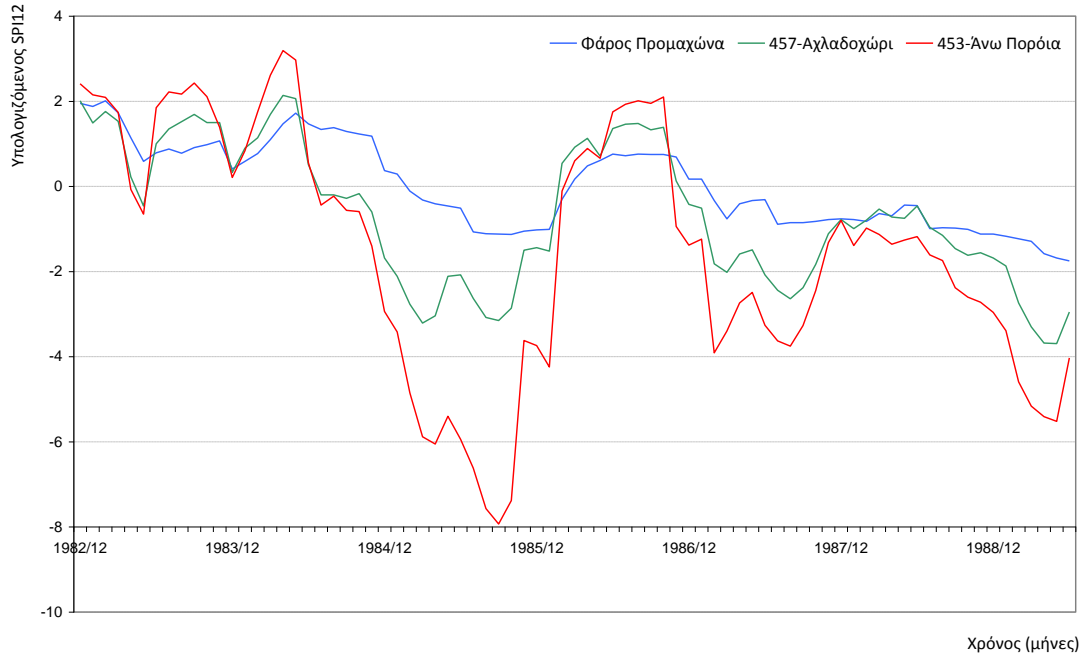
εκτιμάται ότι η απόκριση των επιφανειακών Υ.Σ. που οι λεκάνες απορροής τους βρίσκονται μέσα στα όρια του υδατικού διαμερίσματος μπορεί να προσδιοριστεί με υπολογισμό του δείκτη ξηρασίας σε εξαμηνιαία χρονική κλίμακα.

**Πίνακας 3.1. Συσχετίσεις επιφανειακής απορροής με το δείκτη SPI, Υ.Δ. 11**

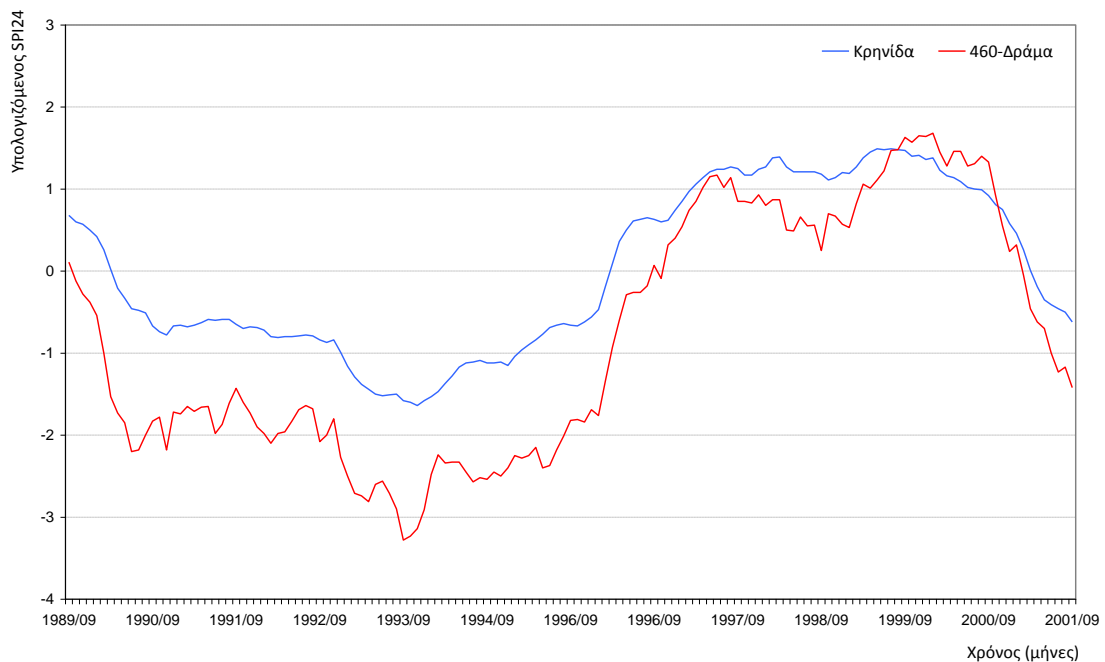
| Θέση μέτρησης    | SPI-6 | SPI-12       | SPI-24       |
|------------------|-------|--------------|--------------|
| Κρηνίδα – 460    | 0,498 | 0,669        | <b>0,801</b> |
| Προμαχώνας – 453 | 0,564 | <b>0,658</b> | 0,554        |
| Προμαχώνας – 457 | 0,381 | 0,379        | 0,298        |



**Σχήμα 3.1. Συσχέτιση Φάρου Προμαχώνα με τους β/μ σταθμούς 453 και 457, SPI-6**



Σχήμα 3.2. Συσχέτιση Φάρου Προμαχώνα με τους β/μ σταθμούς 453 και 457, SPI-12



Σχήμα 3.3. Συσχέτιση Κρηνίδας με το β/μ σταθμό 460, SPI-24

### 3.1.2 Υπόγεια υδατικά συστήματα

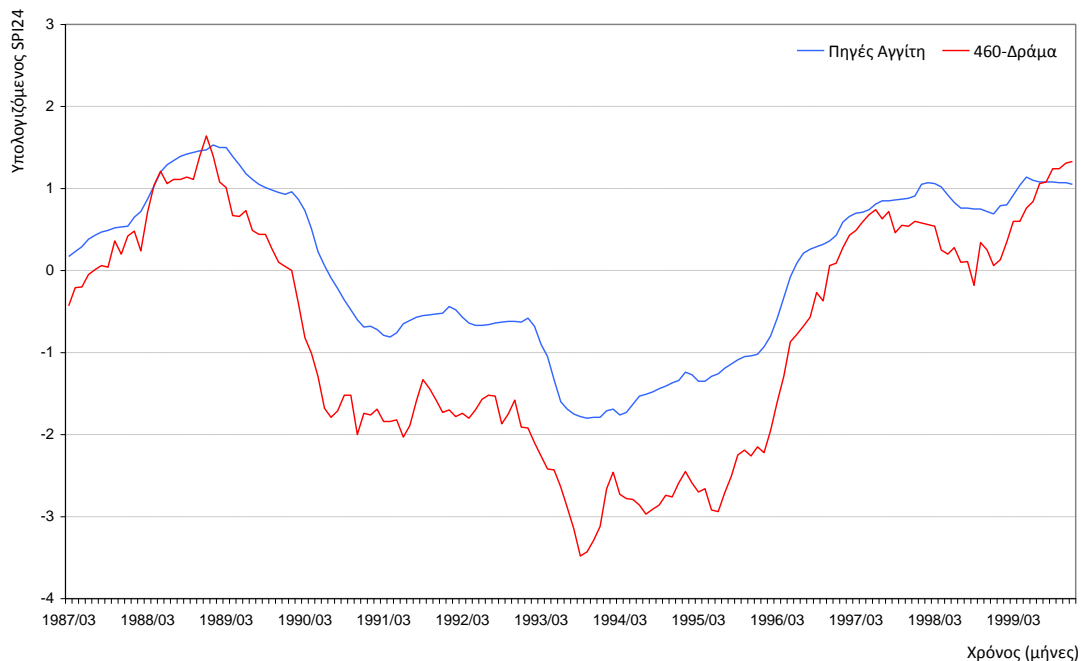
Για τη διερεύνηση της συσχέτισης του δείκτη SPI με τα υπόγεια υδατικά συστήματα πρέπει να συγκεντρωθούν στοιχεία μετρήσεων για την παροχή πηγών και γεωτρήσεων και να γίνει επεξεργασία τους κατ' αντιστοιχία με τα επιφανειακά ύδατα. Στο Υ.Δ. 11 υπάρχουν καταγραφές για την παροχή των πηγών της υπολεκάνης 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. Ωστόσο δεν είναι διαθέσιμα επαρκή στοιχεία στάθμης υδροφορίας από

ερευνητικές γεωτρήσεις, κατά συνέπεια τα σχετικά συμπεράσματα προέκυψαν από την αντίστοιχη ανάλυση για το Υ.Δ. 12 [35] και η δυνατότητα εφαρμογής τους θα πρέπει να επαληθευτεί στο μέλλον με πραγματικά στοιχεία της περιοχής μελέτης.

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 υψηλής 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**

| Πηγή                | SPI-6 | SPI-12 | SPI-24       |
|---------------------|-------|--------|--------------|
| Πηγές Αγγίτη        | 0,408 | 0,613  | <b>0,779</b> |
| Πηγές Βοϊράνης      | 0,300 | 0,493  | <b>0,718</b> |
| Πηγή ΚΠ02 (Παγγαίο) | 0,178 | 0,432  | <b>0,691</b> |



**Σχήμα 3.4. Συσχέτιση Πηγών Αγγίτη με το β/μ σταθμό 460, SPI-24**

Η συσχέτιση της μεταβολής στάθμης των υπόγειων υδροφορέων με τα φαινόμενα ξηρασίας προσδιορίζεται από τα στοιχεία διερευνητικών 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 04/1988 – 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 και η συμπεριφορά των υδροφορέων να επιβεβαιωθεί από πραγματικά στοιχεία της περιοχής μελέτης.

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

| Γεώτρηση    | SPI-6  | SPI-12 | SPI-24       |
|-------------|--------|--------|--------------|
| 41299703142 | -0,022 | 0,040  | <b>0,168</b> |
| 41299703141 | -0,138 | -0,013 | <b>0,133</b> |

### 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.**

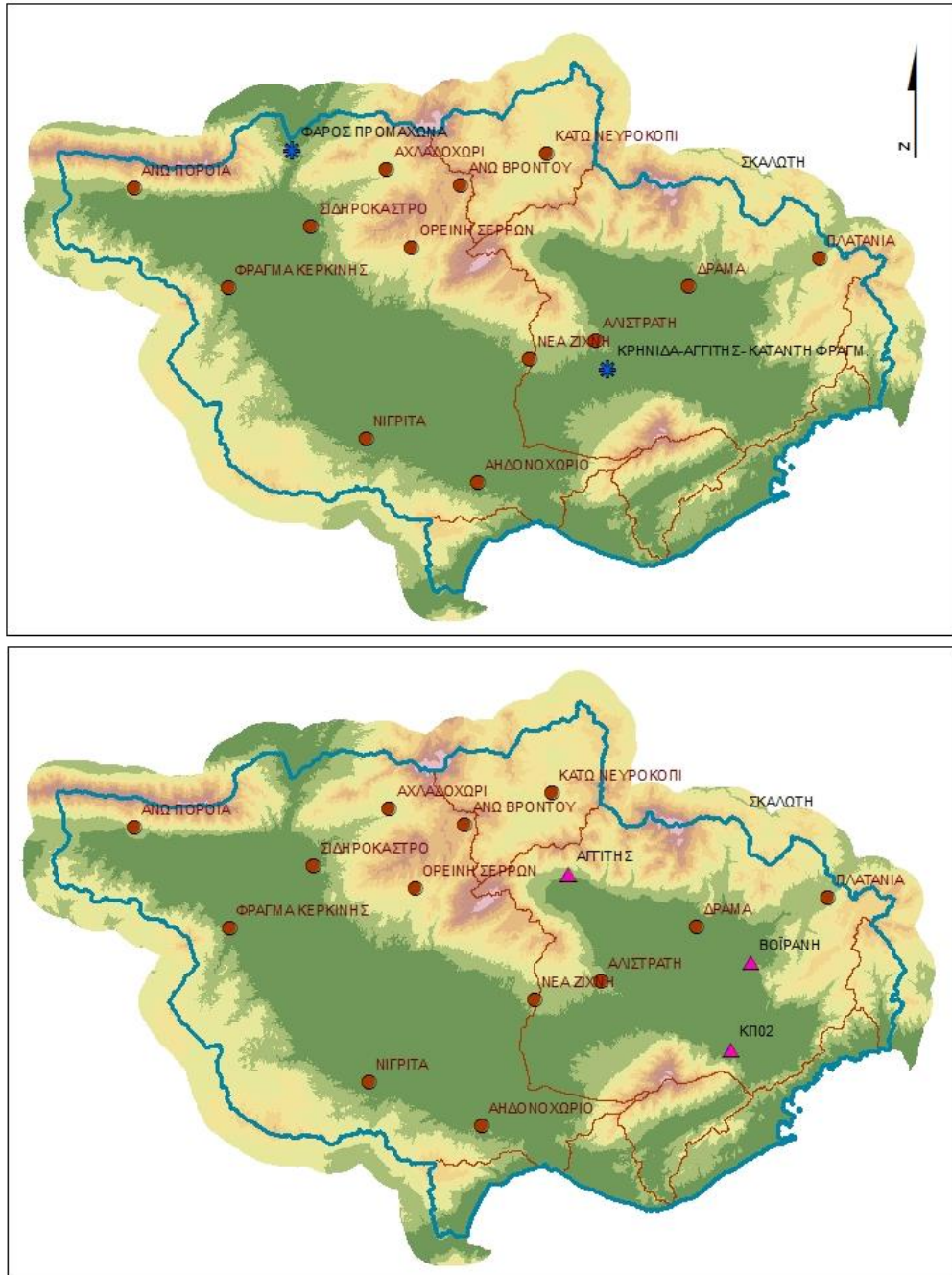
| Επίπεδο προειδοποίησης | SPI-6  | SPI-12  | SPI-24  |
|------------------------|--|---|---|
| Ετοιμότητα             | $0 < \text{SPI-6} < -1$                          | $0 < \text{SPI-12} < -0,5$                        | $0 < \text{SPI-24} < -0,5$                        |
| Προοίμιο συναγερμού    | $-1 < \text{SPI-6} < -1,5$                       | $-0,5 < \text{SPI-12} < -1$                       | $-0,5 < \text{SPI-24} < -1$                       |
| Συναγερμός             | $-1,5 < \text{SPI-6} < -2,0$                     | $-1 < \text{SPI-12} < -1,5$                       | $-1 < \text{SPI-24} < -1,5$                       |
| Έκτακτη ανάγκη         | Εμμονή τιμών $< -1,5$<br>ή $\text{SPI-6} < -2,0$ | Εμμονή τιμών $< -1,5$<br>ή $\text{SPI-12} < -2,0$ | Εμμονή τιμών $< -1,5$<br>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 του ποταμού Στρυμόνα, το οποίο δε φαίνεται να μπορεί να συσχετιστεί με δεδομένα βροχόπτωσης στην ελληνική πλευρά. Για την εκτίμηση της εξέλιξης των αποθεμάτων αυτών 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 υπολεκάνη 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. 11 διαχωρίζεται σε τρεις υπολεκάνες απορροής. Η απόκριση των Υ.Σ. στο ελληνικό τμήμα της λεκάνης του ποταμού Στρυμόνα δε μπορεί να συσχετισθεί με κάποιο διαθέσιμο β/μ. Η απόκριση των επιφανειακών και υπόγειων συστημάτων της λεκάνης ποταμού Αγγίτη και Οχυρού προτείνεται να καθορίζεται από το σταθμό 460-Δράμα για όλες τις περιπτώσεις και χρονικές κλίμακες. Τέλος, για τη προειδοποίηση επεισοδίων λειψυδρίας στο παράλιο τμήμα προτείνεται είτε η χρήση του β/μ Αηδονοχωρίου του ΥΠΕΚΑ, που όμως βρίσκεται στην υπολεκάνη του Στρυμόνα αν και κοντά στις εκβολές, είτε η χρήση του μετεωρολογικού σταθμού της Ε.Μ.Υ. στην Καβάλα.



**ΥΠΟΜΝΗΜΑ**

- ▲ ΘΕΣΕΙΣ ΠΗΓΩΝ
- ΘΕΣΕΙΣ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ
- ✱ ΘΕΣΕΙΣ ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

**Σχήμα 3.5. Θέσεις εξεταζόμενων πηγών και υδρομετρικών σταθμών, Υ.Δ. 11**



## **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**

Για τους σκοπούς του παρόντος, το Υ.Δ. 11 αντιμετωπίζεται σε επίπεδο τριών (3) υπολεκάνων, της υπολεκάνης Στρυμόνα, της υπολεκάνης Αγγίτη (μαζί με την κλειστή λεκ. Οχυρού) και των λοιπών παράλιων υπολεκάνων της Καβάλας (Μαρμαρά, Ν. Καρβάλης, κλπ.) και της Ασπροβάλας. Ο διαχωρισμός γίνεται για να υποστηριχθεί καλύτερα η ανάλυση των συνεπειών της ξηρασίας μεταξύ των υπολεκάνων που στηρίζονται αποκλειστικά σε εγχώριες πηγές νερού σε σχέση με αυτές που δέχονται σημαντικές εισροές από διασυνοριακά νερά.

##### **Υπολεκάνη Στρυμόνα**

Η υπολεκάνη συνολικά εμφανίζει χαμηλή πίεση στους υδατικούς πόρους (βλ. κεφ. 2) ως αποτέλεσμα της επάρκειας νερού λόγω των εισροών του Στρυμόνα από τη Βουλγαρία. 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 τα ΥΣ του π. Στρυμόνα (ανάντη και κατάντη της Κερκίνης), τα ΥΣ της τάφρου Μπέλιτσας και το λιμναίο ΙΤΥΣ της Κερκίνης.

Σε περίπτωση εμφάνισης ξηρασίας, τα συστήματα αυτά έχουν μέτρια ευαισθησία καθώς οι απολήψεις από τα υδάτινα σώματα είναι κεντρικού χαρακτήρα (η πλειοψηφία των απολήψεων γίνεται από 2 υδροληψίες επί του Στρυμόνα, 1 υδροληψία επί της Μπέλιτσας και 2 υδροληψίες από την Κερκίνη) και συνεπώς ο έλεγχος των απολήψεων είναι δυνατός.

Με την προϋπόθεση εφαρμογής των μακροπρόθεσμων μέτρων πρόληψης (ορισμένα εκ των οποίων βρίσκονται υπό εξέλιξη) και των βραχυπρόθεσμων μέτρων αντιμετώπισης της ξηρασίας, όπως αυτά περιγράφονται στο παρόν, τα επιφανειακά υδατικά συστήματα της υπολεκάνης δεν θα υποστούν σημαντικά αρνητικές επιπτώσεις σε περίπτωση εμφάνισης ξηρασίας.

##### **Υπολεκάνη Αγγίτη**

Σε αντίθεση με την υπολεκάνη Στρυμόνα, η υπολεκάνη Αγγίτη 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.

Τα επιφανειακά υδατικά συστήματα που βρίσκονται υπό εκμετάλλευση είναι τα ποτάμια ΥΣ του υδρογραφικού δικτύου Αγγίτη (π. Αγγίτης, Ξηροπόταμος Δράμας, Τάφος Φιλίππων) ουσιαστικά όμως οι εκμεταλλεζόμενες παροχές τους προέρχονται από τις πηγαίες εκφορτίσεις των γύρω καρστικών συστημάτων. Σε περίπτωση ξηρασίας, η ευαισθησία των σωμάτων αυτών εξαρτάται καίρια από την διάρκεια του φαινομένου. Όπως έδειξαν οι σχετικές αναλύσεις στο κεφ. 3 του παρόντος, ο δείκτης ξηρασίας εμφανίζει υψηλή συσχέτιση με τις πηγαίες εκφορτίσεις σε 24-μηνο βήμα, γεγονός που δικαιολογείται από την υπερετήσια ρύθμιση που συχνά εμφανίζουν οι καρστικοί υδροφορείς και επομένως η επίδραση της ξηρασίας εμφανίζεται με σχετική υστέρηση. Εκτιμάται επομένως ότι για επεισόδια ξηρασίας διάρκειας μέχρι δύο ετών (αρκεί να μην σημειωθούν με ασυνήθιστα

μεγάλη ένταση) η ευαισθησία των ποτάμιων σωμάτων που δέχονται τις πηγαίες εκφορτίσεις των καρστικών σχηματισμών γύρω από τη λεκάνη της Δράμας θα είναι μετριασμένη. Σε περιπτώσεις μεγαλύτερης διάρκειας του φαινομένου (ακόμα και με σχετικά μέτριες εντάσεις) η ευαισθησία τους θα είναι αυξημένη. Ωστόσο η χρονική υστέρηση προσφέρει δυνατότητες λήψης μέτρων έγκαιρης αντιμετώπισης των επιπτώσεων, αρκεί να υπάρχει σε ισχύ ένας μηχανισμός έγκαιρης προειδοποίησης όπως ο περιγραφόμενος στο παρόν.

Επίσης στην υπολεκάνη βρίσκεται και το έτερο λιμναίο ΙΤΥΣ του διαμερίσματος, η Τ.Λ. Λευκογείων η οποία χρησιμοποιείται εντατικά για την άρδευση του λεκανοπεδίου Νευροκοπίου. Το λιμναίο ΙΤΥΣ είναι αρκετά ευαίσθητο στην ξηρασία καθώς συγκεντρώνει τοπικές μόνον απορροές. Ο τεχνητός του χαρακτήρας αποτελεί πλεονέκτημα σε περίπτωση εμφάνισης ισχυρής ξηρασίας καθώς η διαχείρισή του είναι πολύ ευκολότερη σε σχέση με ένα φυσικό λιμναίο σώμα.

#### **Υπολεκάνη Μαρμαρά, υπόλοιπα Καβάλας κλπ.**

Οι περιοχές αυτές εμφανίζουν σχετικά υψηλό δείκτη εκμετάλλευσης υδάτων (> 30%) αλλά τα επιφανειακά υδατικά τους σώματα δεν βρίσκονται υπό καθεστώς έντονης εκμετάλλευσης διότι δεν διαθέτουν υψηλό δυναμικό. Εξάιρεση αποτελεί το ρ. Μαρμαρά, η εκμετάλλευση των πόρων του οποίου θα αρχίσει με την ολοκλήρωση του ομώνυμου φράγματος το οποίο βρίσκεται υπό κατασκευή. Η κύρια πηγή προσφορά νερού στις περιοχές αυτές είναι η υπόγεια υδροφορία, η οποία εξετάζεται στην επόμενη ενότητα.

#### **4.1.2 Υπόγεια υδατικά συστήματα**

Από την εξέταση των διαθέσιμων δεδομένων για τα ΥΥΣ του Υ.Δ. 11 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. 11 είναι ευαίσθητα σε φαινόμενα ξηρασίας:

- ΥΥΣ Οφρυνίου (GR1100150)
- ΥΥΣ Ελευθερών – Ν. Περάμου (GR1100140)
- ΥΥΣ Νευροκοπίου (GR1100120)
- ΥΥΣ Ασπροβάλας (GR1100090)

Το ΥΥΣ Ελευθερών – Ν. Περάμου αξιολογήθηκε ότι βρίσκεται σε κακή κατάσταση και επομένως η αυξημένη ευαισθησία του 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. 11 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   | ΑΓΓΙΤΗΣ Π.      | GR1106R0002060006H | GR06   | H         | 14.7       | Μέτρια               | Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4  |
| 2   | ΑΓΓΙΤΗΣ Π.      | GR1106R0002060007N | GR06   | N         | 18         | Μέτρια               | Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4  |
| 3   | ΑΓΓΙΤΗΣ Π.      | GR1106R0002060108N | GR06   | N         | 24.8       | Μέτρια               | Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4  |
| 4   | ΜΠΕΛΙΤΣΑΣ Π.    | GR1106R0002100238H | GR06   | H         | 13.4       | Ελλειπής             | Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4  |
| 5   | ΜΠΕΛΙΤΣΑΣ Π.    | GR1106R0002100242H | GR06   | H         | 5.2        | Ελλειπής             | Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4  |
| 6   | ΜΠΕΛΙΤΣΑΣ Π.    | GR1106R0002100243H | GR06   | H         | 2.2        | Ελλειπής             | Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4  |
| 7   | ΜΠΕΛΙΤΣΑΣ Π.    | GR1106R0002100244H | GR06   | H         | 11         | Ελλειπής             | Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4  |
| 8   | ΜΠΕΛΙΤΣΑΣ Π.    | GR1106R0002100245H | GR06   | H         | 11         | Ελλειπής             | Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4  |
| 9   | ΞΗΡΟΠΟΤΑΜΟΣ Π.  | GR1106R0002060421N | GR06   | N         | 14         | Άγνωστη              | –                      |
| 10  | ΞΗΡΟΠΟΤΑΜΟΣ Π.  | GR1106R0002060422H | GR06   | H         | 0.8        | Άγνωστη              | –                      |
| 11  | ΞΗΡΟΠΟΤΑΜΟΣ Π.  | GR1106R0002060423N | GR06   | N         | 5.4        | Άγνωστη              | –                      |
| 12  | ΞΗΡΟΠΟΤΑΜΟΣ Π.  | GR1106R0002060424N | GR06   | N         | 14.4       | Άγνωστη              | –                      |
| 13  | ΣΤΡΥΜΟΝΑΣ Π.    | GR1106R0002000003N | GR06   | N         | 13.5       | Μέτρια               | Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4  |
| 14  | ΣΤΡΥΜΟΝΑΣ Π.    | GR1106R0002000028H | GR06   | H         | 64.1       | Μέτρια               | Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4  |
| 15  | ΣΤΡΥΜΟΝΑΣ Π.    | GR1106R0002010002N | GR06   | N         | 3.2        | Μέτρια               | Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4  |
| 16  | ΣΤΡΥΜΟΝΑΣ Π.    | GR1106R0002230070H | GR06   | H         | 8.7        | Μέτρια               | Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4  |
| 17  | ΣΤΡΥΜΟΝΑΣ Π.    | GR1106R0002230071H | GR06   | H         | 3.3        | Μέτρια               | Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4  |
| 18  | ΣΤΡΥΜΟΝΑΣ Π.    | GR1106R0B02230072N | GR06   | N         | 10.2       | Μέτρια               | Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4  |
| 19  | ΤΑΦΡΟΣ ΦΙΛΙΠΠΩΝ | GR1106R0002060217A | GR06   | A         | 17.5       | Ελλειπής             | Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4  |
| 20  | ΤΑΦΡΟΣ ΦΙΛΙΠΠΩΝ | GR1106R0002060293A | GR06   | A         | 7.3        | Άγνωστη              | –                      |

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 <sup>2</sup> ) | Υφιστάμενη Κατάσταση | Περιβαλλοντικός Στόχος |
|-----|----------------|----------------|--------|-----------|---------------------------|----------------------|------------------------|
| 1   | Τ.Λ.ΛΕΥΚΟΓΕΙΩΝ | GR1106L000001H | GR06   | H         | 1.09                      | Μέτρια               | Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4  |
| 2   | ΛΙΜΝΗ ΚΕΡΚΙΝΗ  | GR1106L000002H | GR06   | H         | 46.09                     | Ελλειπής             | 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 | Τάση Ρύπανσης | Περιβαλλοντικός Στόχος |
|-----|-----------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------|------------------------|
| 1   | GR1100090 | Σύστημα Ασπροβάλας  | Καλή              | Καλή               | -             | Μη Υποβάθμιση          |
| 2   | GR1100120 | Σύστημα Νευροκοπίου | Καλή              | Καλή               | Όχι           | Μη Υποβάθμιση          |

| α/α | Κωδικός   | Ονομασία                         | Ποιοτική (Χημική) | Ποσοτική Κατάσταση | Τάση Ρύπανσης | Περιβαλλοντικός Στόχος |
|-----|-----------|----------------------------------|-------------------|--------------------|---------------|------------------------|
| 3   | GR1100140 | Σύστημα Ελευθέρων – Νέας Περάμου | Κακή              | Κακή               | Ναι           | Υπαγωγή στο Άρθρο 4.4  |
| 4   | GR1100150 | Σύστημα Οφρυνίου                 | Καλή              | Καλή               | Όχι           | Μη Υποβάθμιση          |

Από τον παραπάνω πίνακα συνάγεται ότι ο περιβαλλοντικός στόχος (μη υποβάθμιση) των ευαίσθητων στην ξηρασία υπόγειων υδατικών συστημάτων, με την εξαίρεση του ΥΥΣ Ελευθέρων – Ν. Περάμου που υπάγεται 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 υποδείξει ότι βρισκόμαστε στις αρχές εμφάνισης ενός επεισοδίου ξηρασίας. Με βάση το δείκτη SPI που χρησιμοποιείται για το εδώ προτεινόμενο σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης, οι προτεινόμενες τιμές για την κήρυξη του επιπέδου αυτού και των υπολοίπων παρατίθενται στον Πίνακα 3.4. 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/νση 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 υποδείξει ότι το γεγονός ξηρασίας έχει επέλθει (βλ. Πίνακα 3.4) 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 (βλ. Πίνακα 3.4 για σχετικές τιμές). 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<br>Νομοθεσία και κανονισμοί χρήσης<br>Εκπαίδευση και ενημέρωση<br>Επαναχρησιμοποίηση νερού  |
|                       | Εξοικονόμηση νερού στην γεωργία   | Μείωση ευαισθησίας καλλιεργειών στην έλλειψη νερού<br>Αύξηση αποδοτικότητας χρήσης (μείωση απωλειών μεταφοράς/διανομής)<br>Διαχείριση καλλιεργειών και εδαφών<br>Βελτίωση συστημάτων άρδευσης<br>Επέκταση στάγδην άρδευσης<br>Προγραμματισμός άρδευσης<br>Κίνητρα για την διενέργεια άρδευσης μετά την δύση του ήλιου<br>Κίνητρα εξοικονόμησης νερού<br>Ενημέρωση αγροτών<br>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<br>Ανάπτυξη ασφαλιστικών καλύψεων   |
| Διαχείριση προσφοράς  | Τεχνητός εμπλουτισμός υπόγειων υδατικών συστημάτων                                | Μικρές λίμνες (επιπέδου αγροκτήματος)<br>Συλλογή ομβρίων υδάτων  |
|                       | Στρατηγικά αποθέματα – έκτακτες πηγές νερού για τη διαχείριση της ξηρασίας        | Ανάπτυξη συνδυασμένης χρήσης επιφανειακών και υπόγειων υδάτων<br>Ενθάρρυνση χρήσης μη-συμβατικών πηγών νερού<br>Συστήματα υδρολογικής πρόγνωσης  |
|                       | Αναπλήρωση υπόγειας υδροφορίας<br>Βελτίωση λειτουργίας ταμιευτήρων                | Ενίσχυση αναπλήρωσης υπόγειων υδάτων<br>Αναβάθμιση παρακολούθησης ταμιευτήρων, εφαρμογή μοντέλων διακινδύνευσης και υποστήριξης αποφάσεων  |
|                       | Διαχείριση ταμιευτήρων  | Βελτίωση διαχείρισης μεγάλων ταμιευτήρων   |

| Στρατηγική δράσης | Τομέας  | Μέτρο  |
|-------------------|---|--|
|                   | Εξοικονόμηση νερού, διαχείριση και συντήρηση υποδομών | Παρακολούθηση των συστημάτων διανομής (υδρόμετρα)<br>Χρήση συστημάτων πληροφορικής και νέων τεχνολογιών<br>Εισαγωγή αυτοματισμών και τηλεδιαχείρισης στην διαχείριση διωρύγων και καναλιών<br>Υιοθέτηση διανομών χαμηλής πίεσης<br>Υιοθέτηση προγραμματισμού παροχής νερού με βάση τη ζήτηση<br>Ενδιάμεσες αποθηκεύσεις νερού (π.χ. σε τάφρους)<br>Αποτελεσματική συντήρηση υποδομών<br>Παρακολούθηση και αξιολόγηση της απόδοσης των συστημάτων διανομής<br>Εκπαίδευση προσωπικού<br>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<br>Εκστρατεία άμεσης μείωσης της κατανάλωσης<br>Περιορισμοί χρήσης   |
| Διαχείριση επιπτώσεων | Έκτακτα μέτρα για την αντιμετώπιση επιπτώσεων της ξηρασίας              | Αποζημιώσεις απώλειας εισοδήματος<br>Επιχορήγηση σύναψης ασφαλιστικών συμβολαίων για απώλεια γεωργικής παραγωγής<br>Φοροαπαλλαγές και εκπτώσεις φόρων<br>Προσωρινή αναδιανομή υδατικών πόρων |
| Διαχείριση προσφοράς  | Εναλλακτική αποθήκευση νερού – έλεγχος απωλειών και μη ωφέλιμων χρήσεων | Πρόχειρες δεξαμενές συλλογής νερού<br>Εντοπισμός και επισκευή διαρροών σε δίκτυα<br>Εντοπισμός απωλειών σε συστήματα παροχής νερού   |
|                       | Έκτακτη παροχή νερού για την αντιμετώπιση της ξηρασίας                  | Μεταβίβαση δικαιωμάτων χρήσης<br>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<br>Αλλαγή κανόνων λειτουργίας ταμιευτήρων<br>Αλλαγή εξοπλισμού εκροής νερού από ταμιευτήρες<br>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<sup>GR</sup> που υπολογίσθηκε για τις υπολεκάνες του Υ.Δ. 11 (βλ. κεφ. 2), οι διαφορετικές περιοχές του Υ.Δ. έχουν τελείως διαφορετική ευαισθησία στην παρουσία φαινομένων ξηρασίας αφού ο δείκτης εκμετάλλευσης διαφέρει κατά πολύ μεταξύ τους.

- **Υπολεκάνη Στρυμόνα.** Η υπολεκάνη του Στρυμόνα παρουσιάζει γενικά χαμηλή ευαισθησία σε φαινόμενα ξηρασίας (βλ. σχετικό κεφ. 2). Αυτό οφείλεται κυρίως στον έντονα πλεονασματικό χαρακτήρα της λεκάνης η οποία τροφοδοτείται από τις απορροές του Στρυμόνα που φθάνουν στα σύνορα με την Βουλγαρία τα 2.200 έως 2.600 hm<sup>3</sup> νερού ετησίως. Ακόμα και η θερινή απορροή (πεντάμηνο Μαΐου – Σεπτεμβρίου) ανέρχεται υπό κανονικές συνθήκες σε περίπου 750 hm<sup>3</sup> με χαμηλό δεκαετίας τα 600 hm<sup>3</sup> περίπου. Οι ποσότητες αυτές, στις οποίες δεν συμπεριλαμβάνεται η απορροή που δημιουργείται στο ελληνικό τμήμα της λεκάνης απορροής, υπερκαλύπτουν τις κατά κύριο λόγο αρδευτικές χρήσεις που τροφοδοτούνται από αυτές στην λεκάνη. Ακόμα, το μεγαλύτερο και πλέον εκτεταμένο υπόγειο υδατικό σύστημα στο Υ.Δ. το ΥΥΣ Σερρών, στο σύνολό του έχει θετικό ισοζύγιο εισροών-εκροών (εξαιρούνται κάποια τμήματα στο νοτιοανατολικό του μέρος όπου παρατηρούνται φαινόμενα υπεράντλησης).

Ωστόσο, σε σχέση με την διαχείριση φαινομένων ξηρασίας, η λεκάνη Στρυμόνα παρουσιάζει ορισμένες ιδιαιτερότητες: λόγω της μεγάλης έκτασης της λεκάνης απορροής σε τρίτες χώρες, όπου βρίσκεται και η βασική πηγή τροφοδοσίας της λεκάνης σε βροχοπτώσεις, το προτεινόμενο στο παρόν σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης δεν αποδίδει καλά αποτελέσματα, γεγονός φυσιολογικό αφού ο υπολογισμός του δείκτη ξηρασίας βασίζεται στους σταθμούς του ελληνικού χώρου που καταγράφουν την βροχόπτωση του πλέον νότιου και λιγότερο υγρού τμήματος της συνολικής λεκάνης (έκτασης 16.800 km<sup>2</sup> περίπου). Η καλή λειτουργία του συστήματος έγκειται επομένως στην τακτική παροχή βροχομετρικών δεδομένων που καταγράφονται στο βουλγαρικό έδαφος. Κάτι τέτοιο πρέπει να επιδιωχθεί στο πλαίσιο της υφιστάμενης συνεργασίας με την Βουλγαρία για θέματα διαχείρισης διασυνοριακών υδάτων και την από κοινού εφαρμογή της Ο.Π.Υ. στις διασυνοριακές λεκάνες. Ωστόσο, μέχρι η συνεργασία αυτή να φθάσει σε ένα επίπεδο ωριμότητας τέτοιο που να εξασφαλίζει την απρόσκοπτη λειτουργία του συστήματος προειδοποίησης, η λεκάνη θα υποφέρει από έλλειψη έγκαιρης πληροφόρησης σχετικά με την πιθανή έλευση φαινομένων ξηρασίας.

Για το λόγο αυτό και παρά τον έντονα πλεονασματικό χαρακτήρα της υπολεκάνης, προτείνεται η δημιουργία ενός στρατηγικού αποθέματος εντός του βασικού

ταμειυτήρα της περιοχής, της τ.λ. Κερκίνης, σε συνδυασμό με τα προβλεπόμενα στο Πρόγραμμα Μέτρων του Σχεδίου Διαχείρισης του Υ.Δ. Ανατολικής Μακεδονίας. Εκεί προβλέπεται ότι οι δρομολογημένες και μελλοντικές δράσεις εκσυγχρονισμού και βελτίωσης ορισμένων πεπαλαιωμένων αρδευτικών δικτύων της περιοχής Στρυμόνα, θα μπορούσαν σε βάθος χρόνου να οδηγήσουν σε μεγάλη εξοικονόμηση νερού από τις μειωμένες απώλειες των δικτύων μεταφοράς και διανομής. Η εκτίμηση για το μέγιστο ύψος της εξοικονόμησης αυτής ανέρχεται σε περίπου 100 hm<sup>3</sup> κατ' έτος. Η ποσότητα αυτή, εφ' όσον εξοικονομηθεί, θα μπορεί να «χρησιμοποιείται» για την βέλτιστη διαχείριση της διακύμανσης της στάθμης της τ.λ. Κερκίνης ώστε να εξυπηρετούνται ταυτοχρόνως οι στόχοι της Ο.Π.Υ. (επίτευξη του καλού οικολογικού δυναμικού) αλλά και οι στόχοι της Οδηγίας 92/43/ΕΚ σχετικά με την διαχείριση των σημαντικών οικοσυστημάτων που υποστηρίζει η λίμνη και πιο συγκεκριμένα της οριθοπανίδας.

Προτείνεται, σε συνδυασμό με τους παραπάνω στόχους, όπως η σε βάθος χρόνου εξοικονομούμενη ποσότητα από την μείωση των απωλειών των αρδευτικών δικτύων της υπολεκάνης Στρυμόνα, να «αποθηκεύεται» στην Κερκίνη ως ψυχρή εφεδρεία (στρατηγικό απόθεμα) για τον μετριασμό των επιπτώσεων από ενδεχόμενη ξηρασία. Στην πράξη αυτό θα σημαίνει την διατήρηση της λίμνης σε υψηλότερες στάθμες σε κάθε αρδευτική περίοδο λόγω των μειωμένων καταναλώσεων που θα έχει επιφέρει η εξοικονόμηση νερού. Το απόθεμα αυτό σε χρονιές όπου δεν πιθανολογείται η έλευση ξηρασίας, θα μπορεί να χρησιμοποιείται εν μέρει για την διαχείριση των οικοσυστημάτων της λίμνης και την βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του ποταμού κατάντη της λίμνης με την παροχή κατάλληλης περιβαλλοντικής παροχής. Σε περιόδους όμως κατά τις οποίες υπάρχουν ενδείξεις πιθανής έλευσης φαινομένων ξηρασίας θα μπορεί να χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών.

Ως στρατηγικό απόθεμα θα μπορούσαν να καθορισθούν και ποσότητες από την περίσσεια των ετησίως ανανεώσιμων αποθεμάτων του ΥΥΣ Σερρών (GR1100010) η οποία περίσσεια εκτιμάται σε πάνω από 150 hm<sup>3</sup> μετά την ικανοποίηση όλων των χρήσεων που χρησιμοποιούν υπόγεια νερά. Ωστόσο, ο καθορισμός αυτός είναι δύσκολος διότι το ΥΥΣ Σερρών έχει τεράστια έκταση και συνεπώς η παραπάνω ποσότητα μοιράζεται με ανομοιογενή τρόπο σε μια μεγάλη περιοχή. Κατά συνέπεια ακόμα και μέρος της ποσότητας αυτής δεν μπορεί να αποληφθεί παρά με διάσπαρτα έργα. Επομένως ο καθορισμός στρατηγικού αποθέματος μπορεί να γίνει μόνον τοπικά και σε συσχέτιση με συγκεκριμένες χρήσεις στην υπολεκάνη οι οποίες σε περίπτωση ξηρασίας δεν διαθέτουν καμία εναλλακτική πηγή νερού. Παραδείγματος χάριν, θα μπορούσε να καθορισθεί ένα τέτοιο απόθεμα και να γίνουν τα ανάλογα έργα ψυχρής εφεδρείας για τις περιοχές που σήμερα αρδεύονται από τις διαρροές και τις επιστροφές νερού των δικτύων άρδευσης της κεντρικής πεδιάδας μέσω της τάφρου Μπέλιτσας. Σε περίπτωση ξηρασίας, ακόμα και χωρίς την εφαρμογή συγκεκριμένων μέτρων, οι επιστροφές αυτές θα μειώνονταν κατά πολύ λόγω της εξοικονόμησης και της μείωσης της κατανάλωσης στα ανάντη δίκτυα, με αποτέλεσμα όσοι εξαρτώνται από την πηγή αυτή νερού να βρεθούν σε δυσχερή κατάσταση.

- **Υπολεκάνη Αγγίτη (με την κλ. λ. Οχυρού).** Από την άποψη της τρωτότητας, η υπολεκάνη Αγγίτη εμφανίζει την μεγαλύτερη ευαισθησία σε φαινόμενα ξηρασίας, αφού ο σχετικός δείκτης εκμετάλλευσης των υδάτων είναι αρκετά υψηλός. Η υπολεκάνη στηρίζεται για την ικανοποίηση των αναγκών της μόνο στις εγχώριες πηγές νερού, οι οποίες κατά κύριο λόγο συνίστανται στις πηγαίες εκφορτίσεις των καρστικών συστημάτων που αναπτύσσονται περιμετρικά του πεδίου της Δράμας

(Μενοίκιο-Φαλακρό, σύστημα Αγγίτη, Ορέων Λεκάνης, Παγγαίου) οι οποίες τροφοδοτούν και τον ίδιο τον ποταμό Αγγίτη.

Λόγω της εντατικής χρήσης των πηγαίων εκφορτίσεων, οι αντλήσεις από τον προσχωματικό υδροφορέα της Δράμας (ΥΥΣ Δράμας, GR1100050) είναι σχετικά περιορισμένες και το ΥΥΣ εμφανίζει θετικό ισοζύγιο. Η κατάσταση αυτή δεν αναμένεται να αλλάξει στο μέλλον επειδή ως εναλλακτική πηγή ύδατος για την περιοχή έχει προβλεφθεί η διάθεση 90 hm<sup>3</sup> από τον ταμιευτήρα Πλατανόβρυσης μέσω σήραγγας η οποία δεν έχει ακόμη κατασκευασθεί. Συνεπώς, προτείνεται η δημιουργία στρατηγικού υδατικού αποθέματος ασφαλείας από την περίσσεια των ανανεώσιμων αποθεμάτων του ΥΥΣ Δράμας τα οποία εκτιμώνται σε 50 hm<sup>3</sup> κατ' έτος. Για την δημιουργία του αποθέματος θα πρέπει να ακολουθηθούν τα εξής βήματα:

- Εκπόνηση υδρογεωλογικής μελέτης για τον ακριβή υπολογισμό του ισοζυγίου του ΥΥΣ Δράμας, την ανεύρεση θέσεων ανόρυξης των γεωτρήσεων ψυχρής εφεδρείας και τον υπολογισμό της απολήψιμης ποσότητας που θα είναι δυνατόν να αντληθεί ετησίως σε περίπτωση που χρειασθεί.
  - Εκπόνηση τεχνικοοικονομικής μελέτης για τον καθορισμό των καταναλώσεων που θα συνδεθούν με το σύστημα στρατηγικής εφεδρείας. Η μελέτη αυτή πρέπει να αναλύσει την κατανομή των χρήσεων στην υπολεκάνη και να καταλήξει στην βέλτιστη τεχνικά και οικονομικά διάθεση των στρατηγικών εφεδρειών σε περίπτωση ξηρασίας, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους χρήστες και την δυνατότητα του καθενός να εξυπηρετηθεί σε έκτακτες ανάγκες από εναλλακτικές πηγές νερού. Η μελέτη θα πρέπει να μελετήσει και τα απαιτούμενα έργα σύνδεσης (αγωγοί, αντλιοστάσια, κλπ.)
  - Εκτέλεση των έργων στρατηγικής εφεδρείας και δημιουργία μηχανισμού συντήρησης και εποπτείας τους ώστε να παραμένουν συνεχώς σε άριστη λειτουργική κατάσταση. Η καλή κατάσταση των έργων θα πρέπει να επιβεβαιώνεται με τη δοκιμαστική τους λειτουργία τουλάχιστον μια φορά τον χρόνο.
  - Επιβολή διοικητικών μέτρων με τα οποία θα διαφυλάσσεται η ποσότητα που θα έχει καθορισθεί από τα ανανεώσιμα αποθέματα του ΥΥΣ Δράμας. Αυτό σημαίνει επιβολή μεγίστου ορίου στις αντλούμενες ποσότητες από την υπόγεια υδροφορία, μέσω ελέγχου του αριθμού και της ικανότητας άντλησης των αδειοδοτούμενων γεωτρήσεων.
- **Υπολεκάνες Μαρμαρά, Ν. Καρβάλης, Ασπροβάλας και υπόλοιπα Καβάλας.** Από την άποψη της τρωτότητας, οι υπολεκάνες αυτές εμφανίζουν σχετική ευαισθησία σε φαινόμενα ξηρασίας καθώς ο δείκτης εκμετάλλευσης υποδεικνύει πίεση στους υδατικούς πόρους (βλ. κεφ. 2). Ωστόσο, ο γεωγραφικός κατακερματισμός των λεκανών αλλά και των ΥΥΣ, ορισμένα εκ των οποίων βρίσκονται υπό καθεστώς έντονης πίεσης ή οριακής ισορροπίας μεταξύ τροφοδοσίας και αντλήσεων, καθιστά αδύνατη την ανεύρεση πηγών ύδατος που να μπορούν να εξετασθούν ως στρατηγικά υδατικά αποθέματα. Από την άποψη των εναλλακτικών πηγών υδροδότησης, βρίσκεται υπό κατασκευή το φράγμα Μαρμαρά που θα επιτρέψει την εκμετάλλευση των επιφανειακών πόρων της υπολεκάνης, ελαφρύνοντας τις πιέσεις στα ΥΥΣ Μαρμαρά και Οφρυνίου. Τέλος, λόγω της εγγύτητας όλων αυτών των περιοχών με την θάλασσα, μακροπρόθεσμα η λύση της αφαλάτωσης ως εναλλακτικής πηγής προσπορισμού ύδατος δεν πρέπει να αποκλείεται.

## 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](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. ΕΝΜ, Εξάρχου – Νικολόπουλος - Μπενσασών 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 IV, Ανατολική Μακεδονία, Έκδοση 3, Ιούνιος 2006
20. Lloyd-Hudges B. and Saunders M.A. (2002), "A drought climatology for Europe", International Journal of Climatology, p. 1571-1592
21. 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.
22. 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.
23. 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
24. Κουτσογιάννης, Δ., και Θ. Ξανθόπουλος, Τεχνική Υδρολογία, Έκδοση 3, 418 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999 (<http://itia.ntua.gr/el/docinfo/115/>)
25. Kossida M.,ETC/ICM reply to the MS comments regarding the WEI+ exercise in the Pilot River Basins, National Technical University of Athens, 2011
26. Zhang L., Dawes W.R, Walker G.R., Predicting the effect of vegetation changes on catchment average water balance, Technical Note 99/12,1999
27. Μιμίκου Μ., Α. , Μπαλτάς Ε.Α. (2006). Τεχνική Υδρολογία, 4η έκδοση, εκδόσεις Παπασωτηρίου, αρ.σελίδων 297.
28. Mimikou, M., Kounopoulos, Y., Cavvadias, G. and Vayiannos, N. (1991). Regional Hydrological Effects of Climate Change. Journal of Hydrology, 123:119-146
29. 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
30. Morton, F.I: Estimating evapotranspiration from potential evaporation: Practicality of an iconoclastic approach. Journal of hydrology,1978
31. Palau A. and Alcazar J., The basic flow methods for incorporating flow variability in environmental flows, River Research and Applications, Vol. 28, 2012

32. 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, Ιανουάριος 2012
33. 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
34. Μήσιος Μ. Γεωπόνος ΔΕΒ Σερρών, Εισήγηση: “Τα εγγειοβελτιωτικά – αρδευτικά έργα στο νομό Σερρών”
35. 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. 12, 38 σελίδες, Αθήνα, Ιούλιος 2012





ΕΙΔΙΚΗ  
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ  
ΥΔΑΤΩΝ



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ &  
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ  
ΑΛΛΑΓΗΣ

[www.ypeka.gr](http://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](mailto:info.egy@prv.ypeka.gr)



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ  
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



[www.epperaa.gr](http://www.epperaa.gr)



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης