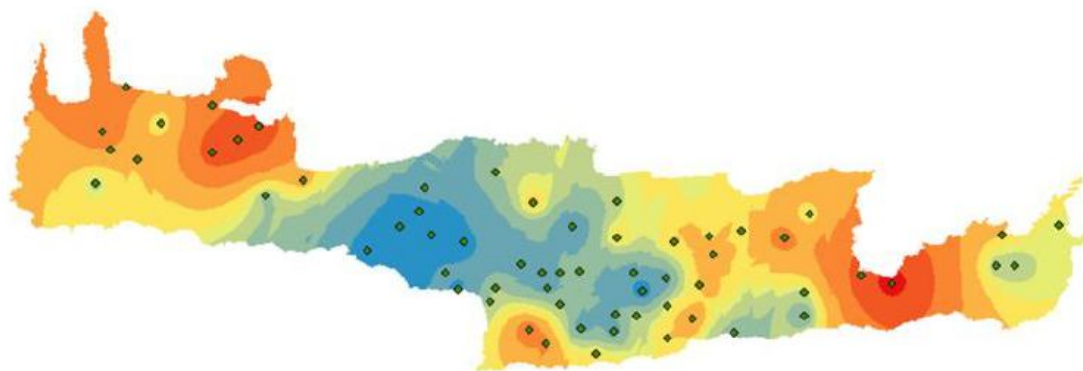




ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΡΗΤΗΣ
ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΗΣ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΥΔΑΤΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ -
ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΕΔΙΟ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ - ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ



Ηράκλειο, Απρίλιος 2021

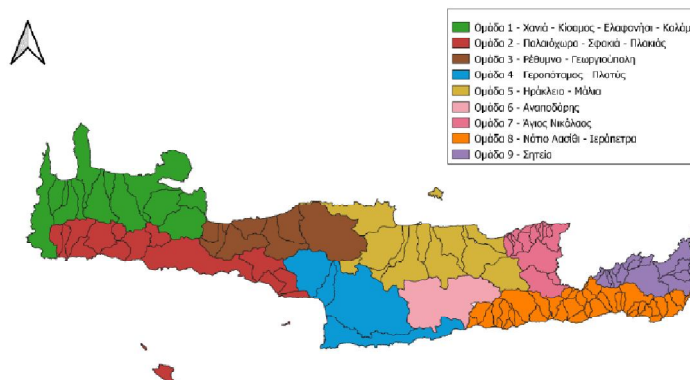
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Δ/ση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης έχει αναθέσει την πράξη με τίτλο «Κατάρτιση σχεδίου δράσης για την αντιμετώπιση ξηρασίας - λειψυδρίας στην Περιφέρεια Κρήτης» σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, του Ν.3199/2003, του Π.Δ.51/2007 και κατ' εφαρμογή του Μέτρου Μ13Β0308 της 1ης Αναθεώρησης του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Κρήτης (ΦΕΚ Β'4666/2017).

Η πράξη χρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Κρήτη 2014-2020»

1.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Σκοπός της πράξης ήταν η κατάρτιση ενός επιχειρησιακού σχεδίου αντιμετώπισης και διαχείρισης των καταστάσεων ξηρασίας – λειψυδρίας στην Κρήτη. Προς τούτο, η Κρήτη «χωρίστηκε» σε εννέα ομάδες - υπολεκάνες με βάση το υδατικό καθεστώς αλλά και τις ανάγκες της κάθε περιοχής σε νερό:



Για κάθε ομάδα-υπολεκάνη προσδιορίστηκε το υδατικό της ισοζύγιο με βάση τις εισροές (βροχόπτωση, διήθηση κλπ.) και τις εκροές (αντλήσεις, έξοδος προς θάλασσα, επιφανειακές απορροές κλπ.) και στη συνέχεια εκτιμήθηκε το πόσο εύαλπη είναι η κάθε ομάδα σε καταστάσεις ξηρασίας.

Ακολούθησε η επιλογή του Standardised Precipitation Index (SPI) ως κατάλληλου δείκτη ξηρασίας για την Κρήτη καθώς και ο υπολογισμός του για κάθε ομάδα-υπολεκάνη με βάση τα βροχομετρικά δεδομένα από το έτος 1973 έως το 2010 από 60 μετεωρολογικούς σταθμούς.

Οι δείκτες ξηρασίας παρέχουν μια σαφή **διαχρονική εικόνα της υγρής και ξηρής κατάστασης μιας περιοχής**. Επομένως συγκρίνοντας για το τρέχον έτος το ύψος της βροχόπτωσης μιας περιοχής ανά τρίμηνο ή εξάμηνο με τον αντίστοιχο δείκτη ξηρασίας, μπορεί να προγνωστεί με αρκετά καλή πιθανότητα για το αν έτος που διανύουμε θα είναι ξηρό ή υγρό και έτσι να ληφθούν έγκαιρα συγκεκριμένα μέτρα δράσης με έμφαση στις ευάλωτες περιοχές.

Ως τελικό αποτέλεσμα του έργου είναι η παράδοση των δεικτών ξηρασίας, η αξιολόγηση του επιπέδου ξηρασίας σε τέσσερα επίπεδα δηλαδή απλής επιτήρησης, αυξημένης επιτήρησης, κατάσταση συναγερμού και κατάσταση έκτακτης ανάγκης καθώς και η ανάληψη δράσεων μέσω ενός συγκεκριμένου Σχεδίου ανάλογα με το επίπεδο ξηρασίας του συγκεκριμένου έτους.

Πίνακας 5.1: Καταστάσεις αξιολόγησης επιπέδου ξηρασίας στο έτος

1. Απλή επιτήρηση	
2. Αυξημένη επιτήρηση	
3. Κατάσταση συναγερμού	
4. Κατάσταση Έκτακτης Ανάγκης	

Όσον αφορά τις άμεσες ενέργειες για την υλοποίηση του Σχεδίου Δράσης (το οποίο καταλήγει σε Κανονιστική Απόφαση της Συντονίστριας της Α.Δ. Κρήτης) προβλέπεται μεταξύ άλλων, η δημιουργία Τμήματος στην Διεύθυνση Υδάτων με αρμοδιότητες (μεταξύ άλλων) τη συλλογή-επεξεργασία μετεωρολογικών μεταβλητών, υπολογισμό παραμέτρων, προσδιορισμό δεικτών ξηρασίας ανά 3-μηνο, 6-μηνο, 9-μηνο, εκτίμηση διαθέσιμων αποθεμάτων, εισήγηση για συγκεκριμένη κατάσταση επιπέδου ξηρασίας, ενημέρωση αρμοδίων αρχών-Υπηρεσιών για ανάληψη δράσης.

Αναλυτικότερα η προαναφερόμενη πράξη περιλαμβάνει:

1. Ιστορική αναδρομή φαινομένων ξηρασίας-λειψυδρίας, η διαχείριση τους και οι επιπτώσεις στο οικονομικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό επίπεδο.
2. Πρόβλεψη της ζήτησης σε νερό για διάφορες χρήσεις μέχρι το 2021 για κάθε ομάδα υπολεκανών.
3. Καταγραφή του ισοζυγίου κάθε υδατικού συστήματος (υπόγειου ή επιφανειακού) και έργου (ταμιευτήρες, λιμνοδεξαμενές, πεδία γεωτρήσεων κλπ).
4. Αποτύπωση των σχέσεων ζήτησης και διαθεσιμότητας υδατικών πόρων για κάθε ομάδα υπολεκανών.
5. Ανάλυση και καθορισμός φαινομένων ξηρασίας και λειψυδρίας με τη χρήση κατάλληλων δεικτών.
6. Σχεδιασμός δικτύου παρακολούθησης της ξηρασίας με βάση την υπάρχουσα υποδομή.

7. Αξιολόγηση των δεικτών που καθορίστηκαν με τη χρήση ιστορικών δεδομένων–χρονοσειρών βάσει σεναρίων για ήπιες - μέτριες - σοβαρές καταστάσεις ξηρασίας καθώς και σεναρίων επανάληψης φαινομένων ξηρασίας σε περίοδο δύο συνεχόμενων ετών και τριών συνεχόμενων ετών.
8. Καθορισμός κατάστασης επικινδυνότητας ανά ομάδα υδρολογικών υπολεκανών με 4βαθμια κλίμακα: «κανονική κατάσταση», «μέση κατηγορία κινδύνου», «υψηλή κατηγορία κινδύνου» και «κατηγορία συναγερμού». Ο καθορισμός έγινε με την ανάπτυξη σχετικού αλγορίθμου που θα συμπεριλαμβάνει τους δείκτες ξηρασίας, τα υδραυλικά έργα, τα υδατικά αποθέματα κλπ.
9. Σύνταξη οδηγιών και εγγράφων ανά κύριο φορέα διαχείρισης υδατικών πόρων (π.χ. Δήμο – ΔΕΥΑ – ΤΟΕΒ).
10. Ορισμός των φορέων επιχειρησιακής δράσης ανά ομάδα υδρολογικών υπολεκανών και συγγραφή μέτρων και οδηγιών. Η γενική κατεύθυνση του σχεδίου σε ότι αφορά τον επιχειρησιακό σχεδιασμό και την υλοποίησή του είναι η εξής: (α) η Διεύθυνση Υδάτων ορίστηκε ως ο αρμόδιος φορέας για την παρακολούθηση, την κατηγοριοποίηση και την ενημέρωση επί του επιπέδου κινδύνου, (β) οι φορείς-υπηρεσίες διάθεσης νερού (πχ ΔΕΥΑ, ΤΟΕΒ, ΟΑΚ κλπ) θα έχουν και την ευθύνη επιβολής των μέτρων όπως αυτά που καθορίστηκαν από το Σχέδιο και εξειδικεύτηκαν στον τομέα ευθύνης τους.
11. Σύνταξη σχεδίων οδηγιών και εγγράφων ανά κύριο φορέα διαχείρισης υδατικών πόρων (π.χ. Δήμο – ΔΕΥΑ – ΤΟΕΒ) και δελτίων τύπου ενημέρωσης κλπ που αφορούν την κατάσταση επικινδυνότητας και τα μέτρα που πρέπει να εφαρμοσθούν.
12. Κατάρτιση «Προσχεδίου Δράσης για την Αντιμετώπιση Ξηρασίας – Λειψυδρίας στην Περιφέρεια Κρήτης» το οποίο εγκρίθηκε από την Διεύθυνση Υδάτων.
13. Διαβούλευση επί του «Προσχεδίου Δράσης για την Αντιμετώπιση Ξηρασίας – Λειψυδρίας στην Περιφέρεια Κρήτης».
14. Κατάρτιση και έγκριση από την Διεύθυνση Υδάτων του «Σχεδίου Δράσης για την Αντιμετώπιση Ξηρασίας – Λειψυδρίας στην Περιφέρεια Κρήτης».
15. Συγγραφή του σχεδίου κανονιστικής απόφασης κανονιστικής πράξης του Συντονιστή Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης.

1.3 Ομάδα εκπόνησης πράξης

Η εκπόνηση της πράξης ανατέθηκε μέσω διαγωνιστικής διαδικασίας στην ένωση οικονομικών φορέων «SEEMAN SMART ENVIRONMENTAL ENGINEERING AND MANAGEMENT ΙΔΙΩΤΙΚΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥΧΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ με δ.τ. SEEMAN ENVIRONMENTAL & ΣΑΒΒΑΣ Ν. ΠΑΡΙΤΣΗΣ ΓΡΑΦΕΙΟ ΜΕΛΕΤΩΝ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ ΙΚΕ με δ.τ. ΣΑΒΒΑΣ Ν. ΠΑΡΙΤΣΗΣ», σύμφωνα με την από 11/9/2019 σύμβαση. Η πράξη παραλήφθηκε οριστικά στις 29/4/2021 (ΑΔΑ 67ΞΘΟΡ1Θ-Α4Τ).

Η ομάδα που συγκροτήθηκε εκ μέρους της Αναδόχου Ένωσης για την εκπόνηση της πράξης αποτελέστηκε από τους παρακάτω επιστήμονες:

Συντονιστής:

- Σάββας Παρίτσης, ΣΑΒΒΑΣ Ν. ΠΑΡΙΤΣΗΣ ΙΚΕ, Γεωλόγος, PhD

Μέλη Ομάδας:

- Γεώργιος Κόλλιας, SEEMAN ENVIRONMENTAL, Αγρ. & Τοπ. Μηχ. ΕΜΠ, MSc Modena & Reggio Emilia
- Βασίλης Τσακίρης, SEEMAN ENVIRONMENTAL, Αγρ. & Τοπ.Μηχ. ΕΜΠ, MSc Imperial College London
- Γεώργιος Κοψιάτης, SEEMAN ENVIRONMENTAL, Γεωλόγος, Αγρ. & Τοπ. Μηχ. ΕΜΠ, MSc ΕΜΠ
- Βασίλης Μπέλλος, SEEMAN ENVIRONMENTAL, Πολιτικός Μηχανικός, PhD
- Ιωάννης Κούρτης, SEEMAN ENVIRONMENTAL, Αγρ. & Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ, MSc ΕΜΠ
- Παναγιώτης Τσακίρης, SEEMAN ENVIRONMENTAL, Οικονομολόγος, MBA, MSc ΕΜΠ

Την ομάδα υποστήριξαν επιστημονικά οι:

- Γ. Τσακίρης, Ομότιμος Καθηγητής Υδραυλικών & Εγχειοβελτιωτικών Έργων ΕΜΠ
- Χ. Βαγγέλης, PhD, ΕΕΔΙΠ ΕΜΠ
- Δ. Τίγκας, PhD

Στις φάσεις των προδιαγραφών και της διακήρυξης διαγωνισμού της πράξης, τον συντονισμό και τη γενική επίβλεψη είχαν οι κυρίες:

- Δρ. Αγγελική Μαρτίνου, ΠΕ Χημικών Μηχανικών με Α΄ βαθμό, προϊσταμένη της Διεύθυνσης Υδάτων Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης
- Δρ. Ιωάννα Μάρη, ΠΕ Γεωτεχνικών (Γεωπόνων) με Α΄ βαθμό, Προϊσταμένη του Τμήματος Παρακολούθησης και Προστασίας Υδατικών Πόρων Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης

Την επίβλεψη της υλοποίησης της συνολικής πράξης (αξιολόγηση, διαβούλευση, έλεγχο και παραλαβή) σύμφωνα με την υπ' αριθ. πρωτ. οικ. 2353/8-10-2019 Απόφαση της Συντονίστριας Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης είχαν οι κυρίες:

- Δρ. Ιωάννα Μάρη, Γεωπόνος, Προϊσταμένη Τμήματος Παρακολούθησης & Προστασίας Υδατικών Πόρων Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης
- Άννα-Μαρία Τσίκη, Πολιτικός Μηχανικός, Υπάλληλος Τμήματος Παρακολούθησης & Προστασίας Υδατικών Πόρων Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης.

**ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ – ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ**

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 1

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ-ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ, Η ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ, ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	7
1.1 Εισαγωγή	7
1.2 Ομάδα μελέτης.....	9
1.3 Ιστορική αναδρομή φαινομένων ξηρασίας-λειψυδρίας.....	9
1.4 Καθορισμός ομάδων υπολεκανών απορροής για την αντιμετώπιση των γεγονότων ξηρασίας.....	11
2. ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΣΕ ΝΕΡΟ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΜΕΧΡΙ ΤΟ 2021..	16
2.1 Ετήσια ζήτηση σε νερό και απολήψεις.....	16
2.2 Απολήψεις από επιφανειακά υδατικά συστήματα.....	18
2.3 Απολήψεις από υπόγεια υδατικά συστήματα	20
2.4 Εκτίμηση Ζήτησης Νερού.....	24
3. ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	30
3.1 Υπόγεια Υδατικά Συστήματα	30
3.2 Κατείδυση.....	31
3.3 Δείκτης Rex	43
3.4 Ευάλωτες στη λειψυδρία υδρογεωλογικές λεκάνες.....	44
3.5 Εκτίμηση της ποιοτικής και ποσοτικής κατάστασης των υπόγειων υδατικών συστημάτων του ΥΔ Κρήτης.....	66
4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ - ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥΣ ΔΕΙΚΤΕΣ	75
4.1 Το φαινόμενο της ξηρασίας.....	75
4.2 Ορισμοί της ξηρασίας	76
4.3 Αναγνώριση - Ταυτοποίηση της ξηρασίας.....	79
4.4 Εκτίμηση της ξηρασίας	82
4.4.1 Standardised Precipitation Index (SPI)	84
4.4.2 Reconnaissance Drought Index (RDI)	86
4.4.3 Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI)	87
4.4.4 Precipitation Deciles	88
4.4.5 Agricultural Standardised Precipitation Index (aSPI)	89
4.4.6 Effective Reconnaissance Drought Index (eRDI)	89
4.5 Προσδιορισμός ξηρασίας βάσει της θεωρίας ‘runs’	90
4.6 Επιλογή δεικτών ξηρασίας για επιχειρησιακή χρήση	91
4.7 Επιλογή κατάλληλων περιόδων αναφοράς και χρονικού βήματος.....	92
4.8 Υπολογισμός δεικτών ξηρασίας στην Κρήτη	94
5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ	223
5.1 Γενικά.....	223
5.2 Δείκτες Λειψυδρίας	225
5.2.1 Δείκτης Έκμετάλευσης Νερού WEI (Water Exploitation Index)	225
5.2.2 Δείκτης WEI*	226
5.2.3 Water Poverty Index (WPI)	228
5.2.4 Δείκτης Rex.....	228
6. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ	230
6.1 Εισαγωγή	230
6.2 Παρακολούθηση της ξηρασίας (Drought monitoring).....	230
6.3 Σχεδιασμός ενός δικτύου παρακολούθησης της ξηρασίας	233
6.4 Συστήματα παρακολούθησης ξηρασίας και διεθνείς πρακτικές.....	237

6.4.1	Παρακολούθηση ξηρασίας στις Η.Π.Α.	237
6.4.2	Σύστημα παρακολούθησης ξηρασίας στην Αυστραλία	239
6.4.3	Παρακολούθηση της ξηρασίας στη Βραζιλία	241
6.4.4	Κέντρο παρακολούθησης ξηρασίας της Νοτιοαφρικανικής Αναπτυξιακής Κοινότητας	242
6.4.5	Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο Ξηρασίας.....	243
6.5	Συμπερασματικά Σχόλια - Σύνοψη.....	245
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		269
ΥΠΟΓΡΑΦΕΣ - ΘΕΩΡΗΣΕΙΣ.....		273

1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ-ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ, Η ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ, ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

1.1 Εισαγωγή

Η μελέτη «Κατάρτιση Σχεδίου δράσης για την Αντιμετώπιση Ξηρασίας - Λειψυδρίας στην Περιφέρεια Κρήτης» ανατέθηκε με την υπογραφή της σχετικής σύμβασης στις 11/9/2019. Η συνολική χρονική διάρκεια εκπόνησης της μελέτης/έργου είναι 14 μήνες από την υπογραφή της σύμβασης και το έργο χωρίζεται σε τρία στάδια (πακέτα εργασιών) που καλύπτουν τρεις περιόδους και καταλήγουν σε 3 παραδοτέα αντίστοιχα.

Του τεύχους αυτού έχει προηγηθεί η υποβολή και η έγκριση της Σύντομης Τεχνικής Έκθεσης στην οποία αποτυπώθηκαν η μεθοδολογική προσέγγιση, ο σχεδιασμός και ο τρόπος υλοποίησης του έργου, τα διαθέσιμα μέσα και ανθρώπινοι πόροι, και το χρονοδιάγραμμα των εργασιών του έργου.

Η μεθοδολογική προσέγγιση αναφέρεται σε 5 βασικά βήματα ως ακολούθως.

1. Αρχικά, η περιοχή μελέτης χωρίζεται σε ομάδες υπολεκανών απορροής προκειμένου να επιτευχθεί ανάλυση σε πιο λεπτομερή χωρική κλίμακα σε σύγκριση με τις λεκάνες απορροής ποταμού, όπως αυτές έχουν καθοριστεί στην 1^η Αναθεώρηση του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης (EL 1339, EL 1340, EL 1341). *Σημειώνεται ότι οι ομάδες των υπολεκανών απορροής συνδιαμορφώθηκαν και επανακαθορίστηκαν μετά από εμπειριστατωμένη πρόταση της ομάδας μελέτης κατά τη διάρκεια του πρώτου σταδίου εκπόνησης της μελέτης.*
2. Με βάση τη διεξοδική υδρολογική ανάλυση κάθε ομάδας υπολεκανών απορροής, θα υπολογιστούν για κάθε πρόσφορη χρονική διάρκεια κατάλληλοι δείκτες εκτίμησης της ξηρασίας για το σύνολο των ετών του ιστορικού δείγματος. Επιπρόσθετα, λαμβάνοντας υπόψη τις υφιστάμενες αλλά και τις μελλοντικές ανάγκες σε νερό για τις διάφορες χρήσεις, με κατάλληλα εργαλεία θα αξιολογηθούν οι συνθήκες λειψυδρίας και οι σχετικές επιπτώσεις ανά ομάδα υπολεκανών σε ανάλογες χρονικές κλίμακες.
3. Ως προς το σύστημα παρακολούθησης θα διαμορφωθεί αναλυτικό σχέδιο που θα περιλαμβάνει τους σταθμούς που θα επιλεγούν, τις διαδικασίες

ανάλυσης, τα κριτήρια αξιολόγησης του κινδύνου ξηρασίας και λειψυδρίας καθώς και τους φορείς που θα επωμιστούν το έργο αυτό.

4. Με βάση την συνολική ανάλυση που θα πραγματοποιηθεί και το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο θα υπάρξει συνολική πρόταση για τους φορείς που θα αναλάβουν επιχειρησιακή δράση ανά ομάδα υδρολογικών υπολεκανών.
5. Τέλος, ο ανάδοχος θα συντάξει τεύχος αναλυτικών οδηγιών για κάθε κύριο φορέα διαχείρισης υδατικών πόρων, για την ανάληψη επιχειρησιακής δράσης.

Σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα της Σύνομης Τεχνικής Έκθεσης που εγκρίθηκε από τους επιβλέποντες, ο ανάδοχος σε 5 μήνες από την υπογραφή της σύμβασης, υποχρεούται να υποβάλει στην Διευθύνουσα Υπηρεσία το 1^ο Παραδοτέο στο οποίο συμπυκνώνονται τα αποτελέσματα των εργασιών της Μελετητικής ομάδας για τις πρώτες 6 δράσεις/εργασίες του έργου που αναλυτικά αναφέρονται παρακάτω.

Το παρόν τεύχος αποτελεί το 1^ο Παραδοτέο του έργου που υποβάλλεται από τον Ανάδοχο εμπρόθεσμα στη Διευθύνουσα Υπηρεσία για έγκριση.

Οι εργασίες που καλύπτονται από το 1^ο Παραδοτέο και αναφέρονται στο τεύχος των Τεχνικών Δεδομένων του έργου είναι συνοπτικά οι ακόλουθες:

1. Ιστορική αναδρομή φαινομένων ξηρασίας-λειψυδρίας, η διαχείριση τους και οι επιπτώσεις στο οικονομικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό επίπεδο.
2. Πρόβλεψη της ζήτησης σε νερό για διάφορες χρήσεις μέχρι το 2021 για κάθε ομάδα υπολεκανών.
3. Καταγραφή του ισοζυγίου κάθε υδατικού συστήματος (υπόγειου ή επιφανειακού) και έργου (ταμιευτήρες, λιμνοδεξαμενές, πεδία γεωτρήσεων κλπ).
4. Αποτύπωση των σχέσεων ζήτησης και διαθεσιμότητας υδατικών πόρων για κάθε ομάδα υπολεκανών
5. Ανάλυση και καθορισμός φαινομένων ξηρασίας και λειψυδρίας με τη χρήση κατάλληλων δεικτών.
6. Σχεδιασμός δικτύου παρακολούθησης της ξηρασίας με βάση την υπάρχουσα υποδομή.

Σημειώνεται ότι στο χρονοδιάγραμμα δεν περιλαμβάνονται χρόνοι υλοποίησης των απαιτούμενων ενεργειών (π.χ. εγκρίσεων) από την Διευθύνουσα Υπηρεσία. Συνεπώς ο ανάδοχος υποχρεούται να υποβάλει το δεύτερο παραδοτέο 4 μήνες μετά την υποβολή του 1^{ου} παραδοτέου δηλαδή στις 4/6/2020.

1.2 Ομάδα μελέτης

Η ομάδα που συγκροτήθηκε για την εκπόνηση της παρούσας μελέτης αποτελείται από τους παρακάτω επιστήμονες:

- Γεώργιος Κόλλιας Αγρ. & Τοπ. Μηχανικός ΕΜΠ, MSc Modena & Reggio Emilia
- Βασίλης Τσακίρης Αγρ. & Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ, MSc Imperial College London
- Σάββας Παρίτσης Γεωλόγος, PhD
- Γεώργιος Κοψιαύτης Γεωλόγος, Αγρ. & Τοπ. Μηχ. ΕΜΠ, MSc, Υποψ. Διδάκτωρ ΕΜΠ
- Βασίλης Μπέλλος Πολιτικός Μηχανικός, PhD
- Ιωάννης Κούρτης Αγρ. & Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ, MSc ΕΜΠ
- Παναγιώτης Τσακίρης Οικονομολόγος, MBA, MSc ΕΜΠ

Την ομάδα μελέτης υποστήριξαν επιστημονικά οι:

Γ. Τσακίρης, Ομότιμος Καθηγητής ΕΜΠ

Χ. Βαγγέλης, PhD, ΕΕΔΙΠ ΕΜΠ

Δ. Τίγκας, PhD

1.3 Ιστορική αναδρομή φαινομένων ξηρασίας-λειψυδρίας

Η πρώτη εργασία του 1^{ου} Παραδοτέου του έργου αναφέρεται στην ιστορική αναδρομή φαινομένων ξηρασίας και λειψυδρίας που έπληξαν την Κρήτη στο παρελθόν και στις επιπτώσεις στο οικονομικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό επίπεδο.

Η αναδρομή σε ιστορικά γεγονότα ξηρασίας και λειψυδρίας έχει σκοπό να προσεγγίσει τις αντίστοιχες συνθήκες και να εκτιμήσει τις συνέπειες αυτών των γεγονότων. Μια τέτοια αναδρομή έχει βεβαίως μεγάλο ενδιαφέρον όχι μόνο από την πλευρά των υδατικών πόρων αλλά και από ιστορική, οικονομική και κοινωνική σκοπιά. Όμως μια σε βάθος ανάλυση αυτών των συνθηκών θα απαιτούσε διεύρυνση του αντικειμένου της μελέτης σε πεδία άλλων ειδικοτήτων (ιστορικών, κοινωνιολόγων, οικονομολόγων, πολιτικών επιστημόνων κ.α.) γεγονός που εκφεύγει του στόχου και της αποτελεσματικότητας του έργου αυτού.

Για την ιστορική αναδρομή η ομάδα μελέτης του έργου με τη χρήση ενός εύρους πηγών και εργαλείων εντόπισε μια σειρά ετών με δυσμενείς συνθήκες ξηρασίας και ελλειμματικών συνθηκών νερού σε περιοχές της Κρήτης τις τελευταίες δεκαετίες που υπάρχουν μετρήσεις των σχετικών μεγεθών. Με βάση τις πηγές τα φαινόμενα ξηρασίας μπορούν να αναφέρονται στην Ανατολική ή στη Δυτική Κρήτη ή στην καλύτερη περίπτωση σε κάθε νομό της Κρήτης.

Τα φαινόμενα που αναφέρονται πιο κάτω είναι κυρίως γεγονότα ξηρασίας και λιγότερο λειψυδρίας σύμφωνα με τους ορισμούς που δίνονται στα επόμενα κεφάλαια του τεύχους αυτού. Γεγονότα που οφείλονται αποκλειστικά στην κακή διαχείριση των

υδατικών πόρων δεν περιλαμβάνονται στη λίστα των γεγονότων ξηρασίας που ακολουθούν. Ως βήμα χρόνου επιλέγεται το έτος και συνεπώς οι εμμένουσες ξηρασίες για σειρά ετών φαίνονται με τα διαδοχικά έτη που χαρακτηρίζονται ως ξηρά.

Τέλος έγινε προσπάθεια τα έτη ξηρασίας να χαρακτηρίζονται σε σχέση με τον βαθμό ξηρασίας ως «έντονη ξηρασία» ή «μέτρια ξηρασία».

Σημειώνεται ότι μια περισσότερο ενδελεχής αποτύπωση των φαινομένων ξηρασίας σε διάφορες περιοχές της Κρήτης παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 4 αυτού του τεύχους και στο Αναλυτικό Παράρτημα που αναφέρεται σε δεδομένα συγκεκριμένων μετεωρολογικών σταθμών με τη βοήθεια κατάλληλων δεικτών ξηρασίας. Στους πίνακες του Κεφαλαίου 4 χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από 10 σταθμούς στο Ν. Λασιθίου, 30 στο Ν. Ηρακλείου, 10 στο Ν. Ρεθύμνου και 12 στο Ν. Χανίων.

Με βάση τις πηγές που χρησιμοποιήθηκαν για το Ν. Λασιθίου είχαμε:

- Έντονες ξηρασίες: τα έτη 89/90, 92/93, 99/00 και 2000/01
- Μέτριες ξηρασίες: τα έτη 74/75, 76/77, 82/83, 93/94 και 97/98

Για το Ν. Ηρακλείου:

- Έντονες ξηρασίες: τα έτη 73/74, 87/88, 88/89, 89/90, 92/93, 99/00 και 08/09
- Μέτριες ξηρασίες: 77/78, 78/79, 79/80 και 80/81

Για το Ν. Ρεθύμνου:

- Έντονες ξηρασίες: τα έτη 82/83, 84/85, 99/00 και 03/04
- Μέτριες ξηρασίες: 85/86, 89/90, 90/91, 91/92, 92/93, 2006/07

Για το Ν. Χανίων:

- Έντονες ξηρασίες: τα έτη 73/74, 82/83, 87/88, 89/90, 90/91
- Μέτριες ξηρασίες: 77/78, 93/94, 94/95, 97/98, 99/2000, 2001/02, 2005/06 και 2007/08

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι η περίοδος με τα μεγαλύτερα προβλήματα και επιπτώσεις από τα γεγονότα ξηρασίας ήταν η περίοδος 1987- 1993 που συμπίπτει με την παρατεταμένη περίοδο ξηρασίας που έπληξε σχεδόν όλη τη χώρα. Έντυπα της εποχής αντανακλούν την ανάδειξη του θέματος ως του πιο σημαντικού τοπικού προβλήματος για τη μακρά αυτή περίοδο.

Τα μέτρα αντιμετώπισης της ξηρασίας αυτής της περιόδου ήταν στην κατεύθυνση ενημέρωσης του κοινού με απαγορεύσεις κάποιων καταναλωτικών χρήσεων και την επιβολή περιορισμών στην κατανάλωση κυρίως των αστικών καταναλώσεων και αλλά και των καταναλώσεων στη γεωργία. Τα μέτρα αυτά λαμβάνονταν για τις αστικές καταναλώσεις από τις ΔΕΥΑ ή δήμους και για την κατανάλωση στη γεωργία από την Αποκεντρωμένη Διοίκηση της Κρήτης ή τους αντίστοιχους οργανισμούς ανάπτυξης Δυτικής και Ανατολικής Κρήτης.

Τα προβλήματα έλλειψης νερού αναφέρονται σε πολλά δημοσιεύματα της εποχής με έξαρση την περίοδο μετά το 1991/92.

Εντελώς συνοπτικά τα προβλήματα την περίοδο αυτή αντιμετωπίστηκαν μερικώς αφήνοντας σημαντικό αρνητικό οικονομικό και κοινωνικό αποτύπωμα για τις περισσότερες περιοχές της Κρήτης για τη περίοδο μεγαλύτερη των 7 περίπου ετών. Βασική κατεύθυνση στην αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων ήταν η ανόρυξη πολλών νέων γεωτρήσεων για την αύξηση των διαθέσιμων ποσοτήτων νερού για κατανάλωση. Το γεγονός αυτό παρά το θετικό του ρόλο στο ισοζύγιο διαθεσιμότητας- ζήτησης για κάποιο διάστημα είχε σε πολλές περιπτώσεις ως αποτέλεσμα την υπεράντληση των υπόγειων υδροφορέων και σε ορισμένους παράκτιους υδροφορείς συνέβαλε στην σταδιακή υφαλμύρωση τους.

Δευτερευόντως η διαπίστωση ότι η Κρήτη γίνεται ολοένα και περισσότερο ελλειμματική σε υδατικούς πόρους βοήθησε στην υιοθέτηση δημιουργίας επιφανειακών ταμιευτήρων για την εκμετάλλευση των επιφανειακών απορροών.

1.4 Καθορισμός ομάδων υπολεκανών απορροής για την αντιμετώπιση των γεγονότων ξηρασίας

Σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης της μελέτης σε πρώτη φάση έπρεπε η γεωγραφική επιφάνεια της Κρήτης να χωρισθεί σε περιοχές για την λεπτομερειακή απεικόνιση των γεγονότων ξηρασίας καθώς και την ανάδειξη των τοπικών φορέων που θα συνεργασθούν με την Κεντρική Διοίκηση της Κρήτης για τον προσδιορισμό του βαθμού σοβαρότητας του κάθε γεγονότος ξηρασίας και την εφαρμογή των αναγκαίων μέτρων για την αντιμετώπιση της.

Για προφανείς λόγους οι επιμέρους γεωγραφικές ενότητες που έπρεπε να επιλεγούν ώστε να περιέχουν στοιχεία που αφορούν στον κύκλο του νερού και από την άλλη διοικητικά ώστε να μπορούν να παίρνονται αποφάσεις και να υπάρχουν φορείς που να είναι υπεύθυνοι για την υλοποίηση τους.

Κρίθηκε ότι η επιλογή των λεκανών απορροής ποταμών του Σχεδίου Διαχείρισης Υδατικών Πόρων του υδατικού διαμερίσματος της Κρήτης δεν παρέχει τη χωρική βάση για την λεπτομερή περιγραφή των φαινομένων ξηρασίας και λειψυδρίας.

Επομένως έπρεπε να ορίσουμε μικρότερες εκτάσεις που θα αντιπροσωπεύουν ομάδες μικρών γειτονικών λεκανών ή καλύτερα ομάδες υπολεκανών (για αντιδιαστολή με τις λεκάνες απορροής ποταμών της Οδηγίας).

Τα κριτήρια για την επιλογή των ομάδων των υπολεκανών που θα αντιμετωπίζονται ως ενιαίες γεωγραφικές ενότητες για την ανάλυση και διαχείριση της ξηρασίας και της λειψυδρίας (εφόσον είναι δυνατόν), είναι:

- 1) Οι ομάδες υπολεκανών πρέπει να ανήκουν στην ίδια λεκάνη απορροής του ΣΛΑΠ
- 2) Οι ομάδες υπολεκανών πρέπει να περιλαμβάνουν τα κέντρα κατανάλωσης και τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους
- 3) Θα πρέπει να αποτελούν σύμπλεγμα όμορων υπολεκανών με κατά το δυνατόν όμοια χαρακτηριστικά (γεωμορφολογικά, κλιματικά, διαχειριστικά)
- 4) Κάθε ομάδα υπολεκανών να ανήκει σε ένα νομό (σήμερα ΠΕ).
- 5) Οι υπολεκάνες που συνενώνονται να έχουν κατά το δυνατόν ανάγκες σε νερό παρόμοιας φύσης

Είναι προφανές ότι στην επιλογή των ομάδων δεν μπορούσαν να ικανοποιηθούν όλα τα παραπάνω κριτήρια. Η ικανοποίηση των κριτηρίων γίνεται με τη σειρά σπουδαιότητας που παρουσιάζεται παραπάνω. Μικρές αποκλίσεις παρουσιάζονται ακόμη σε επιλογές με βάση και στα δύο πρώτα κριτήρια.

Στους χάρτες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι επιλεγείσες ομάδες υπολεκανών που προτάθηκαν από τη μελετητική ομάδα και έγιναν αποδεκτές μετά από σχετικές συζητήσεις από τους επιβλέποντες σε αρχική φάση.

Όπως θα εξηγηθεί αναλυτικά στο κεφάλαιο που αναφέρεται στη λειψυδρία οι ομάδες υπολεκανών (που παρουσιάζονται στο χάρτη 1.1 που ακολουθεί) δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για τη λειψυδρία γιατί οι διαθέσιμοι υδατικοί πόροι μπορεί να προέρχονται από υπόγειο υδροφόρα με πολύ μεγαλύτερες διαστάσεις από την έκταση που καλύπτει η ομάδα υπολεκανών της ξηρασίας.

Παρά την παρατήρηση αυτή που είναι βάσιμη σε πολλές περιπτώσεις, επιλέχθηκαν 9 ομάδες υπολεκανών ως εξής:

ΟΜΑΔΑ 1: ΧΑΝΙΑ - ΚΙΣΑΜΟΣ - ΕΛΑΦΟΝΗΣΙ - ΚΑΛΑΜΙ

ΟΜΑΔΑ 2: ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΑ - ΣΦΑΚΙΑ - ΠΛΑΚΙΑΣ

ΟΜΑΔΑ 3: ΡΕΘΥΜΝΟ - ΓΕΩΡΓΟΥΠΟΛΗ

ΟΜΑΔΑ 4: ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΣ - ΠΛΑΤΥΣ

ΟΜΑΔΑ 5: ΗΡΑΚΛΕΙΟ - ΜΑΛΙΑ

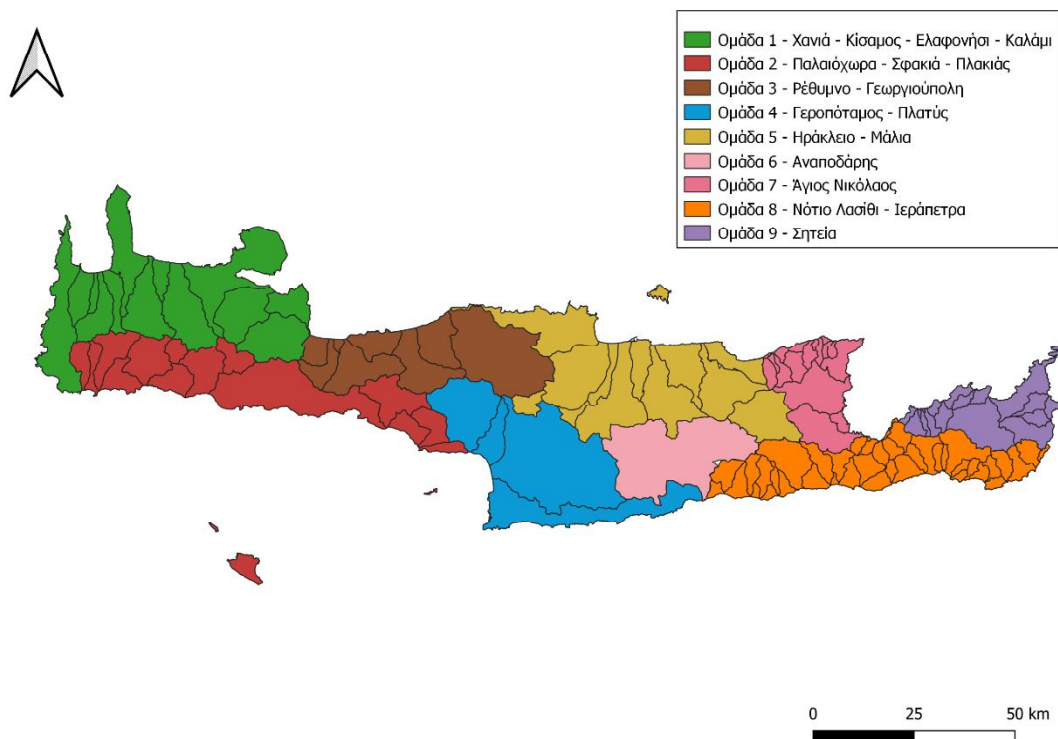
ΟΜΑΔΑ 6: ΑΝΑΠΟΔΑΡΗΣ

ΟΜΑΔΑ 7: ΑΓΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

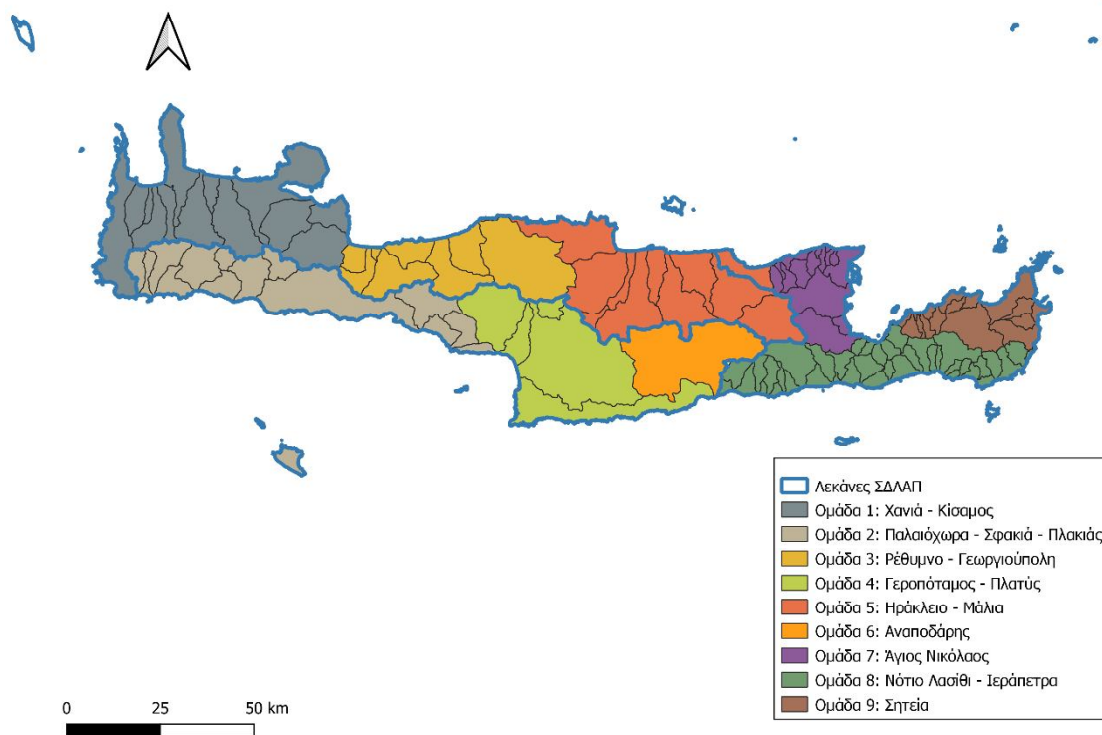
ΟΜΑΔΑ 8: ΝΟΤΙΟ ΛΑΣΙΘΙ - ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ

ΟΜΑΔΑ 9: ΣΗΤΕΙΑ

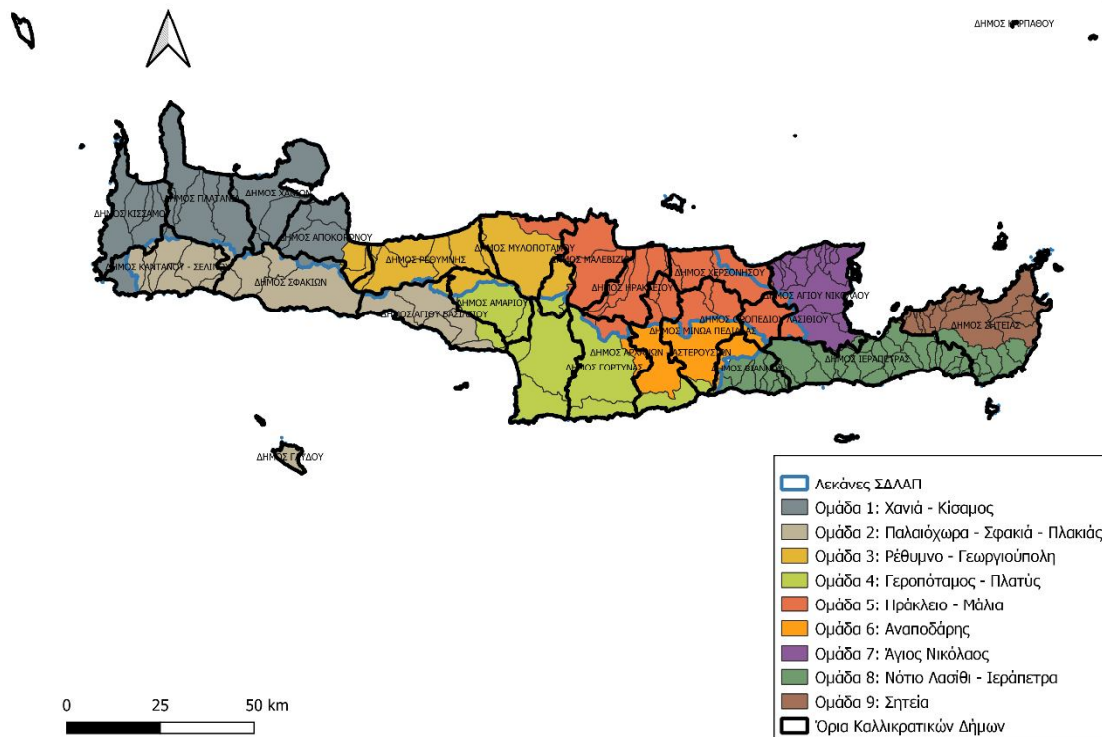
Οι ομάδες υπολεκανών παρουσιάζονται με διαφορετικά χρώματα στους χάρτες που ακολουθούν (Χάρτης 1.1, 1.2 και 1.3). Στον χάρτη 1.2 οι ομάδες υπολεκανών παρουσιάζονται σε σχέση με τις λεκάνες του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών (ΣΔΛΑΠ), ενώ στον χάρτη 1.3 σε σχέση με τα όρια των Καλλικρατικών Δήμων.



Χάρτης 1.1 Προτεινόμενες ομάδες υπολεκανών διαχείρισης ξηρασίας



Χάρτης 1.2 Προτεινόμενες ομάδες υπολεκανών διαχείρισης ξηρασίας και λεκάνες του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών (ΣΔΛΑΠ)



Χάρτης 1.3 Προτεινόμενες ομάδες υπολεκανών διαχείρισης ξηρασίας και διοικητικά όρια Καλλικρατικών Δήμων

Συμπερασματικά ορίσθηκαν 9 ομάδες υπολεκανών σε πρώτο στάδιο με την πιθανή τροποποίηση των κατά την πορεία εκπόνησης του δεύτερου σταδίου της μελέτης, κυρίως για την ικανοποίηση και άλλων κριτηρίων όπως αυτό των μεγάλων υδρογεωλογικών λεκανών.

Είναι προφανές ότι η οποιαδήποτε τροποποίηση θα γίνει μετά από συζήτηση και αποδοχή από την επιβλέπουσα υπηρεσία.

2. ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΣΕ ΝΕΡΟ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΜΕΧΡΙ ΤΟ 2021

2.1 Ετήσια ζήτηση σε νερό και απολήψεις

Ο όρος ζήτηση σε νερό για συγκεκριμένη χρήση διακρίνεται για την αβεβαιότητα ως προς την ικανοποίηση της συγκεκριμένης απαίτησης αλλά και την ελαστικότητα ως μέγεθος που μπορεί να υποστεί πιέσεις ανάλογα με τις οικονομικές και άλλες παραμέτρους. Στη σύγχρονη ορολογία ο όρος ζήτηση σε νερό έχει αντικαταστήσει τον παλαιότερο όρο «ανάγκες σε νερό» που αναφέρεται σε απόλυτα μεγέθη που παραμένουν αμετάβλητα ανεξαρτήτως των συνθηκών.

Άμεσα συναρτημένη με τη ζήτηση είναι και η πραγματική απόληψη από ένα ή περισσότερα υδατικά συστήματα (water bodies). Η αρνητική απόκλιση της πραγματοποιούμενης απόληψης από τη ζήτηση χαρακτηρίζεται ως υδατικό έλλειμμα. Στην περίπτωση που το υδατικό έλλειμμα είναι σημαντικό για μεγάλη χρονική διάρκεια και χωρική έκταση, το φαινόμενο χαρακτηρίζεται ως λειψυδρία. Το φαινόμενο της λειψυδρίας μπορεί να είναι προσωρινό ή μόνιμο για ένα σύστημα διαχείρισης υδατικών πόρων ή μια ευρύτερη περιοχή. Μπορεί επίσης να οφείλεται σε γεγονός ξηρασίας ή κακοδιαχείρισης ή και στα δύο. Τέλος μόνιμη λειψυδρία μπορεί να έχει ένα σύστημα διαχείρισης υδατικών πόρων ή μια γεωγραφική περιοχή η οποία να οφείλεται στις κλιματικές συνθήκες της περιοχής (ξηρότητα στο κλίμα).

Για τον προσδιορισμό του ελλείμματος της ζήτησης, κρίσιμο μέγεθος αποτελεί η πραγματική διαθεσιμότητα πόρων που εξασφαλίζει το επίπεδο των πραγματικών απολήψεων. Στην περίπτωση που η λειψυδρία εκτιμάται με αφετηρία τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους τότε η ζήτηση αντικαθίσταται από τις διαθέσιμες ποσότητες υδατικών πόρων στους αντίστοιχους δείκτες (οι πιο δημοφιλείς αναφέρονται στο κεφάλαιο για τους δείκτες αυτού του τεύχους).

Μία επίσης σημαντική παράμετρος είναι η περίοδος αναφοράς στην οποία βασίζονται τόσο οι απολήψεις όσο και η ζήτηση (αλλά και η διαθεσιμότητα των πόρων). Η περίοδος αναφοράς ποικίλει αναλόγως του κύκλου της ανανέωσης των αποθεμάτων, αλλά και άλλων παραγόντων. Η πιο συνήθης περίοδος αναφοράς είναι το υδρολογικό έτος δηλ. η περίοδος από Οκτώβριο μέχρι Σεπτέμβριο. Εναλλακτικά μπορεί να είναι και το ημερολογιακό έτος αν και δεν ενδείκνυται λόγω της διαίτας των βροχοπτώσεων στο Μεσογειακό κλίμα.

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται οι συνολικές ετήσιες απολήψεις νερού για όλες τις χρήσεις. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί ζήτησης και απολήψεων νερού έχουν γίνει στο πλαίσιο της 1^{ης} Εγκεκριμένης Αναθεώρησης του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος της Κρήτης (EL 13). Ιδιαίτερα οι αντίστοιχοι υπολογισμοί βρίσκονται στο αναλυτικό κείμενο τεκμηρίωσης

«Ανάλυση ανθρωπογενών πιέσεων και των επιπτώσεών τους στα επιφανειακά και στα υπόγεια υδατικά συστήματα» του εν λόγω σχεδίου.

Οι κατηγορίες χρήσεων που εξετάστηκαν είναι:

- Ύδρευση
- Άρδευση
- Κτηνοτροφία
- Βιομηχανία
- Άλλες χρήσεις

Από τις ανωτέρω επιμέρους κατηγορίες προκύπτουν τα συγκεντρωτικά στοιχεία για τις απολήψεις νερού που πραγματοποιούνται στο Υδατικό Διαμέρισμα της Κρήτης. Στον ακόλουθο πίνακα και στο σχετικό σχήμα, παρουσιάζονται οι συνολικές απολήψεις νερού για την ικανοποίηση των χρήσεων ύδρευσης, άρδευσης, κτηνοτροφίας και βιομηχανίας, ανά Λεκάνη Αποροής Ποταμού του ΥΔ Κρήτης.

Το ύψος των συνολικών ετήσιων απολήψεων φτάνει για το Υδατικό Διαμέρισμα της Κρήτης στα 610,95 εκ. m³. Το μεγαλύτερο μέρος των απολήψεων αφορά στην άρδευση γεωργικών εκτάσεων, που ανέρχεται στο 78% των συνολικών απολήψεων, και ακολουθεί η ύδρευση που φτάνει στο 21%. Οι απολήψεις που αφορούν την κτηνοτροφία και τη βιομηχανία είναι 0.7% και 0.1% αντίστοιχα.

Σύμφωνα με τον πίνακα 2.1 το μεγαλύτερο ύψος ετήσιων απολήψεων πραγματοποιείται στην βόρεια λεκάνη απορροής (EL1339) στην οποία βρίσκονται οι κύριοι οικισμοί του νησιού δηλ. 289,35 εκ. m³. Τό ύψος αυτό αντιπροσωπεύει σχεδόν το μισό του συνόλου των ετήσιων απολήψεων.

Πίνακας 2.1 Ετήσιες Απολήψεις ανά Λεκάνη Απορροής Ποταμού ανά κατηγορία χρήσης στο ΥΔ Κρήτης (EL13)

Λεκάνη Απορροής Ποταμών (ΛΑΠ)	Ύδρευση (εκ. m ³)	Άρδευση (εκ. m ³)	Κτηνοτροφία (εκ. m ³)	Βιομηχανία (εκ. m ³)
EL1339	84,35	202,88	1,84	0,28
EL1340	13,46	152,91	1,08	0,29
EL1341	24,09	119,29	0,40	0,08
Εκτός υδρ. λεκανών ΕΥΣ στο σύνολο του ΥΔ	5,75	3,31	0,83	0,10
Σύνολο ΥΔ	127,65	478,39	4,16	0,75

2.2 Απολήψεις από επιφανειακά υδατικά συστήματα

Στους πίνακες που ακολουθούν δίδονται ανά ΛΑΠ τα αναλυτικά στοιχεία ετήσιων απολήψεων ανά επιφανειακό υδατικό σύστημα. Σε κάποιες περιπτώσεις υδατικών συστημάτων που δεν δίνονται στοιχεία, αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα ότι δεν υπάρχουν απολήψεις στα συγκεκριμένα υδατικά συστήματα αλλά ότι δεν είναι καταγεγραμμένες. Οι απολήψεις αυτές στην μεγάλη τους πλειοψηφία αφορούν την άρδευση ιδιωτικών εκτάσεων.

Στα επιφανειακά Υδατικά Συστήματα οι περισσότερες απολήψεις γίνονται για υδρευτικούς και αρδευτικούς σκοπούς (Πιν. 2.2 και Σχ. 2.1). Οι απολήψεις για την ύδρευση να ανέρχονται στο 51,6% ενώ για την άρδευση στο 45,3%. Όσον αφορά στις άλλες δύο χρήσεις οι απολήψεις για την κτηνοτροφία αντιστοιχούν στο 2,7%, ενώ για τη βιομηχανία στο 0,4% του συνόλου των ετήσιων απολήψεων. Στον χάρτη 2.1 φαίνονται οι θέσεις των απολήψεων από επιφανειακά υδατικά συστήματα.



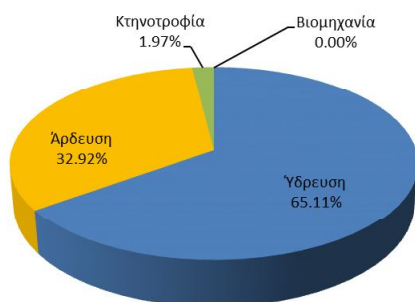
Χάρτης 2.1 Θέσεις υδροληψιών από τα επιφανειακά ΥΣ για ύδρευση και άρδευση

Πίνακας 2.2 Ετήσιες Απολήψεις από επιφανειακά Υδατικά Συστήματα ανά χρήση στο ΥΔ Κρήτης (ΕΛ13)*

ΛΑΠ	Απολήψεις (10 ⁶ m ³)			
	Υδρευση	Άρδευση	Κτηνοτροφία	Βιομηχανία
ΕΛ1339	25,0	12,7	0,8	0,00
ΕΛ1340	7,5	7,5	0,4	0,20
ΕΛ1341	1,2	11,1	0,1	0,00
Εκτός υδρ. λεκανών ΕΥΣ στο σύνολο του ΥΔ	5,7	3,3	0,8	0,07
Σύνολο	39,44	34,59	2,08	0,27

**οι ποσότητες συμπεριλαμβάνουν και τις απολήψεις από πηγές*

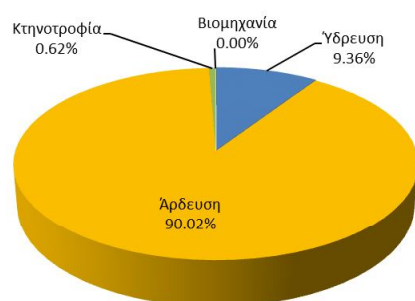
Απολήψεις από τα ΕΥΣ - ΕΛ1339



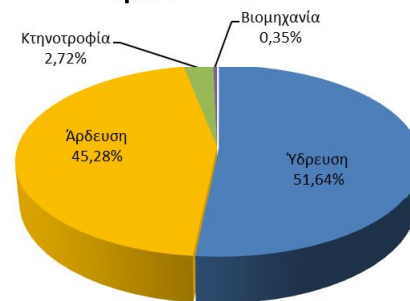
Απολήψεις από τα ΕΥΣ - ΕΛ1340



Απολήψεις από τα ΕΥΣ - ΕΛ1341



Απολήψεις επιφανειακών νερών - ΕΛ13



Σχήμα 2.1 Ετήσιες απολήψεις από τα επιφανειακά υδατικά συστήματα για κάθε κατηγορία χρήσης (ανά λεκάνη απορροής και στο σύνολο)

Στον χάρτη 2.2 παρουσιάζεται το σύνολο των ετήσιων απολήψεων από τις λεκάνες των επιφανειακών Υδατικών Συστημάτων. Παρατηρείται ότι οι μεγαλύτερες απολήψεις πραγματοποιούνται από ταμιευτήρες και οι υπόλοιπες κυρίως αφορούν σε νερά πηγών.



Χάρτης 2.2 Κατανομή συνολικών απολήψεων ανά επιφανειακό υδατικό σύστημα

2.3 Απολήψεις από υπόγεια υδατικά συστήματα

Η ανάλυση των υφιστάμενων δεδομένων αντλήσεων παρουσιάζεται στο Αναλυτικό Κείμενο Τεκμηρίωσης «Ανάλυση ανθρωπογενών πιέσεων και των επιπτώσεών τους στα επιφανειακά και στα υπόγεια υδατικά συστήματα» καθώς και στο Αναλυτικό Κείμενο Τεκμηρίωσης «Χαρακτηρισμός και αξιολόγηση/ταξινόμηση της κατάστασης των υπόγειων υδατικών συστημάτων» της εγκεκριμένης 1^{ης} Αναθεώρησης Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης (EL 13).

Στο ΥΔ Κρήτης (EL13) οι κυριότερες απολήψεις από τα υπόγεια νερά γίνονται για ύδρευση οικισμών και άρδευση γεωργικών εκτάσεων (Πιν. 2.3). Όσον αφορά στην ύδρευση αυτή αντιστοιχεί περίπου στο 16,5% των απολήψεων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.2. Επιπλέον, όπως φαίνεται στον χάρτη 2.3, οι περισσότερες υδροληψίες ύδρευσης εντοπίζονται κυρίως στο βόρειο τμήμα του νησιού, όπου και βρίσκονται οι μεγαλύτεροι οικισμοί και λειτουργούν μεγάλες ξενοδοχειακές μονάδες, καθώς επίσης (αλλά σε μικρότερο βαθμό) και στο νότιο τμήμα της ΠΕ Ηρακλείου, στην ευρύτερη περιοχή της Μεσσαράς.



Χάρτης 2.3 Θέσεις υδροληψιών από τα Υπόγεια Υδατικά Συστήματα για ύδρευση

Αντίστοιχα για την άρδευση, οι αυξημένες απολήψεις από τα Υπόγεια Υδατικά Συστήματα (ΥΥΣ) φτάνουν στο 83% των απολήψεων και εντοπίζονται κυρίως σε περιοχές καλλιεργούμενων γεωργικών εκτάσεων που αναπτύσσονται στα Υπόγεια Υδατικά Συστήματα, όπως φαίνεται και στον παρακάτω χάρτη 2.4.



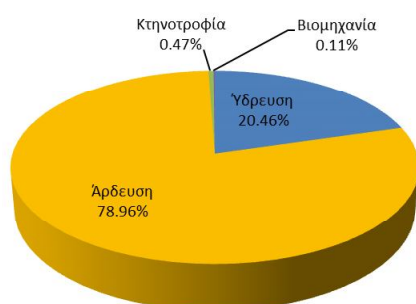
Χάρτης 2.4 Κατανομή καλλιεργήσιμων εκτάσεων σε σχέση με τα Υπόγεια Υδατικά Συστήματα

Σημαντικά μικρότερες είναι οι απολήψεις από τα Υπόγεια Υδατικά Συστήματα που σχετίζονται με την κτηνοτροφία και τη βιομηχανία, με ποσοστά 0,39% και 0,09% , αντίστοιχα. Όσον αφορά στις απολήψεις για τη βιομηχανία αυτές αφορούν κυρίως σε νερό εμφιάλωσης και νερό που καταναλώνεται στην ΒΙΠΕ Ηρακλείου. Οι απολήψεις από τα ΥΥΣ ανά χρήση στο ΥΔ Κρήτης παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.3 και στο Σχήμα 2.2.

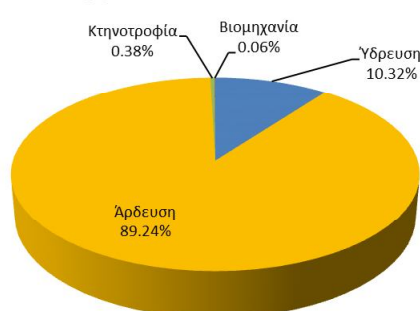
Πίνακας 2.3 Απολήψεις από τα ΥΥΣ ανά χρήση στο ΥΔ Κρήτης (EL13)

ΛΑΠ	Απολήψεις (10 ⁶ m ³)			
	Ύδρευση	Άρδευση	Κτηνοτροφία	Βιομηχανία
EL1339	47,79	184,43	1,09	0,28
EL1340	17,49	151,22	0,66	0,12
EL1341	22,93	108,16	0,33	0,08
Σύνολο	88,21	443,81	2,08	0,48

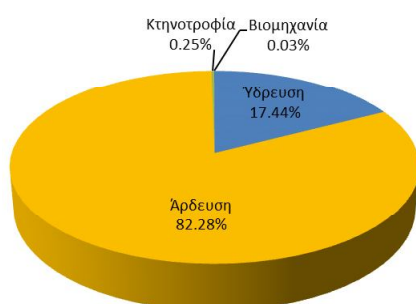
Απολήψεις από τα ΥΥΣ - EL1339



Απολήψεις από τα ΥΥΣ - EL1340



Απολήψεις από τα ΥΥΣ - EL1341



Απολήψεις από τα ΥΥΣ - EL13



Σχήμα 2.2 Κατανομή απολήψεων νερού από τα Υπόγεια Υδατικά Συστήματα ΥΥΣ, ανά χρήση και ανά Λεκάνη Απορροής Ποταμού για το ΥΔ Κρήτης (EL13)

Με βάση τον παραπάνω πίνακα και σε συνδυασμό με το γεγονός ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των απολήψεων (83%) από τα ΥΥΣ γίνεται για αρδευτικούς σκοπούς, στον χάρτη που ακολουθεί, φαίνεται η κατανομή των υπόγειων απολήψεων ανά υπόγειο υδατικό σύστημα. Γίνεται φανερό ότι το μέγεθος των απολήψεων δείχνει ότι ακολουθεί την κατανομή των καλλιεργούμενων γεωργικών εκτάσεων (Χάρτης 2.5).



Χάρτης 2.5 Κατανομή συνολικών απολήψεων ανά Υπόγειο Υδατικό Σύστημα του ΥΔ Κρήτης (EL13)

Συμπερασματικά, με βάση τα στοιχεία που παρουσιάζονται στην 1^η εγκεκριμένη αναθεώρηση του ΣΔΛΑΠ Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης, οι συνολικές ετήσιες απολήψεις υπολογίστηκαν για όλες τις χρήσεις σε 610,95 εκ. m³/έτος. Επειδή, έχουν καταγραφεί πολλά υδατικά συστήματα που δέχονται πιέσεις λόγω μεγαλύτερης ζήτησης, έχει εκτιμηθεί ότι η ανεμπόδιστη ζήτηση νερού για τις διάφορες χρήσεις φτάνει σε επίπεδα μεγαλύτερα των καταγεγραμμένων απολήψεων κατά 10% περίπου, λαμβάνοντας υπόψη ότι η εκτίμηση γίνεται για το έτος 2021, έτος αναθεώρησης του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Κρήτης. Δηλαδή, το συνολικό ετήσιο ύψος ζήτησης νερού για όλο το υδατικό διαμέρισμα μπορεί να φτάσει για το 2021 περίπου σε 672 εκ. m³/έτος. Στην επόμενη παράγραφο γίνεται μια άλλη προσέγγιση για τον προσδιορισμό του πιο πιθανού μέσου ύψους ετήσιας ζήτησης σε νερό για το ΥΔ της Κρήτης για τον χρονικό ορίζοντα του 2021.

2.4 Εκτίμηση Ζήτησης Νερού

Όπως έχει αναφερθεί η ζήτηση σε νερό για διάφορες χρήσεις δεν είναι ένα σταθερό και προσδιορισμένο μέγεθος με ακρίβεια επειδή εξαρτάται από ένα αριθμό παραμέτρων που μπορούν να μεταβάλλονται στο χρόνο ανάλογα με τις συνθήκες. Είναι λοιπόν ένα μέγεθος που χαρακτηρίζεται από σημαντικό βαθμό αβεβαιότητας και ελαστικότητας.

Επιπλέον, η ζήτηση δεν είναι ένα αντικειμενικό μέγεθος για τις διάφορες χρήσεις. Για παράδειγμα, η ζήτηση νερού για ανθρώπινη κατανάλωση διαφέρει σημαντικά από χώρα σε χώρα αλλά και από πόλη σε πόλη ή ακόμα και από τμήμα μιας πόλης σε σύγκριση με άλλο τμήμα της ίδιας πόλης.

Πέραν όμως από αυτές τις παρατηρήσεις, η ζήτηση αποτελεί ένα μέγεθος προς το οποίο πρέπει να τείνουν (συγκλίνουν) οι καταναλώσεις εφόσον δεν υπάρχει στενότητα στη διαθεσιμότητα των πόρων. Η παρατηρούμενη σε ορισμένα έτη απόκλιση των δύο μεγεθών (κατανάλωσης και ζήτησης) δείχνει στις πιο πολλές περιπτώσεις χαρακτηριστικά ανεπάρκειας του συστήματος για την ικανοποίηση της ζήτησης.

Επίσης, η ζήτηση αποτελεί ένα βασικό μέγεθος σχεδιασμού των απαραίτητων έργων προμήθειας και διανομής του νερού. Επομένως, είναι χρήσιμο να γίνει κατά το δυνατόν μια αξιόπιστη εκτίμηση της ζήτησης ανεξάρτητα από το επίπεδο των καταγεγραμμένων καταναλώσεων/απολήψεων.

Προσπάθειες για την εκτίμηση της ζήτησης για διάφορες χρήσεις έχουν γίνει στις μελέτες για το σύστημα διαχείρισης υδατικών πόρων της Κρήτης, που αν και ολοκληρώθηκε σχεδόν 20 έτη πριν από το χρόνο σύνταξης της παρούσας μελέτης, προσφέρει μία αρκετά καλή ένδειξη της ζήτησης στο διαμέρισμα της Κρήτης, αλλά και στις επιμέρους γεωγραφικές περιοχές που τότε αντιπροσώπευαν τους «Καποδιστριακούς» Δήμους.

Η πλήρης καταγραφή της ζήτησης ανά μήνα του έτους στους παραπάνω Δήμους περιλαμβάνεται στο αντίστοιχο παράρτημα αυτής της έκθεσης.

Στον αμέσως επόμενο πίνακα (Πιν. 2.4), έγινε η αναγωγή των μεγεθών ζήτησης των Καποδιστριακών Δήμων στις γεωγραφικές εκτάσεις των ομάδων υπολεκανών που έχουν αρχικά προταθεί για την εκτίμηση και τη διαχείριση της ξηρασίας στο Υδατικό Διαμέρισμα της Κρήτης.

Πίνακας 2.4 Ετήσια ζήτηση νερού ανά χρήση στις προτεινόμενες ομάδες υπολεκανών διαχείρισης ξηρασίας στο ΥΔ Κρήτης (σε m³/έτος)

ΟΜΑΔΑ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ	"ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΣ" ΔΗΜΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ	ΑΡΔΕΥΣΗ	ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ	ΕΛΑΙΟΥΡΓΕΙΑ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ
1: Χανίων - Κισάμου	Δ. ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ	871000	4581938	50165	6648	0	5509751
	Δ. ΑΡΜΕΝΙΩΝ	365000	4309913	64467	9468	636000	5384848
	Δ. ΒΑΜΟΥ	235000	1668495	61605	7302	0	1972402
	Δ. ΒΟΥΚΟΛΙΩΝ	238000	7587415	145194	18050	0	7988659
	Δ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	854000	6235760	15884	4788	0	7110432
	Δ. ΘΕΡΙΣΙΟΥ	634000	8663275	50436	7965	149500	9505176
	Δ. ΙΝΝΑΧΩΡΙΟΥ	125000	3014050	60451	12759	0	3212260
	Δ. ΚΕΡΑΜΙΩΝ	145000	454188	133646	8331	0	741165
	Δ. ΚΙΣΣΑΜΟΥ	601000	7551133	83697	22041	0	8257871
	Δ. ΚΟΛΥΜΠΑΡΙΟΥ	532000	8573175	74640	22160	0	9201975
	Δ. ΚΡΥΟΝΕΡΙΔΑΣ	143000	1456800	125269	8218	96000	1829287
	Δ. ΜΟΥΣΟΥΡΩΝ	350000	11106472	108545	25289	0	11590306
	Δ. ΜΥΘΗΜΝΗΣ	247000	9509438	43254	16195	5000	9820887
	Δ. ΝΕΑΣ ΚΥΔΩΝΙΑΣ	1763000	4383340	32602	5943	0	6184885
	Δ. ΠΛΑΤΑΝΙΑ	800000	14522589	26649	18562	0	15367800
	Δ. ΣΟΥΔΑΣ	894000	1176203	13403	1965	0	2085571
	Δ. ΦΡΕ	90000	306850	44792	4022	0	445664
	Δ. ΧΑΝΙΩΝ	7150000	101563	19825	0	572000	7843388
	Σύνολο	16037000	95202597	1154524	199706	1458500	114052327
2: Παλαιόχωρας - Σφακίων - Πλακιά	Δ. ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ ΣΕΛΙΝΟΥ	165000	1021188	68085	7716	0	1261989
	Δ. ΚΑΝΤΑΝΟΥ	122000	3142750	61507	8485	0	3334742
	Δ. ΛΑΜΠΗΣ	743000	3697188	101527	19984	0	4561699
	Δ. ΠΕΛΕΚΑΝΟΥ	514000	2148675	54286	10129	0	2727090

ΟΜΑΔΑ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ	"ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΣ" ΔΗΜΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ	ΑΡΔΕΥΣΗ	ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ	ΕΛΔΙΟΥΡΓΕΙΑ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ
	Δ. ΣΦΑΚΙΩΝ	239000	2689303	254128	4365	0	3186796
	Δ. ΦΟΙΝΙΚΑ	500000	4667355	84374	9909	0	5261638
	Σύνολο	2283000	17366459	623907	60588	0	20333954
	Δ. ΑΝΩΓΕΙΩΝ	317000	128250	470648	3042	0	918940
	Δ. ΑΡΚΑΔΙΟΥ	900000	4922063	133307	17408	0	5972778
	Δ. ΑΣΗ ΓΩΝΙΑΣ	39000	4250	51060	624	0	94934
	Δ. ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΥ	882000	10937063	240135	33182	0	12092380
	Δ. ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΕΩΣ	345000	4650600	58716	5237	0	5059553
	Δ. ΚΟΥΛΟΥΚΩΝΑ	431000	4062188	256778	15834	0	4765800
	Δ. ΛΑΠΠΑΙΩΝ	365000	3499750	74683	2233	0	3941666
	Δ. ΝΙΚΗΦΟΡΟΥ ΦΩΚΑ	470000	2629500	179361	8049	0	3286910
	Δ. ΡΕΘΥΜΝΗΣ	3365000	1502000	93241	9982	269200	5239423
	Σύνολο	7114000	32335664	1557929	95591	269200	41372384
	Δ. ΓΟΡΤΥΝΑΣ	570000	18422835	67862	27286	0	19087983
	Δ. ΖΑΡΟΥ	330000	5238688	72892	11675	35000	5688255
	Δ. ΚΟΥΡΗΤΩΝ	190000	1620615	107317	7721	0	1925653
	Δ. ΚΟΦΙΝΑ	505000	14820125	143596	24308	0	15493029
	Δ. ΜΟΙΡΩΝ	815000	25722263	189654	23585	0	26750502
	Δ. ΡΟΥΒΑ	202000	3994500	29240	8504	36000	4270244
	Δ. ΣΥΒΡΙΤΟΥ	264000	1477188	101047	8869	0	1851104
	Δ. ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ	1180000	18615520	91121	29123	0	19915764
	Σύνολο	4056000	89911734	802729	141071	71000	94982534
3: Ρεθύμνου - Γεωργιούπολης							
4: Γεωργιούπολης - Πλατύ							

ΟΜΑΔΑ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ	"ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΣ" ΔΗΜΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ	ΑΡΔΕΥΣΗ	ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ	ΕΛΑΙΟΥΡΓΕΙΑ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ	
5: Ηρακλείου - Μαλίων	Δ. ΑΓΙΑΣ ΒΑΡΒΑΡΑΣ	369000	2659625	125715	14971	0	3169311	
	Δ. ΑΡΧΑΝΩΝ	361000	2170500	15403	4638	0	2551541	
	Δ. ΓΑΖΙΟΥ	1282000	4126500	50722	8235	0	5467457	
	Δ. ΓΟΡΓΟΛΑΙΝΗ	223000	4217778	32559	7128	140000	4620465	
	Δ. ΓΟΥΒΩΝ	900000	5619000	40994	13473	0	6573467	
	Δ. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣ	250000	5933885	41109	7479	0	6232473	
	Δ. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	13341000	9121375	152284	18732	1067280	23700671	
	Δ. ΘΡΑΨΑΝΟΥ	173000	2855100	9722	6538	0	3044360	
	Δ. ΚΑΣΤΕΛΛΙΟΥ	560000	5279563	56794	23476	20000	5939833	
	Δ. ΚΡΟΥΣΩΝΑ	391000	2853380	52015	6448	0	3302843	
	Δ. ΜΑΛΙΩΝ	1160000	1889375	38904	5252	30000	3123531	
	Δ. ΝΕΑΣ ΑΛΙΚΑΡΝΑΣΣΟΥ	1030000	697125	3528	1167	0	1731820	
	Δ. ΝΙΚΟΥ ΚΑΖΑΝΤΖΑΚΗ	536000	2837125	90266	17756	0	3481147	
	Δ. ΤΕΜΕΝΟΥΣ	230000	7676750	52642	7946	0	7967338	
	Δ. ΤΕΤΡΑΧΩΡΙΟΥ	152000	1598845	14506	3801	0	1769152	
	Δ. ΤΥΛΙΣΟΥ	367000	2700063	92605	12188	0	3171856	
	Δ. ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ	2785000	2017188	22584	10711	0	4835483	
	Σύνολο	24110000	64253177	892352	169939	1257280		90682748
	6: Αναπποδάριη	Δ. ΑΡΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	1100000	12239100	164629	54781	0	13558510
		Δ. ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ	652000	21860500	147081	30859	6000	22696440
Σύνολο		1752000	34099600	311710	85640	6000	36254950	
7: Αγίου Νικολάου	Δ. ΑΓΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ	3304500	7057555	141859	29598	0	10533512	
	Δ. ΝΕΑΠΟΛΗΣ	771000	4426285	112494	18194	10000	5337973	

ΟΜΑΔΑ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ	"ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΣ" ΔΗΜΟΣ	ΥΔΡΕΥΣΗ	ΑΡΔΕΥΣΗ	ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ	ΕΛΑΙΟΥΡΓΕΙΑ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ
	Δ. ΟΡΟΠΕΔΙΟΥ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	304000	8682375	71883	316	0	9058574
	Σύνολο	4379500	20166215	326236	48108	10000	24930059
8: Νοτίου Λασιθίου - Ιεράπετρας	Δ. ΒΙΑΝΝΟΥ	688000	17746875	121710	34447	0	18591032
	Δ. ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ	2402000	35418974	173540	40971	0	38035485
	Δ. ΛΕΥΚΗΣ	215000	5065650	26240	6014	0	5312904
	Δ. ΜΑΚΡΥ ΓΙΑΛΟΥ	734000	7751563	43949	13946	0	8543458
	Σύνολο	4039000	65983062	365439	95378	0	70482879
9: Σητείας	Δ. ΙΤΑΝΟΥ	261000	7308238	58621	9347	0	7637206
	Δ. ΣΗΤΕΙΑΣ	1299000	12953530	75795	24578	103920	14456823
	Σύνολο	1560000	20261768	134416	33925	103920	22094029

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 2.4 το σύνολο της ζήτησης στο Υδατικό Διαμέρισμα Κρήτης για όλες τις χρήσεις για το χρονικό ορίζοντα 2000 είναι 515,19 εκ. m³.

Με δεδομένο ότι η αύξηση της ζήτησης ακολουθεί την αύξηση του πληθυσμού, την αύξηση του τουρισμού και την αύξηση των αρδευόμενων γεωργικών εκτάσεων, εκτιμάται ότι η σταθμισμένη αυτή μέση αύξηση κυμαίνεται από 0,5 – 1,5 % ετησίως. Συνεπώς, το ύψος ζήτησης για το συνολικό Υδατικό Διαμέρισμα της Κρήτης για το 2021 εκτιμάται ότι μπορεί να προκύψει με πρόβλεψη μελλοντικής ζήτησης με τη μέθοδο της σταθερής σχετικής μεταβολής ανά έτος (γεωμετρική αύξηση).

Σύμφωνα με τη μέθοδο η αναδρομική σχέση για $i = 1$ (1) n και δύο διαδοχικά έτη $i-1$ και i γράφεται:

$$V_i = \alpha V_{i-1}$$

Όπου $\alpha = 1 + \gamma$ και $\gamma = (V_i - V_{i-1}) / V_{i-1}$

Η παραπάνω εξίσωση για γ σταθερό (ετήσια αύξηση) δίνει τη λύση:

$$V_n = \alpha^n V_0 \quad \text{που είναι μονότονη για } \alpha > 0.$$

Στην περίπτωση μας για μέση ετήσια αύξηση της ζήτησης του νερού 1% (δηλ. $\gamma = 1\%$ ετησίως) και $n = 21$ έτη, έχουμε:

$$\gamma = 0.01 \text{ και } \alpha = 1.01$$

$$V_n = 1.01^{21} \times 515,19 = 634,92 \text{ εκ. m}^3$$

Με βάση αυτούς τους προσεγγιστικούς υπολογισμούς το αναμενόμενο «πιθανότερο» ετήσιο ύψος της ζήτησης στο Υδατικό Διαμέρισμα της Κρήτης για τον χρονικό ορίζοντα του 2021 είναι περίπου 635 εκ. m³.

Επειδή το μέγεθος χαρακτηρίζεται από σημαντική αβεβαιότητα είναι χρήσιμο εκτός από τη μέση («πιθανότερη») τιμή να υπολογίζεται και το εύρος διακύμανσης αυτού του μεγέθους. Τα κάτω όρια αυτού του εύρους μπορούν να προκύψουν με την ίδια μεθοδολογία υιοθετώντας σταθερή ετήσια αύξηση 0,5 %. Με βάση τους αντίστοιχους υπολογισμούς τα κάτω όρια αυτού του εύρους για το πιθανό συνολικό ετήσιο ύψος ζήτησης είναι 572 εκ. m³.

Με βάση και τις δύο προσεγγίσεις και με δεδομένη την αβεβαιότητα εκτίμησης, το ύψος των μέσης ετήσιας ζήτησης για όλες τις χρήσεις στο διαμέρισμα της Κρήτης εκτιμάται σε ένα μέγεθος περί τα 635 εκ. m³ και άνω και κάτω απόκλιση 12%.

Σημειώνεται ότι στις προσεγγίσεις που προηγήθηκαν και βασίζονται σε προηγούμενες μελέτες για το Υδατικό διαμέρισμα δεν έχει ληφθεί υπόψη ο παράγοντας ποιότητα νερού για κάθε χρήση που μπορεί να επιφέρει διαφοροποιήσεις στα θέματα επάρκειας υδατικών πόρων για την κάλυψη της ζήτησης.

3. ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

3.1 Υπόγεια Υδατικά Συστήματα

Ως γνωστόν το ισοζύγιο ενός διακεκριμένου υδροφορέα αποτελείται από:

- Εισόδους: Κατείσδυση από βροχοπτώσεις, πλευρική τροφοδοσία, διήθηση από ρέματα/ποταμούς και επιστροφές από άρδευση.
- Εξόδους: Αντλήσεις, πηγές και έξοδοι προς τη θάλασσα ή/και παρακείμενο υδροφορέα.

Η διαθεσιμότητα όλων των παραπάνω δεδομένων είναι απαραίτητη για τον προσδιορισμό ενός ισοζυγίου. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στον παράκτιο υδροφορέα των Μαλίων η πλευρική τροφοδοσία από το υδροσύστημα Δίκτη είναι πολλαπλάσια της τροφοδοσίας από βροχοπτώσεις, ενώ στον μικρό υδροφορέα της Φοινικιάς Ηρακλείου η διήθηση από τον ποταμό Γιόφυρο αντιπροσωπεύει τον κύριο τροφοδότη του υδροφορέα. Ανάλογες συνθήκες επικρατούν σε πολλές άλλες υδρογεωλογικές λεκάνες όπως Μεσσαράς, Τυμπακίου, Αγίου Νικολάου κλπ.

Όσον αφορά στις υδρογεωλογικές λεκάνες του υδατικού διαμερίσματος της Κρήτης, με ελάχιστες εξαιρέσεις, τα παραπάνω στοιχεία δεν είναι διαθέσιμα. Επιπροσθέτως οι λεκάνες που μέχρι τώρα έχουν προταθεί για την παρούσα μελέτη δεν είναι απόλυτα συμβατές με τις υδρογεωλογικές λεκάνες της Κρήτης (Σχήμα 3.1), τις οποίες συχνά τέμνουν. Δεδομένου δε ότι οι υπό εκμετάλλευση επιφανειακοί υδατικοί πόροι αντιπροσωπεύουν ένα μικρό ποσοστό του συνόλου των υδατικών πόρων, η υποδιαίρεση σε λεκάνες της παρούσας μελέτης θα έπρεπε να έχει κυρίως υδρογεωλογικό προσανατολισμό.

Για την ανάδειξη των υδρογεωλογικών λεκανών στις οποίες τα επίπεδα εκμετάλλευσης των υπόγειων υδατικών πόρων τις καθιστά ευάλωτες σε συνθήκες λειψυδρίας, επιχειρήθηκε μια απλή προσέγγιση της σύγκρισης της μέσης ετήσιας τροφοδοσίας από βροχοπτώσεις με την αντίστοιχη μέση ετήσια εκμετάλλευση από γεωτρήσεις όπως προκύπτει από την σχετική βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε πρόσφατα από την Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης. Τα δεδομένα αυτά περιλαμβάνονται στον πίνακα 3.1.

Κατά τη διαμόρφωση του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής του ΥΔ της Κρήτης η μέση ετήσια τροφοδοσία από βροχοπτώσεις υπολογίστηκε κατά προσέγγιση ως ποσοστό της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης ανά υδρογεωλογική λεκάνη, όπως καθορίζεται από αντίστοιχο συντελεστή κατείσδυσης που συναρτάται από την λιθολογία της λεκάνης. Τα δεδομένα ελήφθησαν από σχετική μελέτη του ΙΓΜΕ (1995) και την Μελέτη Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κρήτης (2002). Όπως εξηγείται παρακάτω, ανάλογα με τις επικρατούσες γεωλογικές συνθήκες διαμορφώθηκε

εμπειρικά το ποσοστό της βροχόπτωσης που κατείσδύει στον υδροφόρο ορίζοντα της κάθε υδρογεωλογικής λεκάνης. Η πρακτική αυτή όμως δεν εδράζεται σε επιστημονική βάση.

3.2 Κατείσδυση

Κατείσδυση ορίζεται ως η ποσότητα επιφανειακού νερού που φθάνει στην μόνιμη επιφάνεια του υδροφόρου ορίζοντα (permanent water table - Hiscock 2005). Είναι βασικός συντελεστής του υδρολογικού κύκλου και ο προσδιορισμός της είναι απαραίτητος για την διατηρήσιμη διαχείριση των υπόγειων υδατικών πόρων. Αποτελεί δε ένα από τις κύριες οριακές συνθήκες για τους περισσότερους αν όχι όλους, υδρογεωλογικούς υπολογισμούς και αριθμητικά μοντέλα. Εκτός από τη γεωλογία, η κατείσδυση εξαρτάται από γεωμορφολογικές, υδρολογικές και κλιματολογικές συνθήκες. Οι γεωμορφολογικές συνθήκες περιλαμβάνουν τοπογραφία, εδαφολογία και βλάστηση.

Δυστυχώς δεν είναι δυνατή η απευθείας μέτρηση της κατείσδυσης και ο προσδιορισμός της αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις στην υδρογεωλογία.

Από την πρωτοποριακή εργασία του Horton (1933), έχουν προταθεί πολλές μέθοδοι προσδιορισμού της κατείσδυσης. Αυτές ομαδοποιούνται σε:

- Μεθόδους υδατικού ισοζυγίου
- Μεθόδους που βασίζονται στο νόμο του Darcy
- Μεθόδους ιχνηθετήσεων
- Μεθόδους εφαρμογής αριθμητικών μοντέλων
- Εμπειρικές μεθόδους
- Επονομαζόμενες «απευθείας» μεθόδους

Οι παραπάνω προσεγγίσεις συνδέονται με διαφορετικές κλιματικές και υδρογεωλογικές συνθήκες είναι συνήθως μη συγκρίσιμες ειδικά όσον αφορά στις χωρικές και χρονικές κλίμακες. Η παράλληλη χρήση δύο ή περισσότερων μεθόδων θεωρείται χρήσιμη για την επιβεβαίωση της πιστότητας των αποτελεσμάτων.

Οι παραπάνω προσεγγίσεις προσδιορισμού της κατείσδυσης μπορούν να καταταγούν σε τρεις ομάδες ανάλογα με τις ζώνες που παρέχουν τα σχετικά δεδομένα ήτοι:

- Τεχνικές επιφανειακών νερών
- Τεχνικές ακόρεστης ζώνης
- Τεχνικές κορεσμένης ζώνης

Κάθε μία από αυτές τις ομάδες υποδιαιρείται σε φυσικές, ιχνηθετήσεις και τεχνικές αριθμητικών μοντέλων (Scanlon 2002, De Vries and Simmers 2002, Jie et al. 2011).

Αρκετές από τις τεχνικές που αφορούν τις παραπάνω ζώνες βασίζονται στην εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου. Το υδατικό ισοζύγιο μια λεκάνης μπορεί να οριστεί ως:

$$P + Q_{on} = ET + Q_{off} \pm \Delta S$$

όπου

P βροχόπτωση (και άρδευση); Q_{on} και Q_{off} εισροές και εκροές αντίστοιχα; ET εξατμισοδιαπνοή; και ΔS μεταβολή στην αποθήκευση (τιμές σε mm/day ή mm/year). Οι εισροές και εκροές είναι το σύνολο της επιφανειακής ροής, υπόγειας ροής και πλευρικής υπόγειας ροής. Αποθήκευση υπάρχει στο χιόνι, ταμιευτήρες επιφανειακού νερού καθώς και στην ακόρεστη και κορεσμένη ζώνη.

Η κατείδυση, R , ορίζεται ως (Schicht and Walton, 1961):

$$R = Q_{off}^{gw} - Q_{on}^{gw} + Q^{bf} + ET^{gw} + \Delta S^{gw}$$

Με κατάλληλες αντικαταστάσεις προκύπτει η παρακάτω εξίσωση υδατικού ισοζυγίου:

$$R = P + Q_{on}^{sw} - R_0 - ET^{sw} - ET^{uz} - \Delta S^{snow} - \Delta S^{sw} - \Delta S^{uz}$$

Όπου R_0 επιφανειακή απορροή, και uz ακόρεστη ζώνη

Οι μέθοδοι υδατικού ισοζυγίου περιλαμβάνουν τα περισσότερα μοντέλα βροχής απορροής και υπόγειας ροής. Προφανώς η ακρίβεια των αποτελεσμάτων των μεθόδων υδατικού ισοζυγίου εξαρτάται από την ακρίβεια προσδιορισμού των λοιπών συντελεστών της εξίσωσης ιδιαίτερα όταν η κατείδυση είναι μικρή σε σχέση με τις άλλες μεταβλητές όπως η εξατμισοδιαπνοή. Για τον λόγο αυτό οι τεχνικές αυτές θεωρούνται από ορισμένους ερευνητές αμφιβόλου αξίας για περιοχές με ξηρά ή ημίξηρα κλίματα.

Οι τεχνικές επιφανειακών νερών συνήθως αφορούν περιοχές μεγάλης κλίμακας και δεν επικεντρώνονται σε συγκεκριμένους γεωλογικούς σχηματισμούς, με τα μοντέλα βροχής – απορροής - κατείδυσης ενδεχομένως να αποτελούν την πιο διαδεδομένη μέθοδο εκτίμησης κατείδυσης.

Από τις τεχνικές ακόρεστης ή κορεσμένης ζώνης με κριτήριο την ευκολία χρήσης και συχνότητα εφαρμογής διακρίνονται οι μέθοδοι

- Διακύμανσης υδροστατικής στάθμης (water-table fluctuation - WTF)
- Νόμου Darcy

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι περισσότερες τεχνικές ακόρεστης ζώνης παρέχουν σημειακές εκτιμήσεις κατείδυσης και εφαρμόζονται κυρίως σε ξηρές ή ημίξηρες περιοχές, όπου η ακόρεστη ζώνη είναι σχετικά μεγάλου πάχους. Αντίθετα οι περισσότερες τεχνικές κορεσμένης ζώνης αφορούν τοπικές και όχι σημειακές εκτιμήσεις.

Η μέθοδος διακύμανσης υδροστατικής στάθμης (water-table fluctuation - WTF)

βασίζεται στην παραδοχή ότι αυξήσεις της στάθμης ενός ελεύθερου υδροφορέα οφείλονται σε κατεισδύον νερό. Η κατεισδύση υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$R = S_y dh/dt = S_y \Delta h / \Delta t$$

όπου S_y ειδική απόδοση, h ύψος της υδροστατικής στάθμης και t χρόνος. Η μέθοδος αυτή περιγράφεται δε λεπτομερώς από τους Healy and Cook (2002).

Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε συστήματα υπόγειων νερών με σχετικά αβαθείς υδροστατικές στάθμες και απότομες διακυμάνσεις της στάθμης. Είναι δε εξαιρετικά ελκυστική δεδομένης της απλότητας και σαφήνειας της. Παρουσιάζει όμως δύο εν δυνάμει δυσκολίες:

- Απαιτεί σχετικά ακριβή προσδιορισμό της ειδικής απόδοσης (S_y)
- Είναι συχνά δύσκολος ο διαχωρισμός της διακύμανσης της στάθμης λόγω κατείσδυσης από την διακύμανση λόγω άλλων αιτιών όπως αντλήσεις ή μεταβολές λόγω υδραυλικής κλίσης (Healy and Cook 2002)

Μέθοδος Νόμου Darcy

Η μέθοδος αυτή προϋποθέτει σταθερή ροή χωρίς αντλήσεις. Η ροή του υπόγειου νερού (q) υπολογίζεται από το γινόμενο της υδραυλικής αγωγιμότητας επί την υδραυλική κλίση. Ο όγκος του νερού που ρέει μέσω μιας κάθετης τομής ενός υδροφορέα (A), ισούται με το γινόμενο του ρυθμού κατείσδυσης (R) επί την επιφάνεια της ροής (S):

$$qA = RS$$

Εννοείται ότι η κάθετη τομή πρέπει να είναι παράλληλη της ισοδυναμικής γραμμής φορτίου (Theis 1937, Belan & Matlock 1973). Η μέθοδος είναι απλή εφόσον τα απαραίτητα δεδομένα είναι διαθέσιμα και μπορεί να εφαρμοστεί σε κλίμακες από ~1 έως $\geq 10,000$ km² και χρονικές περιόδους που κυμαίνονται από έτος έως μερικές εκατοντάδες έτη.

Προτεινόμενες τεχνικές περιλαμβάνουν χρήση ιχνηθετών όπως Cl (CMB – ισορροπία μάζας χλωρίου) προφανώς απαγορευτική για εφαρμογή σε παράκτιους υδροφορείς και τη χρήση αριθμητικών μοντέλων. Μοντέλα υπόγειων νερών μπορούν με τη βαθμονόμηση ή αναστροφή (inversion) με δεδομένα όπως υδραυλική αγωγιμότητα, υδραυλικά φορτία και άλλες απαραίτητες παραμέτρους, να υπολογίσουν ρυθμούς κατείσδυσης (Sanford 2002).

Συντελεστές κατείσδυσης σε Μεσογειακούς καρστικούς σχηματισμούς

Τα διαθέσιμα αποτελέσματα προσδιορισμού συντελεστών κατείσδυσης (λόγος όγκου κατείσδυσης προς αντίστοιχες βροχοπτώσεις) σε καρστικούς σχηματισμούς της Ισπανίας, Ιταλίας και Σλοβενίας κυρίως με μεθόδους υδατικού ισοζυγίου συνοψίζονται ως εξής:

- Ορεινό καρστ NA Ισπανίας (Sierra de Gador), οι συντελεστές κατείσδυσης κυμαίνονται από 0.41 έως 0.94 κατά τη μεγαλύτερη βροχόπτωση (Li et al, 2011).

- Στο Διναρικό καρστ οι συντελεστές κατείδυσης κυμαίνονται από 0.356 έως 0.763 με μέσο όρο 0.57 (Bonacci 2001).
- Στην Σλοβενία οι συντελεστές κατείδυσης σε καρστικούς σχηματισμούς κυμαίνονται από 0.50 έως 0.60 (Andjelovet al 2016).
- Στους καρστικούς σχηματισμούς των νότιων Απέννινων στη Ιταλία οι υπολογισθέντες συντελεστές κατείδυσης κυμαίνονται από 0.50 έως 0.79 (Allocca et al, 2014).

Αναφορικά με τον Ελλαδικό χώρο μελέτες προσδιορισμού κατείδυσης είναι σχεδόν ανύπαρκτες (Zagana et al 2007, 2011). Οι εμπειρικοί συντελεστές κατείδυσης που χρησιμοποιήθηκαν στην Μελέτη Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κρήτης (2002) (Περλέρος κ.α. 2004) καθώς και στην παρούσα μελέτη, δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ
ΑΝΘΡΑΚΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΙΣΜΟΙ	
Καρστικοί σχηματισμοί υψηλής έως μέτριας υδροπερατότητας	55% (δυτικά) - 50% (ανατ/κά)
Μειοκαινικά ασβεστολιθικά λατυποκροκαλοπαγή Τοπολιών, μέτριας έως υψηλής υδροπερατότητας	55%
Καρστικοί σχηματισμοί μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας	45% (δυτικά) - 40% (ανατ/κά)
ΠΟΡΩΔΕΙΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	
Κοκκώδεις προσχωματικές κυρίως αποθέσεις κυμαινόμενης υδροπερατότητας	20%
Μειοκαινικές και πλειοκαινικές αποθέσεις μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας	25%
Κοκκώδεις μη προσχωματικές αποθέσεις μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας -	10%
ΑΔΙΑΠΕΡΑΤΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	
Πρακτικά αδιαπεράτοι σχηματισμοί μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας (A1)	5%
Πρακτικά αδιαπεράτοι ή εκλεκτικής κυκλοφορίας σχηματισμοί μικρής έως πολύ μικρής διαπερατότητας (A2)	5%-8%

Οι παραπάνω τιμές συντελεστή κατείδυσης τουλάχιστον όσον αφορά στους καρστικούς σχηματισμούς που απαντώνται στην πλειονότητα των υδροφορέων της Κρήτης είναι ρεαλιστικές σύμφωνα με την παραπάνω βιβλιογραφία. Αυτό έχει επιβεβαιωθεί και από τις μελέτες βροχής-απορροής των κύριων λεκανών της Ανατολικής Κρήτης (Ο.ΑΝ.Α.Κ - Εργαστήριο Αγροτικής Τεχνολογίας Ε.Μ.Π., 1994) αλλά και μελέτες προσομοίωσης υπόγειας ροής υδροφορέων όπως ανατολικού Ψηλορείτη, βόρειου Δίκτη κλπ (Παρίτσης 2001, 2002, 2003).

Το γεγονός όμως ότι οι χρησιμοποιηθέντες συντελεστές κατείδυσης της εγκεκριμένης 1^{ης} Αναθεώρησης του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής ΥΔ Κρήτης είναι εκτιμήσεις και όχι αποτελέσματα εφαρμογής αποδεκτών μεθοδολογιών, σημαίνει ότι μεταξύ άλλων τα αναμενόμενα σφάλματα είναι τουλάχιστον της τάξης του 20% (συντηρητική εκτίμηση). Το γεγονός αυτό είναι κατά αναλογία αντίστοιχο με τη χρησιμοποίηση τιμών βροχόπτωσης από εκτιμήσεις και όχι από μετρήσεις.

Είναι αξιοπρόσεκτο ότι στην Μελέτη Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κρήτης (2000) τουλάχιστον υπάρχει αναφορά στους συντελεστές κατείδυσης που

χρησιμοποιήθηκαν, ενώ στο ΣΔΛΑΠ (2017) αυτό δεν θεωρήθηκε θέμα άξιο σχολιασμού. Με δεδομένη την προφανή σημασία της κατείδυσης στον υδρολογικό κύκλο, στοιχεία της φύσης αυτής πρέπει να τύχουν ιδιαίτερης προσοχής κατά την επόμενη αναθεώρηση του ΣΔΛΑΠ του Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης.

Πίνακας 3.1 Δεδομένα υδρογεωλογικών λεκανών του ΥΔ Κρήτης

Οι ετήσιες αντλήσεις ανά λεκάνη εκτιμήθηκαν από δεδομένα της πρόσφατης απογραφής γεωτρήσεων της Διεύθυνσης Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης (Σχήμα 3.2)

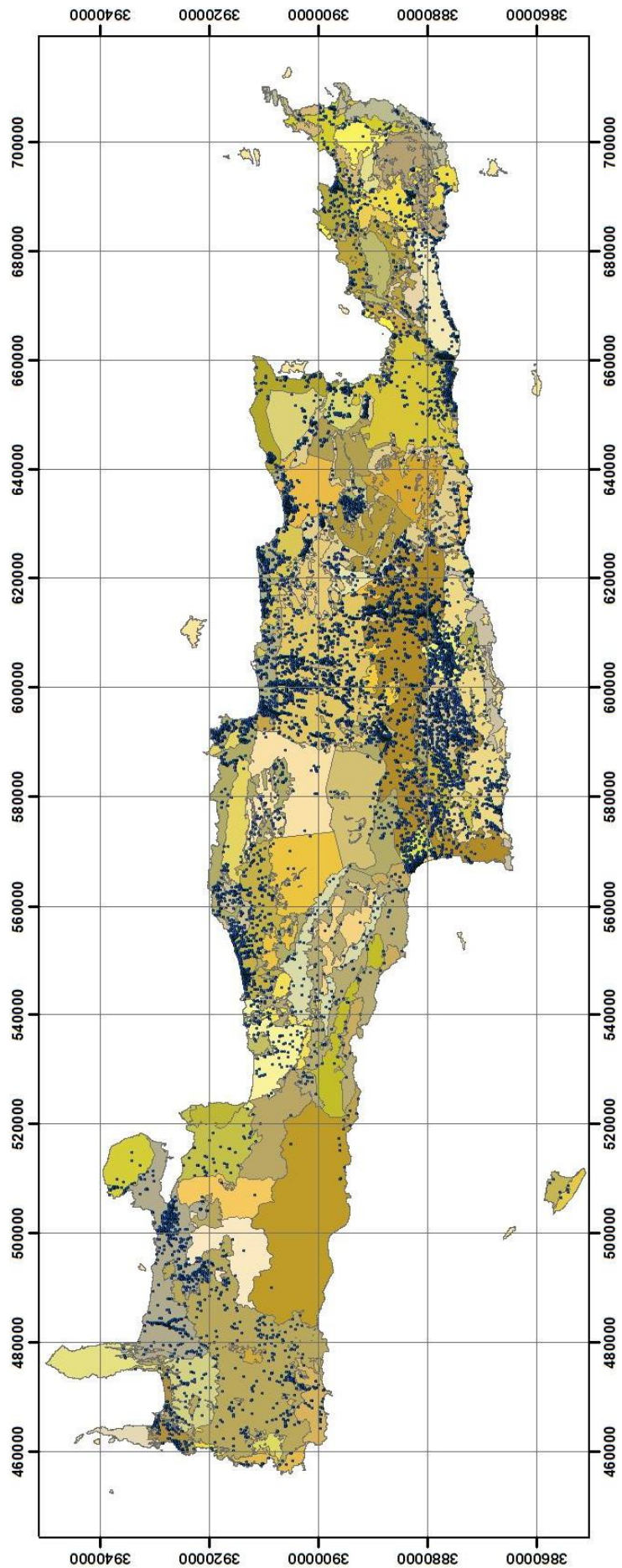
EU_CD_GW	ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ	ΕΚΤΑΣΗ m ²	ΑΝΤΛΗΣΙΣ m ³ /έτος	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ mm/έτος	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ	ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ m ³ /έτος	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ ΣΔΛΑΠ	ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ ΣΔΛΑΠ m ³ /έτος
GR1300011	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΤΟΠΟΛΙΩΝ	97,115,981	4,390,305	907	55	48,446,307	20	17,490,000
GR1300012	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΣΦΗΝΑΡΙΟΥ	6,990,873	4,100	907	40	2,536,289	20	1,240,000
GR1300021	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΙΣΣΑΜΟΥ	38,400,922	5,499,178	907	12	4,179,556	15	5,340,000
GR1300022	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΑΜΠΟΥ ΧΑΝΙΩΝ	279,573,505	47,200,483	670	19	35,589,707	27	49,900,000
GR1300023	ΠΟΡΩΔΕΣ ΑΠΟΚΟΡΩΝΟΥ	124,078,458	21,978,680	670	16	13,301,211	26	21,450,000
GR1300031	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΔ. ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΕΩΝ (ΑΓΙΑΣ)	122,827,108	4,926,489	1851	54	122,770,608	32	72,810,000
GR1300032	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΟΡΕΙΩΝ ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΕΩΝ (ΣΤΥΛΟΥ-ΑΡΜΕΝΩΝ)	93,161,015	267,761	1851	54	93,118,161	29	50,170,000
GR1300033	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΑ. ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΕΩΝ (ΚΟΥΡΝΑ-ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΗΣ)	124,999,618	1,319,276	1851	54	124,942,118	41	95,000,000
GR1300034	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΝΟΤΙΩΝ ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΕΩΝ	481,645,348	710,030	1851	54	481,423,791	33	290,350,000
GR1300035	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΗΣ	2,036,257	91,150	854	48	834,702	29	500,000
GR1300041	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΑΡΜΕΝΩΝ - ΜΟΥΝΤΡΟΥ-ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗΣ	40,833,160	1,920,302	1281	55	28,769,003	27	14,010,000
GR1300042	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΑΛΙΚΡΑΤΗ-ΑΣΙΔΕΡΩΤΑ	93,096,890	5,434,205	915	51	43,443,664	40	34,260,000
GR1300043	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΕΔΡΟΥ	72,663,945	160,780	1281	51	47,472,082	42	39,440,000
GR1300044	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΓΕΡΑΝΙΟΥ	15,119,896	15,595	880	45	5,987,479	45	6,040,000
GR1300051	ΠΟΡΩΔΕΣ ΒΔ. ΡΕΘΥΜΝΟΥ	102,106,711	2,086,004	881	23	20,689,883	22	19,470,000
GR1300052	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΑΜΠΟΥ ΡΕΘΥΜΝΟΥ	49,217,402	5,578,637	761	25	9,363,611	28	10,620,000
GR1300053	ΠΟΡΩΔΕΣ ΒΑ.ΡΕΘΥΜΝΟΥ	137,169,489	5,585,720	761	20	20,877,196	33	34,550,000
GR1300054	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΡΕΘΥΜΝΟΥ	123,991,965	1,321,940	881	20	21,847,384	26	28,300,000
GR1300055	ΠΟΡΩΔΕΣ ΝΟΤΙΟΥ ΡΕΘΥΜΝΟΥ	49,417,630	312,575	915	25	11,304,283	23	10,180,000

EU_CD_GW	ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ	ΕΚΤΑΣΗ m ²	ΑΝΤΛΗΣΙΣ m ³ /έτος	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ mm/έτος	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ	ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ m ³ /έτος	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ ΣΔΛΑΠ	ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ ΣΔΛΑΠ m ³ /έτος
GR1300061	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΤΑΛΛΙΩΝ	83,882,900	993,763	1470	45	55,488,538	34	41,700,000
GR1300062	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΔ. ΨΗΛΟΡΕΙΤΗ	173,426,589	85,200	1470	55	140,215,397	42	105,960,000
GR1300063	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΑ. ΨΗΛΟΡΕΙΤΗ	217,913,561	1,320,490	1470	55	176,183,114	35	110,770,000
GR1300064	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΕΡΗΣ-ΤΥΛΙΣΣΟΥ	8,269,853	23,300	725	55	3,297,604	32	1,900,000
GR1300065	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΝΑ. ΨΗΛΟΡΕΙΤΗ	167,451,602	4,781,429	1470	55	135,384,620	42	103,940,000
GR1300071	ΠΟΡΩΔΕΣ ΒΟΡΕΙΟ-ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	434,756,007	20,735,450	725	18	56,735,659	21	67,720,000
GR1300072	ΠΟΡΩΔΕΣ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΒΟΡΕΙΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	111,643,867	6,349,512	725	18	14,569,525	11	8,980,000
GR1300081	ΠΟΡΩΔΕΣ ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ	28,691,167	13,148,688	553	25	3,966,554	41	6,530,000
GR1300082	ΠΟΡΩΔΕΣ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ	6,303,932	803,240	553	25	871,519	18	630,000
GR1300083	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΟΙΡΩΝ	55,889,715	14,834,399	553	23	7,108,613	33	10,060,000
GR1300084	ΠΟΡΩΔΕΣ ΓΑΛΙΑΣ-ΒΑΓΙΩΝΙΑΣ-ΑΣΗΜΙΟΥ	115,628,203	8,017,334	553	20	12,788,479	47	30,060,000
GR1300085	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΕΣΟΧΩΡΙΟΥ	50,991,166	6,188,893	656	29	9,700,559	28	9,480,000
GR1300086	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΕΣΑΡΑΣ-ΝΟΤΙΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	508,106,038	41,172,366	725	19	69,991,607	17	64,010,000
GR1300091	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΟΜΠΙΑΣ-ΑΛΗΘΙΝΗΣ	12,785,769	500,100	553	20	1,414,106	41	2,880,000
GR1300092	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΥΡΓΟΥ-ΧΑΡΑΚΑ-ΦΟΥΡΝΟΦΑΡΑΓΤΟΥ	20,816,170	316,211	553	45	5,180,104	50	5,750,000
GR1300093	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ	69,510,796	1,063,382	553	45	17,297,762	51	19,640,000
GR1300101	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΑΣΤΕΛΙΟΥ	25,054,028	1,483,377	725	18	3,269,551	16	2,890,000
GR1300102	ΠΟΡΩΔΕΣ ΡΟΥΣΟΧΩΡΙΩΝ	9,671,450	937,170	725	20	1,402,360	14	950,000
GR1300111	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΔΙΚΤΗΣ	111,559,419	1,870,237	1270	48	68,006,622	38	53,710,000
GR1300112	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΜΑΛΙΩΝ-ΣΕΛΕΝΑΣ	92,473,482	2,735,748	1270	48	56,371,835	38	44,270,000
GR1300113	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΑ. ΔΙΚΤΗΣ	86,727,301	3,126,095	1270	40	44,057,469	40	44,330,000
GR1300114	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΛΑΚΚΩΝΙΩΝ-ΑΛΜΥΡΟΥ ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ	43,563,439	5,411,885	724	40	12,615,972	50	15,880,000
GR1300115	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΦΟΥΡΝΗΣ-ΕΛΟΥΝΤΑΣ	80,962,074	717,785	724	40	23,446,617	44	25,720,000
GR1300116	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΣΙΣΙΟΥ-ΜΙΛΑΤΟΥ-ΕΛΟΥΝΤΑΣ	90,163,948	1,523,439	724	40	26,111,479	39	25,460,000

EU_CD_GW	ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ	ΕΚΤΑΣΗ m ²	ΑΝΤΛΗΣΙΣ m ³ /έτος	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ mm/έτος	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ	ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ m ³ /έτος	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ ΣΔΛΑΠ	ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ ΣΔΛΑΠ m ³ /έτος
GR1300117	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ-ΝΟΤΙΑΣ ΔΙΚΤΗΣ	116,371,110	3,990,455	917	40	42,684,923	45	48,480,000
GR1300121	ΠΟΡΩΔΕΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ-ΚΕΝΤΡΙΟΥ	27,828,047	1,590,100	601	20	3,344,931	38	6,310,000
GR1300122	ΠΟΡΩΔΕΣ ΠΑΧΕΙΑΣ ΑΜΜΟΥ-ΚΑΛΟΥ ΧΩΡΙΟΥ	27,073,034	2,479,717	600	20	3,248,764	31	5,060,000
GR1300123	ΠΟΡΩΔΕΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ-ΚΑΛΟΥ ΧΩΡΙΟΥ	260,895,916	19,566,598	601	20	31,359,689	21	32,580,000
GR1300124	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΥΡΤΟΥ	2,585,687	219,690	601	20	310,800	37	570,000
GR1300131	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΟΡΝΟΥ	51,866,163	813,000	770	40	15,974,778	43	17,130,000
GR1300132	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΜΑΛΑΥΡΑΣ-ΓΙΑΧΕΙΑΣ ΑΜΜΟΥ	15,851,397	6,421,470	695	50	5,508,360	53	5,810,000
GR1300133	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΘΡΥΠΤΗΣ	35,413,764	1,562,590	695	40	9,845,026	55	13,590,000
GR1300134	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΕΥΚΩΝ - ΜΑΡΩΝΙΑΣ	28,924,169	797,226	695	40	8,040,919	50	10,120,000
GR1300141	ΠΟΡΩΔΕΣ ΣΗΤΕΙΑΣ-ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΑΔΩΝ-ΑΓΙΑΣ ΤΡΙΑΔΑΣ	94,101,987	5,447,958	695	15	9,810,132	20	13,010,000
GR1300142	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΟΥΤΣΟΥΡΑ-ΜΑΚΡΥΓΙΑΛΟΥ	93,659,250	2,945,534	601	20	11,257,842	23	13,040,000
GR1300143	ΠΟΡΩΔΕΣ ΣΚΟΠΗΣ-ΣΗΤΕΙΑΣ	52,564,644	3,401,368	591	20	6,213,141	24	7,330,000
GR1300144	ΠΟΡΩΔΕΣ ΓΟΥΔΟΥΡΑ	2,282,134	93,698	694	20	316,760	20	320,000
GR1300151	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΟΡΕΩΝ ΖΑΚΡΟΥ	93,206,935	519,273	695	48	31,093,834	56	36,570,000
GR1300152	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΑ. ΑΠΟΛΗΞΕΩΝ ΟΡΕΩΝ ΖΑΚΡΟΥ	44,280,766	2,454,450	895	48	19,023,017	36	14,210,000
GR1300153	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΩΝ ΑΠΟΛΗΞΕΩΝ ΖΑΚΡΟΥ	71,846,184	306,474	695	48	23,967,887	43	21,510,000
GR1300154	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΟΡΕΩΝ ΠΗΓΗΣ ΖΟΥ	15,591,288	8,650	695	48	5,201,254	52	5,680,000
GR1300161	ΠΟΡΩΔΕΣ ΦΟΙΝΙΚΟΔΑΣΟΥΣ ΒΑΪ	1,663,372	158,497	591	16	157,288	25	250,000
GR1300162	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΟΝΗΣ ΤΟΠΙΛΟΥ-ΓΙΑΛΙΚΑΣΤΡΟΥ-ΞΗΡΟΚΑΜΠΟΥ	64,564,977	2,512,251	591	16	6,105,264	23	8,790,000
GR1300171	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΑΣ	62,039,530	1,772,898	907	36	20,257,147	17	9,590,000
GR1300172	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΧΡΥΣΟΣΚΑΛΠΙΣΣΑΣ	14,836,618	50,000	907	55	7,401,247	33	4,450,000
GR1300173	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΑΝΤΑΝΟΥ	10,789,724	0	907	45	4,403,826	67	6,570,000
GR1300180	ΠΟΡΩΔΕΣ ΦΡΑΓΚΟΚΑΣΤΕΛΛΟΥ	11,002,223	276,680	881	16	1,550,873	9	840,000

EU_CD_GW	ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ	ΕΚΤΑΣΗ m ²	ΑΝΤΛΗΣΙΣ m ³ /έτος	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ mm/έτος	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ	ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ m ³ /έτος	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ ΣΔΛΑΠ	ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ ΣΔΛΑΠ m ³ /έτος
GR1300190	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΧΑΝΙΩΝ	581,593,631	12,298,552	907	5	26,375,271	10	54,260,000
GR1300200	ΠΟΡΩΔΕΣ ΧΡΥΣΟΣΚΑΛΙΤΙΣΣΑΣ	27,979,246	290,770	907	18	4,567,892	10	2,650,000
GR1300210	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΡΕΘΥΜΝΟΥ	307,631,175	11,414,118	1280	5	19,688,395	5	20,680,000
GR1300220	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ	280,882,732	6,213,735	574	5	8,061,334	12	18,570,000
GR1300231	ΠΟΡΩΔΕΣ ΟΡΟΠΕΔΙΟΥ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	27,008,748	305,870	1124	20	6,071,567	29	8,910,000
GR1300232	ΠΟΡΩΔΕΣ ΕΜΠΑΡΟΥ-ΠΑΝΑΓΙΑΣ	8,002,474	2,285,268	725	20	1,160,359	26	1,520,000
GR1300233	ΠΟΡΩΔΕΣ ΑΝΩ ΒΙΑΝΝΟΥ	979,257	108,000	917	20	179,596	37	330,000
GR1300234	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΕΡΑΤΟΚΑΜΠΟΥ-ΑΡΒΗΣ	18,028,531	601,298	917	11	1,818,538	18	3,030,000
GR1300240	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΔΙΚΤΗΣ	269,262,056	36,507,177	1270	10	34,196,281	8	28,610,000
GR1300250	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΨΗΛΟΡΕΙΤΗ	297,415,577	20,685,155	1473	10	43,809,314	7	30,460,000
GR1300260	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΟΡΕΩΝ ΖΑΚΡΟΥ	78,254,702	772,672	695	10	5,438,702	11	5,760,000
GR1300270	ΠΟΡΩΔΕΣ ΓΑΥΔΟΥ	17,254,645	20,285	508	20	1,753,072	2	150,000
GR1300280	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΓΑΥΔΟΥ	14,342,176	24,000	508	40	2,914,330	19	1,350,000
GR1300290	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΠΟΥΧΤΑΣ-ΟΕΥ ΚΕΦΑΛΙ (ΔΑΜΑΝΙΩΝ-ΛΑΡΑΝΙΟΥ)	30,949,682	366,961	725	10	2,243,852	11	2,480,000
GR1300301	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΓΙΟΥΧΤΑ	3,881,011	2,088	725	50	1,406,866	50	1,420,000
GR1300302	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΔΑΜΑΝΙΩΝ-ΛΑΡΑΝΙΟΥ	2,081,610	0	725	20	301,833	53	800,000
GR1300311	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΑΙΝΟΥΡΓΙΟΥ ΧΩΡΙΟΥ-ΣΜΑΡΙΟΥ	69,098,840	799,343	725	43	21,541,563	47	23,480,000
GR1300312	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ-ΓΟΥΒΩΝ-ΧΕΡΣΙΝΗΣΟΥ	57,652,134	1,544,347	728	50	20,985,377	18	7,760,000
GR1300320	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΟΡΝΟΥ-ΘΡΥΠΤΗΣ	125,929,919	3,806,231	695	10	8,752,129	11	9,550,000
GR1300321	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΓΡΑΜΒΟΥΣΑΣ	25,419,193	28,043	670	49	8,345,121	35	5,880,000
GR1300322	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΣΠΑΘΑΣ (ΡΟΔΩΠΟΥ)	79,233,794	9,500	670	53	28,135,920	35	18,800,000
GR1300323	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ (ΣΟΥΔΑΣ)	69,829,739	238,325	670	52	24,328,681	35	16,250,000
GR1300324	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΑΠΟΚΟΡΩΝΑ	30,475,567	0	854	48	12,492,544	43	11,250,000

EU_CD_GW	ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ	ΕΚΤΑΣΗ m ²	ΑΝΤΛΗΣΕΙΣ m ³ /έτος	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ mm/έτος	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ	ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ m ³ /έτος	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ ΣΔΛΑΠ	ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ ΣΔΛΑΠ m ³ /έτος
GR1300330	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΓΥΨΟΝ ΚΡΗΤΗΣ	17,858,488	299,335	670	50	5,982,593	53	6,320,000
GR1300340	ΝΗΣΙΔΕΣ ΚΡΗΤΗΣ	43,406,824	0	508	50	11,025,333	27	5,890,000
			402,952,352			2,651,026,868		2,172,310,000



Σχήμα 3.2 Κατανομή των γεωρήσεων που απογράφησαν από την Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης στις υδρογεωλογικές λεκάνες της Κρήτης

3.3 Δείκτης Rex

Για την επεξεργασία των πληροφοριών αυτών δημιουργήθηκε σχετική βάση δεδομένων σε Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών που μεταξύ άλλων κατένημε τις απογραφείσες γεωτρήσεις και ετήσιες ετήσιες αντλήσεις της πρόσφατης απογραφής γεωτρήσεων της Διεύθυνσης Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης (Σχήμα 3.2) στις 91 υδρογεωλογικές λεκάνες Κρήτης.

Για τις ανάγκες του παρόντος κεφαλαίου από τα αποτελέσματα των υπολογισμών και της σχετικής επεξεργασίας προσδιορίστηκε για κάθε υδρογεωλογική λεκάνη ένας δείκτης που ισούται με τον λόγο της ετήσιας απόληψης (αντλήσεις) προς τη μέση ετήσια τροφοδοσία από βροχοπτώσεις της κάθε υδρογεωλογικής λεκάνης.

Ο δείκτης αυτός (Rex) αν και προσεγγιστικός δείχνει την ποσοστιαία αξιοποίηση της μέσης ετήσιας τροφοδοσίας των υπόγειων υδροφορέων, σύμφωνα με την εξίσωση:

$$Rex = \frac{D}{eP}$$

Όπου

D: ο μέσος όρος των ετήσιων απολήψεων από τον υδροφόρο (m³)

e: ο λόγος του τμήματος του ετήσιου ύψους βροχής που καταλήγει στον υδροφόρο ορίζοντα μέσω της κατακόρυφης διήθησης στην υδρογεωλογική λεκάνη

P: ο μέσος όρος των συνολικών ετήσιων όγκων βροχής στην επιφάνεια της υδρογεωλογικής λεκάνης (m³).

Τα αποτελέσματα περιλαμβάνονται στον Πίνακες 3.1 & 3.2 και απεικονίζονται στα Σχήματα 3.3 & 3.4 με τις επιφυλάξεις που διατυπώθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο σχετικά με την ορθότητα των υιοθετηθέντων συντελεστών κατεΐσδυσης.

Οι παραπάνω πίνακες περιλαμβάνουν και τους συντελεστές κατεΐσδυσης όπως αυτοί υπολογίστηκαν από τις κατεΐσδύσεις των υδρογεωλογικών λεκανών που αναφέρονται στο ΣΔΛΑΠ. Παρά το ότι στο ΣΔΛΑΠ αναφέρεται ότι οι συντελεστές αυτοί βασίστηκαν στις ίδιες πηγές με αυτές της παρούσας μελέτης, παρουσιάζουν τιμές που συχνά διαφορετικές που όχι μόνο δεν αιτιολογούνται αλλά και δεν επιδέχονται λογικής εξήγησης με αποτέλεσμα να μην μπορούν να γίνουν αποδεκτές.

Πρέπει να σημειωθεί ότι με την υιοθέτηση ενός σφάλματος στις τιμές του συντελεστή συντηρητικά της τάξης του 20% το σύνολο της κατεΐσδυσης για την Κρήτη όπως υπολογίστηκε από την παρούσα μελέτη διαμορφώνεται σε 2.6 δις. κυβικά μέτρα ετησίως ± 520 εκ.κυβικά μέτρα.

3.4 Ευάλωτες στη λειψυδρία υδρογεωλογικές λεκάνες

Από τα αποτελέσματα της προσεγγιστικής αυτής διαδικασίας συνάγεται ότι οι υδρογεωλογικές λεκάνες περισσότερο ευάλωτες σε συνθήκες λειψυδρίας είναι αυτές που περιλαμβάνονται στον Πίνακα 3.3 και το Σχήμα 3.5.

Στον Πίνακα 3.3 και στο Σχήμα 3.6 παρατίθεται επίσης και η κατανομή των υδρογεωλογικών λεκανών αυτών στις επιλεγείσες ομάδες υπολεκανών «Ξηρασίας» που προτάθηκαν στην παρούσα μελέτη.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε μερικές λεκάνες η προκύπτουσα από τα παραπάνω αποτελέσματα υψηλή επικινδυνότητα μερικών υδρογεωλογικών λεκανών θεωρείται μάλλον υπερβολική ή/και πλασματική λόγω της μη θεώρησης πλευρικής τροφοδοσίας, όπως στην περίπτωση της λεκάνης Αποκορώνου.

Επιπροσθέτως θεωρείται ότι η ύπαρξη διακεκριμένων «ρωγμωδών» λεκανών όπως αυτές του Ψηλορείτη και Δίκτη αντίστοιχα, είναι εσφαλμένη. Για τον ακριβέστερο προσδιορισμό των υδρογεωλογικών λεκανών (και κατ'επέκταση των ομάδων υπολεκανών ξηρασίας) κρίνεται απαραίτητη η αναλυτική προσομοίωση κάθε υπόγειου υδροφορέα που προφανώς θα περιλαμβάνει και υπολογισμό της κατείσδυσης με χρήση αποδεκτής μεθοδολογίας προσδιορισμού. Με βάση αυτή την αναλυτική πληροφορία ενδέχεται να υπάρξουν αλλαγές στον τελικό προσδιορισμό των ομάδων υπολεκανών διαχείρισης της ξηρασίας/λειψυδρίας.

Από τα μέχρι τώρα αποτελέσματα οι υπολεκάνες που περιλαμβάνουν υδρογεωλογικές λεκάνες με τιμή συντελεστή $Rex \geq 0.4$ είναι οι ακόλουθες:

1. Χανίων - Κισάμου
2. Παλαιόχωρας – Σφακίων – Πλακιά
3. Ρεθύμνου - Γεωργιούπολης
4. Γεροποτάμου - Πλατύ
5. Αναποδάρη
6. Ηρακλείου Μαλίων
7. Αγίου Νικολάου
8. Νότιου Λασιθίου - Ιεράπετρας
9. Σητείας

που αντιπροσωπεύουν το σύνολο των προταθέντων υπολεκανών, γεγονός που δεν αντανάκλα την πραγματική εικόνα. Πρέπει να σημειωθεί ότι η επιλογή της τιμής $Rex \geq 0.4$ είναι αυθαίρετη και έγινε για καθαρά πρακτικούς λόγους. Ουσιαστικά, όπως είναι φανερό από το Σχήμα 3.6 οι περιοχές που παρουσιάζουν υψηλή επικινδυνότητα διαθεσιμότητας υπόγειων υδατικών πόρων είναι:

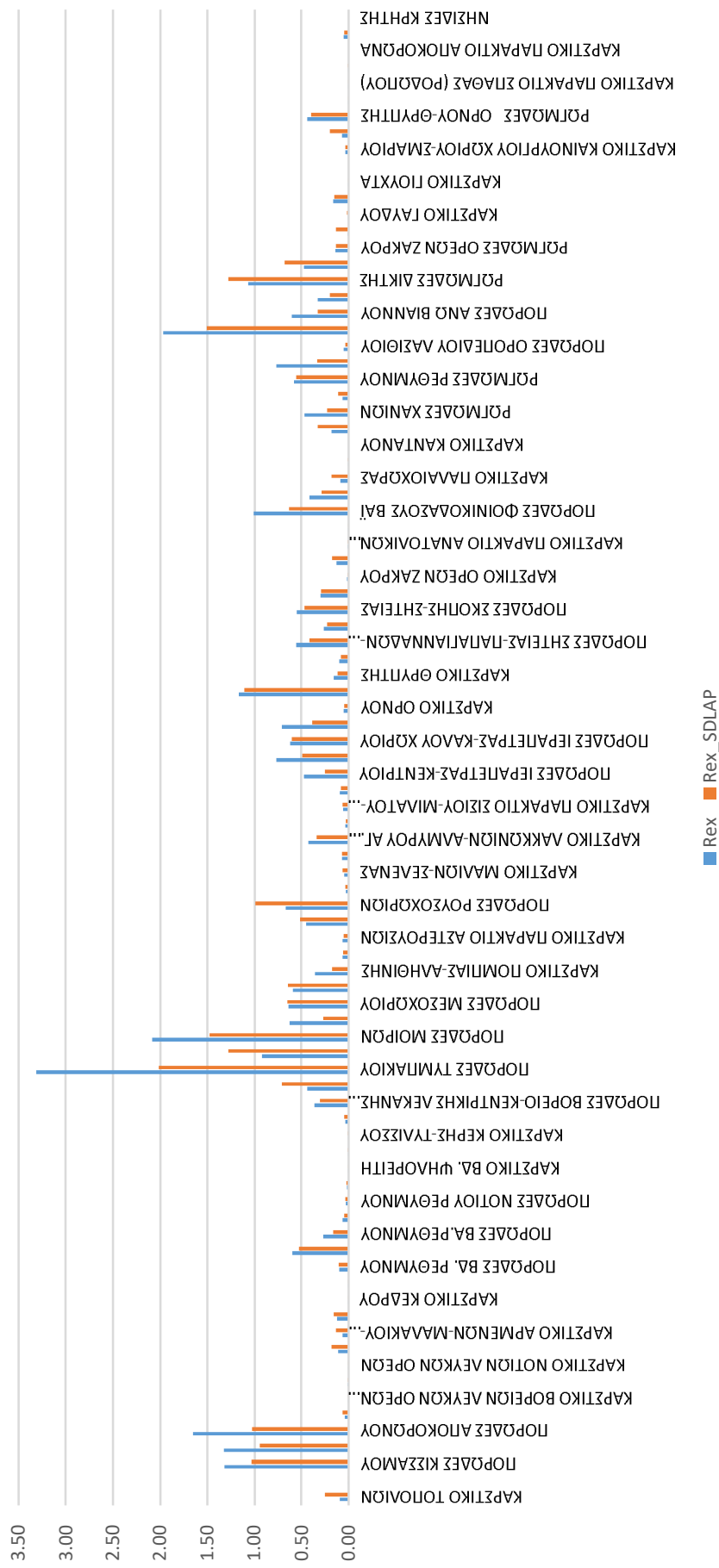
1. Βόρειο τμήμα Νομού Χανίων
2. Νότιο τμήμα Νομού Ηρακλείου
3. Νότιο - Δυτικό τμήμα Νομού Λασιθίου

Πίνακας 3.2 Υπολογισθείσες τιμές του δείκτη Rex των υδρογεωλογικών λεκανών καθώς και οι τιμές του δείκτη Rex ΣΔΛΑΠ που υπολογίστηκε από τα δεδομένα ΣΔΛΑΠ

EU_CD_GW	ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ	Rex	Rex ΣΔΛΑΠ
GR1300011	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΤΟΠΟΛΙΩΝ	0.09	0.25
GR1300012	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΣΦΗΝΑΡΙΟΥ	0.00	0.00
GR1300021	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΙΣΣΑΜΟΥ	1.32	1.03
GR1300022	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΑΜΠΟΥ ΧΑΝΙΩΝ	1.33	0.95
GR1300023	ΠΟΡΩΔΕΣ ΑΠΟΚΟΡΩΝΟΥ	1.65	1.02
GR1300031	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΔ. ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΕΩΝ (ΑΓΙΑΣ)	0.04	0.07
GR1300032	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΟΡΕΙΩΝ ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΕΩΝ (ΣΤΥΛΟΥ-ΑΡΜΕΝΩΝ)	0.00	0.01
GR1300033	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΑ. ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΕΩΝ (ΚΟΥΡΝΑ-ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΗΣ)	0.01	0.01
GR1300034	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΝΟΤΙΩΝ ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΕΩΝ	0.00	0.00
GR1300035	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΗΣ	0.11	0.18
GR1300041	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΑΡΜΕΝΩΝ-ΜΑΛΑΚΙΟΥ- ΜΟΥΝΤΡΟΥ-ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗΣ	0.07	0.14
GR1300042	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΑΛΛΙΚΡΑΤΗ-ΑΣΙΔΕΡΩΤΑ	0.13	0.16
GR1300043	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΕΔΡΟΥ	0.00	0.00
GR1300044	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΓΕΡΑΝΙΟΥ	0.00	0.00
GR1300051	ΠΟΡΩΔΕΣ ΒΔ. ΡΕΘΥΜΝΟΥ	0.10	0.11
GR1300052	ΠΟΡΩΔΕΣ ΒΑ. ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΡΕΘΥΜΝΟΥ (ΚΑΜΠΟΥ ΡΕΘΥΜΝΟΥ-ΠΡ	0.60	0.53
GR1300053	ΠΟΡΩΔΕΣ ΒΑ.ΡΕΘΥΜΝΟΥ	0.27	0.16
GR1300054	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΡΕΘΥΜΝΟΥ	0.06	0.05
GR1300055	ΠΟΡΩΔΕΣ ΝΟΤΙΟΥ ΡΕΘΥΜΝΟΥ	0.03	0.03
GR1300061	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΤΑΛΑΙΩΝ	0.02	0.02
GR1300062	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΔ. ΨΗΛΟΡΕΙΤΗ	0.00	0.00
GR1300063	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΑ. ΨΗΛΟΡΕΙΤΗ	0.01	0.01
GR1300064	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΕΡΗΣ-ΤΥΛΙΣΣΟΥ	0.01	0.01
GR1300065	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΝΑ. ΨΗΛΟΡΕΙΤΗ	0.04	0.05
GR1300071	ΠΟΡΩΔΕΣ ΒΟΡΕΙΟ-ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0.37	0.31
GR1300072	ΠΟΡΩΔΕΣ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΒΟΡΕΙΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0.44	0.71
GR1300081	ΠΟΡΩΔΕΣ ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ	3.31	2.01
GR1300082	ΠΟΡΩΔΕΣ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ	0.92	1.27
GR1300083	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΟΙΡΩΝ	2.09	1.47

EU_CD_GW	ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ	Rex	Rex ΣΔΛΑΠ
GR1300084	ΠΟΡΩΔΕΣ ΓΑΛΙΑΣ-ΒΑΓΙΩΝΙΑΣ-ΑΣΗΜΙΟΥ	0.63	0.27
GR1300085	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΕΣΟΧΩΡΙΟΥ	0.64	0.65
GR1300086	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΕΣΑΡΑΣ-ΝΟΤΙΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0.59	0.64
GR1300091	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΟΜΠΙΑΣ-ΑΛΗΘΙΝΗΣ	0.35	0.17
GR1300092	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΥΡΓΟΥ-ΧΑΡΑΚΑ-ΦΟΥΡΝΟΦΑΡΑΓΓΟΥ	0.06	0.05
GR1300093	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ	0.06	0.05
GR1300101	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΑΣΤΕΛΙΟΥ	0.45	0.51
GR1300102	ΠΟΡΩΔΕΣ ΡΟΥΣΟΧΩΡΙΩΝ	0.67	0.99
GR1300111	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΔΙΚΤΗΣ	0.03	0.03
GR1300112	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΜΑΛΙΩΝ-ΣΕΛΕΝΑΣ	0.05	0.06
GR1300113	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΑ. ΔΙΚΤΗΣ	0.07	0.07
GR1300114	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΛΑΚΚΩΝΙΩΝ-ΑΛΜΥΡΟΥ ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ	0.43	0.34
GR1300115	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΦΟΥΡΝΗΣ-ΕΛΟΥΝΤΑΣ	0.03	0.03
GR1300116	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΣΙΣΙΟΥ-ΜΙΛΑΤΟΥ-ΕΛΟΥΝΤΑΣ	0.06	0.06
GR1300117	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ-ΝΟΤΙΑΣ ΔΙΚΤΗΣ	0.09	0.08
GR1300121	ΠΟΡΩΔΕΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ-ΚΕΝΤΡΙΟΥ	0.48	0.25
GR1300122	ΠΟΡΩΔΕΣ ΠΑΧΕΙΑΣ ΑΜΜΟΥ-ΚΑΛΟΥ ΧΩΡΙΟΥ	0.76	0.49
GR1300123	ΠΟΡΩΔΕΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ-ΚΑΛΟΥ ΧΩΡΙΟΥ	0.62	0.60
GR1300124	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΥΡΤΟΥ	0.71	0.39
GR1300131	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΟΡΝΟΥ	0.05	0.05
GR1300132	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΜΑΛΑΥΡΑΣ-ΠΑΧΕΙΑΣ ΑΜΜΟΥ	1.17	1.11
GR1300133	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΘΡΥΠΤΗΣ	0.16	0.11
GR1300134	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΕΥΚΩΝ - ΜΑΡΩΝΙΑΣ	0.10	0.08
GR1300141	ΠΟΡΩΔΕΣ ΣΗΤΕΙΑΣ-ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΑΔΩΝ-ΑΓΙΑΣ ΤΡΙΑΔΑΣ	0.56	0.42
GR1300142	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΟΥΤΣΟΥΡΑ-ΜΑΚΡΥΓΙΑΛΟΥ	0.26	0.23
GR1300143	ΠΟΡΩΔΕΣ ΣΚΟΠΗΣ-ΣΗΤΕΙΑΣ	0.55	0.46
GR1300144	ΠΟΡΩΔΕΣ ΓΟΥΔΟΥΡΑ	0.30	0.29
GR1300151	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΟΡΕΩΝ ΖΑΚΡΟΥ	0.02	0.01
GR1300152	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΑ. ΑΠΟΛΗΞΕΩΝ ΟΡΕΩΝ ΖΑΚΡΟΥ	0.13	0.17
GR1300153	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΩΝ ΑΠΟΛΗΞΕΩΝ ΖΑΚΡΟΥ	0.01	0.01
GR1300154	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΟΡΕΩΝ ΠΗΓΗΣ ΖΟΥ	0.00	0.00

EU_CD_GW	ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ	Rex	Rex ΣΔΛΑΠ
GR1300161	ΠΟΡΩΔΕΣ ΦΟΙΝΙΚΟΔΑΣΟΥΣ ΒΑΪ	1.01	0.63
GR1300162	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΟΝΗΣ ΤΟΠΛΟΥ-ΠΑΛΑΙΚΑΣΤΡΟΥ-ΞΗΡΟΚΑΜΠΟΥ	0.41	0.29
GR1300171	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΑΣ	0.09	0.18
GR1300172	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΧΡΥΣΟΣΚΑΛΙΤΙΣΣΑΣ	0.01	0.01
GR1300173	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΑΝΤΑΝΟΥ	0.00	0.00
GR1300180	ΠΟΡΩΔΕΣ ΦΡΑΓΚΟΚΑΣΤΕΛΛΟΥ	0.18	0.33
GR1300190	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΧΑΝΙΩΝ	0.47	0.23
GR1300200	ΠΟΡΩΔΕΣ ΧΡΥΣΟΣΚΑΛΙΤΙΣΣΑΣ	0.06	0.11
GR1300210	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΡΕΘΥΜΝΟΥ	0.58	0.55
GR1300220	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ	0.77	0.33
GR1300231	ΠΟΡΩΔΕΣ ΟΡΟΠΕΔΙΟΥ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	0.05	0.03
GR1300232	ΠΟΡΩΔΕΣ ΕΜΠΑΡΟΥ-ΠΑΝΑΓΙΑΣ	1.97	1.50
GR1300233	ΠΟΡΩΔΕΣ ΑΝΩ ΒΙΑΝΝΟΥ	0.60	0.33
GR1300234	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΕΡΑΤΟΚΑΜΠΟΥ-ΑΡΒΗΣ	0.33	0.20
GR1300240	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΔΙΚΤΗΣ	1.07	1.28
GR1300250	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΨΗΛΟΡΕΙΤΗ	0.47	0.68
GR1300260	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΟΡΕΩΝ ΖΑΚΡΟΥ	0.14	0.13
GR1300270	ΠΟΡΩΔΕΣ ΓΑΥΔΟΥ	0.01	0.14
GR1300280	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΓΑΥΔΟΥ	0.01	0.02
GR1300290	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΓΙΟΥΧΤΑΣ-ΘΞΥ ΚΕΦΑΛΙ (ΔΑΜΑΝΙΩΝ-ΛΑΡΑΝΙΟΥ)	0.16	0.15
GR1300301	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΓΙΟΥΧΤΑ	0.00	0.00
GR1300302	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΔΑΜΑΝΙΩΝ-ΛΑΡΑΝΙΟΥ	0.00	0.00
GR1300311	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΑΙΝΟΥΡΓΙΟΥ ΧΩΡΙΟΥ-ΣΜΑΡΙΟΥ	0.04	0.03
GR1300312	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ-ΓΟΥΒΩΝ-ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ	0.07	0.20
GR1300320	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΟΡΝΟΥ-ΘΡΥΠΤΗΣ	0.43	0.40
GR1300321	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΓΡΑΜΒΟΥΣΑΣ	0.00	0.00
GR1300322	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΣΠΑΘΑΣ (ΡΟΔΩΠΟΥ)	0.00	0.00
GR1300323	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ (ΣΟΥΔΑΣ)	0.01	0.01
GR1300324	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΑΠΟΚΟΡΩΝΑ	0.00	0.00
GR1300330	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΓΥΨΩΝ ΚΡΗΤΗΣ	0.05	0.05
GR1300340	ΝΗΣΙΔΕΣ ΚΡΗΤΗΣ	0.00	0.00

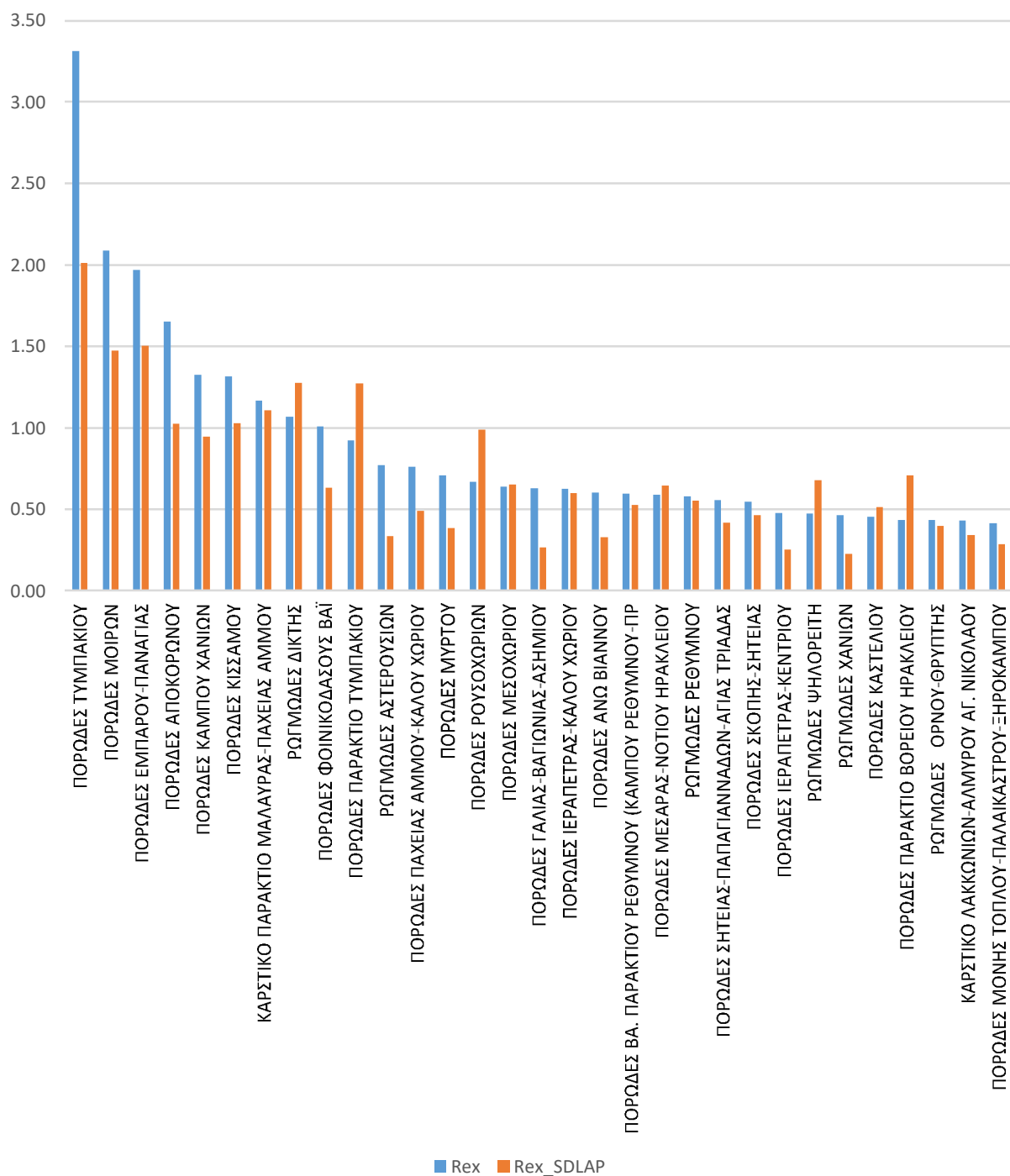


Σχήμα 3.4 Κατανομή του δείκτη Rex στις υδρογεωλογικές λεκάνες της Κρήτης

Πίνακας 3.3 Υδρογεωλογικές Λεκάνες με υψηλό δείκτη Rex

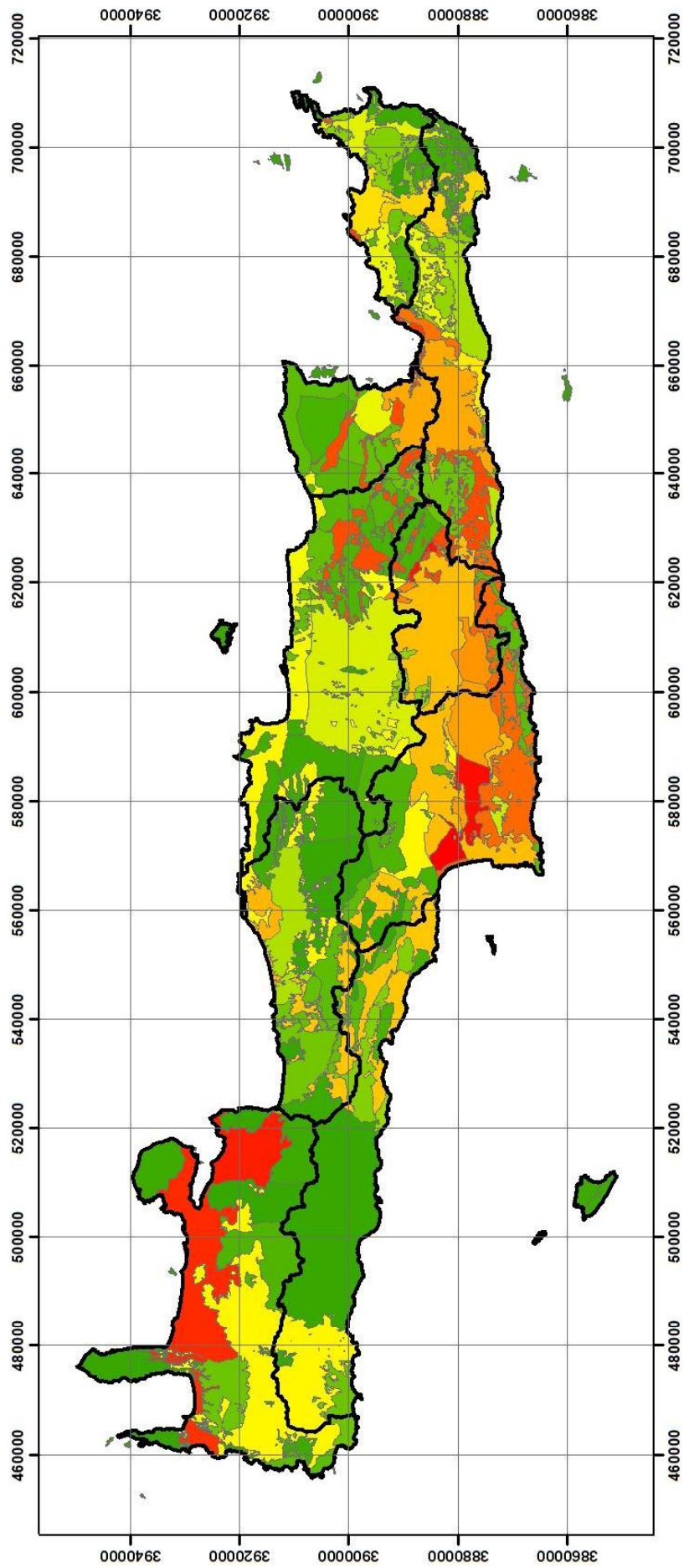
EU_CD_GW	ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΛΑΚΑΝΗ	Rex	Rex ΣΔΛΑΠ	ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ
GR1300081	ΠΟΡΩΔΕΣ ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ	3.31	2.01	Γεροποτάμου - Πλατύ
GR1300083	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΟΙΡΩΝ	2.09	1.47	Γεροποτάμου - Πλατύ
GR1300232	ΠΟΡΩΔΕΣ ΕΜΠΑΡΟΥ-ΠΑΝΑΓΙΑΣ	1.97	1.50	Αναποδάρη
GR1300023	ΠΟΡΩΔΕΣ ΑΠΟΚΟΡΩΝΟΥ	1.65	1.02	Χανίων - Κισιάμου
GR1300022	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΑΜΠΟΥ ΧΑΝΙΩΝ	1.33	0.95	Χανίων - Κισιάμου
GR1300021	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΙΣΣΑΜΟΥ	1.32	1.03	Νότιο Λασιθι - Ιεράπετρα
GR1300132	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΜΑΛΛΥΡΑΣ-ΠΑΧΕΙΑΣ ΑΜΜΟΥ	1.17	1.11	Αγίου Νικολάου / Ηρακλείου Μαλίων/ Νότιου Λασιθίου - Ιεράπετρας / Αναποδάρη
GR1300240	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΔΙΚΤΗΣ	1.07	1.28	Γεροποτάμου - Πλατύ
GR1300161	ΠΟΡΩΔΕΣ ΦΟΙΝΙΚΟΔΑΣΟΥΣ ΒΑΪ	1.01	0.63	Σητείας
GR1300082	ΠΟΡΩΔΕΣ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ	0.92	1.27	Γεροποτάμου - Πλατύ
GR1300220	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ	0.77	0.33	Γεροποτάμου – Πλατύ / Αναποδάρη
GR1300122	ΠΟΡΩΔΕΣ ΠΑΧΕΙΑΣ ΑΜΜΟΥ-ΚΑΛΟΥ ΧΩΡΙΟΥ	0.76	0.49	Νότιου Λασιθίου - Ιεράπετρας / Αγίου Νικολάου
GR1300124	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΥΡΤΟΥ	0.71	0.39	Νότιο Λασιθι - Ιεράπετρα
GR1300102	ΠΟΡΩΔΕΣ ΡΟΥΣΟΧΩΡΙΩΝ	0.67	0.99	Ηρακλείου Μαλίων/ Αναποδάρη
GR1300085	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΕΣΟΧΩΡΙΟΥ	0.64	0.65	Αναποδάρη
GR1300084	ΠΟΡΩΔΕΣ ΓΑΛΙΑΣ-ΒΑΓΙΩΝΙΑΣ-ΑΣΗΜΙΟΥ	0.63	0.27	Γεροποτάμου – Πλατύ / Αναποδάρη
GR1300123	ΠΟΡΩΔΕΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ-ΚΑΛΟΥ ΧΩΡΙΟΥ	0.62	0.60	Νότιου Λασιθίου - Ιεράπετρας
GR1300233	ΠΟΡΩΔΕΣ ΑΝΩ ΒΙΑΝΝΟΥ	0.60	0.33	Νότιου Λασιθίου - Ιεράπετρας
GR1300052	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΑΜΠΟΥ ΡΕΘΥΜΝΟΥ	0.60	0.53	Ρεθύμνου - Γεωργιούπολης
GR1300086	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΕΣΑΡΑΣ-ΝΟΤΙΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0.59	0.64	Γεροποτάμου – Πλατύ / Αναποδάρη
GR1300210	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΡΕΘΥΜΝΟΥ	0.58	0.55	Παλιόχωρος – Σφακιών – Πλακιά / Γεροποτάμου - Πλατύ
GR1300141	ΠΟΡΩΔΕΣ ΣΗΤΕΙΑΣ-ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΑΔΩΝ-ΑΓΙΑΣ ΤΡΙΑΔΑΣ	0.56	0.42	Σητείας / Νότιου Λασιθίου - Ιεράπετρας
GR1300143	ΠΟΡΩΔΕΣ ΣΚΟΠΗΣ-ΣΗΤΕΙΑΣ	0.55	0.46	Σητείας

EU_CD_GW	ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΛΑΚΑΝΗ	Rex	Rex ΣΔ/ΛΠ	ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ
GR1300121	ΠΟΡΩΔΕΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ-ΚΕΝΤΡΙΟΥ	0.48	0.25	Νότιου Λασθίου - Ιεράπετρας
GR1300250	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΨΗΛΟΡΕΙΤΗ	0.47	0.68	Ηρακλείου Μαλίων/ Ρεθύμνου - Γεωργιούπολης
GR1300190	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΧΑΝΙΩΝ	0.47	0.23	Χανίων – Κισιάμου / Παλαιόχωρας – Σφακίων – Πλακιά
GR1300101	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΑΣΤΕΛΙΟΥ	0.45	0.51	Ηρακλείου Μαλίων/ Αναποδάφρη
GR1300072	ΠΟΡΩΔΕΣ ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΒΟΡΕΙΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0.44	0.71	Ηρακλείου Μαλίων
GR1300320	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΟΡΝΟΥ-ΘΡΥΠΤΗΣ	0.43	0.40	Σητείας / Νότιου Λασθίου - Ιεράπετρας
GR1300114	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΛΑΚΚΩΝΙΩΝ-ΑΛΜΥΡΟΥ ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ	0.43	0.34	Αγίου Νικολάου
GR1300162	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΟΝΗΣ ΤΟΠΛΟΥ-ΠΑΛΑΙΚΑΣΤΡΟΥ	0.41	0.29	Σητείας



Σχήμα 3.5

Υδρογεωλογικές λεκάνες ευάλωτες σε συνθήκες λειψυδρίας με βάση τις τιμές του δείκτη Rex



Σχήμα 3.6 Χωρική Κατανομή του δείκτη Rex σε σχέση με τις ομάδες υπολεκανών Ξηρασίας που μέχρι τώρα έχουν προταθεί στην παρούσα μελέτη (μαύρο περίγραμμα)

Πίνακας 3.4 Χαρακτηρισμός των υπόγειων υδατικών συστημάτων του ΥΔ Κρήτης (Κριτωατάκης Μ., Παυλίδου Σ., 2013. Κατάσταση υπόγειων υδροφόρων Κρήτης. Αποκεντρωμένη Διοίκηση Κρήτης).

A/A	Κωδικός συστήματος	Ονομασία συστήματος	Γεωλογία (κύριο υδροφόρο)	Υπερκείμενα στρώματα	Τύπος υδροφόρου	Έκταση (km ²)	Ποιοτική κατάσταση	Ποσοτική κατάσταση	Περατέρω χαρ/ομός	Παρατηρήσεις
1	GR1300011	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΤΟΠΟΛΙΩΝ	Λατυποκροκαλοισαγή	Λατυποκροκαλοισαγή μετρίου βαθμού. Νεογενείς αποθέσεις χαμηλής περατότητας	Καρστικός	97.19	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
2	GR1300012	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΣΦΗΝΑΡΙΟΥ	Τριαδικό έως Ηνωμένοι ασβεστόλιθοι Ζώνης Πίνδου	Τεταρτογενείς αποθέσεις μετρίου περατότητας	Καρστικός	7.00	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
3	GR1300021	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΙΣΣΑΜΟΥ	Νεογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις μετρίου περατότητας	Πορώδες	38.43	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	Τοπικά καταγράφεται υφολύμριση στην παράκτια ζώνη
4	GR1300022	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΑΜΠΟΥ ΧΑΝΙΩΝ	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις έως υψηλής περατότητας	Πορώδες	279.78	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
5	GR1300023	ΠΟΡΩΔΕΣ ΑΠΟΚΟΡΩΝΟΥ	Νεογενείς αποθέσεις	Νεογενείς αποθέσεις υψηλής περατότητας	Πορώδες	124.17	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
6	GR1300031	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΔ. ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΕΩΝ (ΑΓΙΑΣ)	Τριαδικό έως Ηνωμένοι ασβεστόλιθοι Ζώνης Τρίτολης	Ασβεστόλιθοι υψηλής περατότητας. Φυλλίτες - Χαλαζίτες πολύ χαμηλής περατότητας	Καρστικός	122.92	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
7	GR1300032	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΟΡΕΙΩΝ ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΕΩΝ (ΣΤΥΛΟΥ-ΑΡΜΕΝΩΝ)	Τριαδικό έως Ηνωμένοι ασβεστόλιθοι Ζώνης Τρίτολης	Ασβεστόλιθοι υψηλής περατότητας	Καρστικός	93.23	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
8	GR1300033	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΑ. ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΕΩΝ (ΚΟΥΡΝΑ-ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΗΣ)	Τριαδικό έως Ηνωμένοι ασβεστόλιθοι Ζωνών Ιονίου και Τρίτολης	Νεογενείς αποθέσεις μετρίου περατότητας	Καρστικός	125.10	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
9	GR1300035	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΗΣ	Τριαδικό έως Ηνωμένοι ασβεστόλιθοι Ζωνών Ιονίου και Τρίτολης	Τεταρτογενείς αποθέσεις	Καρστικός	2.04	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	αυξημένες τιμές υποβάθρου λόγω φυσικής υφολύμρισης

A/A	Κωδικός συστήματος	Όνομασία συστήματος	Γεωλογία (κύριο υδροφόρο)	Υπερκείμενα στρώματα	Τύπος υδροφόρα	Έκταση (km2)	Ποιοτική κατάσταση	Ποσοτική κατάσταση	Περαιτέρω χαρ/σμός	Παρατηρήσεις
10	GR1300041	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΑΡΜΕΝΩΝ-ΜΑΛΑΚΙΟΥ-ΜΟΥΝΤΡΟΥ-ΑΡΤΥΡΟΥΠΟΛΗΣ	Τριαδικοί έως Ηλεκαινικοί ασβεστόλιθοι Ζώνης Τρίτο-λης	Φυλλίτες - Χαλαζίτες πολύ χαμηλής περατότητας	Καρστικός	40.86	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
11	GR1300044	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΓΕΡΑΝΙΟΥ	Τριαδικοί έως Ηλεκαινικοί ασβεστόλιθοι Ζώνης Τρίτο-λης	Ασβεστόλιθοι υψηλής περατότητας και Φυλλίτες - Χαλαζίτες πολύ χαμηλής περατότητας	Καρστικός	15.13	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	τοπικά καταγράφεται υφαλμύριση στην παράκτια ζώνη
12	GR1300051	ΠΟΡΩΔΕΣ ΒΔ. ΡΕΘΥΜΝΟΥ	Νεογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς αποθέσεις μέτριας περατότητας	Πορώδες	102.19	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
13	GR1300052	ΠΟΡΩΔΕΣ ΒΔ. ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΡΕΘΥΜΝΟΥ (ΚΑΜΠΟΥ ΡΕΘΥΜΝΟΥ-ΠΡΙΝΟΥ-ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ)	Τεταρτογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς αποθέσεις υψηλής περατότητας	Πορώδες	49.25	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	τοπικά καταγράφεται υπερεκμετάλλευση και υφαλμύριση (φυσική και ανθρωπογενής)
14	GR1300053	ΠΟΡΩΔΕΣ ΒΔ.ΡΕΘΥΜΝΟΥ	Νεογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς αποθέσεις υψηλής έως μέτριας περατότητας	Πορώδες	137.27	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
15	GR1300054	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΡΕΘΥΜΝΟΥ	Νεογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις μέτριας έως χαμηλής περατότητας	Πορώδες	124.09	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
16	GR1300061	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΤΑΛΛΙΩΝ	Τριαδικοί έως Ηλεκαινικοί ασβεστόλιθοι Ιονίου Ζώνης	Ασβεστόλιθοι χαμηλής περατότητας	Καρστικός	83.94	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
17	GR1300062	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΔ. ΨΗΛΟΡΕΪΤΗ	Τριαδικοί έως Ηλεκαινικοί ασβεστόλιθοι Ιονίου Ζώνης	Ασβεστόλιθοι χαμηλής περατότητας	Καρστικός	173.55	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	

A/A	Κωδικός συστήματος	Όνομασία συστήματος	Γεωλογία (κύριο υδροφόρο)	Υπερίεμνα στρώματα	Τύπος υδροφόρα	Έκταση (km ²)	Ποιοτική κατάσταση	Ποσοτική κατάσταση	Περαιτέρω χάρ/σμός	Παρατηρήσεις
18	GR1300063	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΑ. ΨΗΛΟΡΕΙΤΗ	Τριαδικό έως Ηωκανικό αβεστολίθοι Ιονίου Ζώνης	Αβεστολίθοι χαμηλής περατότητας	Καρστικός	218.05	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	OXI	
19	GR1300064	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΕΡΗΣ-ΤΥΛΙΣΣΟΥ	Τριαδικό έως Ιουρακικό αβεστολίθοι Ζώνης Τρίτολης	Φυλλίτες – Χαλαζίτες πολύ χαμηλής περατότητας	Καρστικός	8.27	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ	NAI	υπερεκμετάλλευση, υφαλιύριση
20	GR1300071	ΠΟΡΩΔΕΣ ΒΟΡΕΙΟ-ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	Νεογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς και αποθέσεις μέτριας περατότητας	Πορώδες	435.00	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	OXI	τοπικά μικρά υ-δροφόρα υπερεκμεταλλεύονται- τοπικά καταγράφεται υψηλή περικτικότητα σε θεϊκά ιόντα λόγω γύψων
21	GR1300072	ΠΟΡΩΔΕΣ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΒΟΡΕΙΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	Τεταρτογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς αποθέσεις μέτριας περατότητας	Πορώδες	111.70	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ	NAI	υπερεκμετάλλευση, υφαλιύριση
22	GR1300172	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΧΡΥΣΟΣΚΑΛΙΤΙΣΣΑΣ	Τριαδικό έως Ηωκανικό αβεστολίθοι Ζώνης Ιονίου	Φυλλίτες - Χαλαζίτες πολύ χαμηλής περατότητας	Καρστικός	14.85	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	OXI	
23	GR1300190	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΧΑΝΙΩΝ	Φλύσχης Ζωνών Πίνδου και Τρίτολης, Φυλλίτες - Χαλαζίτες και Αργιλικό σχιστόλιθοι	Αβεστολίθοι μέτριας περατότητας	Ρωγμώδες	582.04	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	OXI	τοπικά μικρά υ-ναμικότητας υδροφόρα υπερεκμεταλλεύονται
24	GR1300200	ΠΟΡΩΔΕΣ ΧΡΥΣΟΣΚΑΛΙΤΙΣΣΑΣ	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς αποθέσεις υψηλής περατότητας	Πορώδες	28.00	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	OXI	
25	GR1300231	ΠΟΡΩΔΕΣ ΟΡΟΠΕΔΙΟΥ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	Τεταρτογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς αποθέσεις υψηλής περατότητας	Πορώδες	27.02	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	OXI	τοπικά μικρά υ-ναμικότητας υδροφόρα υπερεκμεταλλεύονται
26	GR1300250	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΨΗΛΟΡΕΙΤΗ	Φυλλίτες - Χαλαζίτες	Αβεστολίθοι μέτριας περατότητας	Ρωγμώδες	297.61	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	OXI	τοπικά μικρά υ-ναμικότητας υδροφόρα υπερεκμεταλλεύονται
27	GR1300301	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΟΥΧΤΑ	Κρητιδικό Αβεστολίθοι Ζώνης Τρίτολης	Καρστικός	3.88	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	OXI	27	

A/A	Κωδικός συστήματος	Όνομασία συστήματος	Γεωλογία (κύριο υδροφόρο)	Υπερκεείμενα στρώματα	Τύπος υδροφόρου	Έκταση (km ²)	Ποιοτική κατάσταση	Ποσοτική κατάσταση	Περαιτέρω χάρ/σμός	Παρατηρήσεις
28	GR1300311	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΑΙΝΟΥΡΓΙΟΥ ΧΩΡΙΟΥ-ΣΜΑΡΙΟΥ	Κρητιδικό έως Ηνωκανικό Ασβεστόλιθοι Ζώνης Πίνδου	Ασβεστόλιθοι μέτριας περατότητας	Καρστικός	69.13	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
29	GR1300312	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ-ΓΟΥΒΩΝ-ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ	Τριαδικό έως Κρητιδικό Ασβεστόλιθοι Ζώνης Τρίτο-λης	Ασβεστόλιθοι μέτριας περατότητας	Καρστικός	57.68	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ	ΝΑΙ	υπερεκμετάλλευση, υφαλώριση
30	GR1300321	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΓΡΑΜΒΟΥΣΑΣ	Τριαδικό έως Κρητιδικό Ασβεστόλιθοι Ζώνης Τρίτο-λης	Ασβεστόλιθοι μέτριας περατότητας	Καρστικός	25.44	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	αυξημένες τιμές υποβάθρου λόγω φυσικής υφαλώρισης
31	GR1300322	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΣΠΑΘΑΣ (ΡΟΔΩΠΟΥ)	Τριαδικό έως Κρητιδικό Ασβεστόλιθοι Ζώνης Τρίτο-λης	Ασβεστόλιθοι μέτριας περατότητας	Καρστικός	79.29	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	αυξημένες τιμές υποβάθρου λόγω φυσικής υφαλώρισης
32	GR1300323	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ (ΣΟΥΔΑΣ)	Τριαδικό έως Κρητιδικό Ασβεστόλιθοι Ζώνης Τρίτο-λης και Ιονίου	Ασβεστόλιθοι μέτριας περατότητας	Καρστικός	69.88	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	αυξημένες τιμές υποβάθρου λόγω φυσικής υφαλώρισης
33	GR1300324	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΑΠΟΚΟΡΩΝΑ	Τριαδικό έως Κρητιδικό Ασβεστόλιθοι Ζώνης Τρίτο-λης	Ασβεστόλιθοι μέτριας περατότητας	Καρστικός	30.50	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	αυξημένες τιμές υποβάθρου λόγω φυσικής υφαλώρισης
34	GR1300101	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΑΣΤΕΛΙΟΥ	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις μέτριας έως χαμηλής περατότητας	Πορώδες	25.07	ΚΑΛΗ	ΚΑΚΗ	ΝΑΙ	υπερεκμετάλλευση, τοπικά καταγράφεται υπέρβαση σε νιτρικά ιόντα
35	GR1300034	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΝΟΤΙΩΝ ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΕΩΝ	Τριαδικό έως Ηνωκανικό ασβεστόλιθοι Ζώνης Ιονίου	Καρστικός	482.03	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	35	
36	GR1300042	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΑΛΛΙΚΡΑΤΗ-ΑΣΙΔΕΡΩΤΑ	Τριαδικό έως Ηνωκανικό ασβεστόλιθοι Ζώνης Τρίτο-λης	Φυλλίτες - Χαλαζίτες πολύ χαμηλής περατότητας	Καρστικός	93.17	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	

A/A	Κωδικός συστήματος	Όνομασία συστήματος	Γεωλογία (κύριο υδροφόρο)	Υπερκείμενα στρώματα	Τύπος υδροφορέα	Έκταση (km ²)	Ποιοτική κατάσταση	Ποσοτική κατάσταση	Περαιτέρω χαρ/ομόδος	Παρατηρήσεις
37	GR1300043	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΕΔΡΟΥ	Τριαδικοί έως Ηωκαινικοί αβεστούλιθοι Ζωνών Πίν-δου και Τρίτολης	Φλύαχης Ζώνης Πίνδου πολύ χαμηλής παρατότητας	Καρστικός	72.72	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
38	GR1300055	ΠΟΡΩΔΕΣ ΝΟΤΙΟΥ ΡΕΘΥΜΝΟΥ	Νεογενείς αποθέσεις	Νεογενείς αποθέσεις υψηλής παρατότητας	Πορώδες	49.46	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
39	GR1300065	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΝΑ. ΨΗΛΟΡΕΙΤΗ	Τριαδικοί έως Ιουρασικοί αβεστούλιθοι Ζώνης Τρίτολης	Αβεστούλιθοι μέτριας έως χαμηλής παρατότητας	Καρστικός	167.56	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
40	GR1300081	ΠΟΡΩΔΕΣ ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ	Τεταρτογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς αποθέσεις υψηλής παρατότητας	Πορώδες	28.71	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
41	GR1300082	ΠΟΡΩΔΕΣ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ	Τεταρτογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς αποθέσεις υψηλής παρατότητας	Πορώδες	6.31	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ	ΝΑΙ	υπερεκμετάλλευση, υφαλμύριση
42	GR1300083	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΟΙΡΩΝ	Τεταρτογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς αποθέσεις υψηλής παρατότητας	Πορώδες	55.93	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ	ΝΑΙ	υπερεκμετάλλευση, τοπικά καταγράφεται υπέρβαση σε νιτρικά και θειικά ιόντα
43	GR1300084	ΠΟΡΩΔΕΣ ΓΑΛΙΑΣ-ΒΑΠΩΝΙΑΣ-ΑΣΗΜΙΟΥ	Τεταρτογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς αποθέσεις υψηλής παρατότητας	Πορώδες	115.70	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	ο επιφανειακός προσχωματικός υδροφόρος υπε-ρεκμεταλλεύεται, ενώ ο κύριος κρο-καλοπαγής-ψαμμι-τικός είναι σε οριακή κατάσταση
44	GR1300085	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΕΣΟΧΩΡΙΟΥ	Τεταρτογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς αποθέσεις υψηλής παρατότητας	Πορώδες	51.02	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	σε οριακή κατά-σταση, τα ξηρά έτη υπερεκμεταλλεύε-ται, τοπικά καταγράφεται υπέρβαση σε νιτρικά ιόντα
45	GR1300086	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΕΣΑΡΑΣ-ΝΟΤΙΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	Νεογενείς αποθέσεις	Νεογενείς αποθέσεις χαμηλής παρατότητας	Πορώδες	508.41	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	τοπικά μικρής δυ-ναμικότητας υδρο-φόρα υπερεκμε-ταλλεύονται, τοπι-κά καταγράφεται υπέρβαση σε θειικά ιόντα (γύψος) και χλωριόντα (αλίτης), τοπικά αυξημένες περιεκτικότητες σε νιτρικά ιόντα

A/A	Κωδικός συστήματος	Όνομασία συστήματος	Γεωλογία (κύριο υδροφόρο)	Υπερκείμενα στρώματα	Τύπος υδροφόρα	Έκταση (km ²)	Ποιοτική κατάσταση	Ποσοτική κατάσταση	Περαιτέρω χαρ/ομός	Παρατηρήσεις
46	GR1300091	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΟΜΠΙΑΣ-ΑΛΗΘΙΝΗΣ	Ιουρασικοί έως Ηωκαινικοί ασβεστόλιθοι Ζώνης Πίνδου	Φλύσχης Ζώνης Πίνδου πολύ χαμηλής περατότητας	Καρστικός	12.79	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
47	GR1300092	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΥΡΓΟΥ-ΧΑΡΑΚΑ-ΦΟΥΡΝΟΦΑΡΑΓΓΟΥ	Τριαδικοί έως Ιουρασικοί ασβεστόλιθοι Ζώνης Πίνδου	Φλύσχης Ζώνης Πίνδου πολύ χαμηλής περατότητας	Καρστικός	20.83	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
48	GR1300093	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ	Τριαδικοί έως Ηωκαινικοί ασβεστόλιθοι Ζώνης Τρίτολης	Ασβεστόλιθοι μέτριας περατότητας. Φλύσχης και οφθολίθοι πολύ χαμηλής περατότητας	Καρστικός	69.55	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	τοπικά μικρά υδροφόρα υπερεκμεταλλεύονται- τοπικά καταγράφεται υψηλή περιεκτικότητα σε θειικά ιόντα (γύψος) και υφαλμύριση στην παράκτια ζώνη, υδροφόρο σε οριακή κατάσταση
49	GR1300111	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΔΙΚΤΗΣ	Ιουρασικοί έως Ηωκαινικοί Ασβεστόλιθοι Ζώνης Ιονίου	Φυλλίτες - Χαλαζίτες πολύ χαμηλής περατότητας	Καρστικός	111.61	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
50	GR1300171	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΑΣ	Τριαδικοί έως Ηωκαινικοί ασβεστόλιθοι Ζώνης Πίνδου και Τρίτολης	Ασβεστόλιθοι μέτριας περατότητας	Καρστικός	62.09	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
51	GR1300173	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΑΝΤΑΝΟΥ	Τριαδικοί έως Ηωκαινικοί ασβεστόλιθοι Ζώνης Τρίτολης	Φυλλίτες - Χαλαζίτες πολύ χαμηλής περατότητας	Καρστικός	10.80	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
52	GR1300180	ΠΟΡΩΔΕΣ ΦΡΑΓΚΟΚΑΣΤΕΛΟΥ	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς αποθέσεις υψηλής περατότητας	Πορώδες	11.01	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
53	GR1300210	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΡΕΘΥΜΙΝΟΥ	Οφθολίθοι, Φλύσχης Ζώνης Πίνδου και Τρίτολης και Φυλλίτες - Χαλαζίτες	Ασβεστόλιθοι μέτριας περατότητας	Ρωγμώδες	307.87	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	τοπικά μικρά υδροφόρα υπερεκμεταλλεύονται

A/A	Κωδικός συστήματος	Όνομασία συστήματος	Γεωλογία (κύριο υδροφόρο)	Υπερκεείμενα στρώματα	Τύπος υδροφόρα	Έκταση (km ²)	Ποιοτική κατάσταση	Ποσοτική κατάσταση	Περαιτέρω χηρ/σμός	Παρατηρήσεις
54	GR1300220	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ	Οφιόλιθοι και Φλύσχης Ζωνών Πίνδου και Τρίτολης	Ασβεστόλιθοι μέτριας περατότητας	Ρωγμώδες	281.06	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	OXI	τοπικά μικρήs δυναμικότητας υδροφόρα υπερεκμεταλλεύονται
55	GR1300232	ΠΟΡΩΔΕΣ ΕΜΠΙΡΟΥ-ΠΑΝΑΓΙΑΣ	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς και υψηλής περατότητας	Πορώδες	8.01	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	OXI	οριακή εκμετάλλευση
56	GR1300270	ΠΟΡΩΔΕΣ ΓΑΥΔΟΥ	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις μέτριας περατότητας	Πορώδες	17.27	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ	NAI	υπερκεμετάλλευση, τοπικά υφαλμύρινση
57	GR1300280	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΓΑΥΔΟΥ	Ιουρασικοί έως Ασβεστόλιθοι Ζώνης Πίνδου	Ασβεστόλιθοι μέτριας περατότητας	Καρστικός	14.36	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	OXI	οριακή εκμετάλλευση
58	GR1300290	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΓΙΟΥΧΤΑΣ-ΟΕΥ ΚΕΦΑΛΙ (ΔΑΜΑΝΙΩΝ - ΛΑΡΑΝΙΟΥ)	Οφιόλιθοι και Φλύσχης Ζωνών Πίνδου και Τρίτολης	Ασβεστόλιθοι μέτριας περατότητας	Ρωγμώδες	30.97	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	OXI	τοπικά μικρήs δυναμικότητας υδροφόρα υπερεκμεταλλεύονται
59	GR1300302	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΔΑΜΑΝΙΩΝ-ΛΑΡΑΝΙΟΥ	Κρητικοί έως Ηνωκανικοί Ασβεστόλιθοι Ζώνης Τρίτολης	Ασβεστόλιθοι μέτριας περατότητας	Καρστικός	2.08	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	OXI	
60	GR1300330	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΓΥΨΩΝ ΚΡΗΤΗΣ	Φυλλίτες - Χαλαζίτες, Φλύσχης Ζώνης Πίνδου και Νεογενείς αποθέσεις	Φυλλίτες - Χαλαζίτες, Φλύσχης μέτριας περατότητας και Νεογενείς αποθέσεις μέτριας περατότητας	Γύψοι	17.87	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	OXI	αυξημένες τιμές υποβάθρου λόγω στρωμάτων γύψων
61	GR1300102	ΠΟΡΩΔΕΣ ΡΟΥΣΟΧΩΡΙΩΝ	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις μέτριας έως χαμηλής περατότητας	Πορώδες	9.68	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ	NAI	υπερκεμετάλλευση, τοπικά καταγράφεται υπέρβαση σε νιτρικά ιόντα
62	GR1300112	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΜΑΛΙΩΝ-ΣΕΛΕΝΑΣ	Τριαδικοί έως Κρητικοί Ασβεστόλιθοι Ζώνης Τρίτολης	Ασβεστόλιθοι μέτριας περατότητας	Καρστικός	92.51	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	OXI	τοπικά την καλοκαιρινή περίοδο υπερκεμεταλλεύεται το παράκτιο τμήμα
63	GR1300113	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΑ. ΔΙΚΤΗΣ	Τριαδικοί έως Ηνωκανικοί ασβεστόλιθοι Ζώνης Τρίτολης	Ασβεστόλιθοι μέτριας περατότητας. Φυλλίτες - Χαλαζίτες πολύ χαμηλής περατότητας.	Καρστικός	86.75	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	OXI	

A/A	Κωδικός συστήματος	Όνομασία συστήματος	Γεωλογία (κύριο υδροφόρο)	Υπερκείμενα στρώματα	Τύπος υδροφόρα	Έκταση (km ²)	Ποιοτική κατάσταση	Ποσοτική κατάσταση	Περατώρω χαρ/σμός	Παρατηρήσεις
64	GR1300114	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΛΑΚΚΩΜΙΩΝ-ΑΙΜΥΡΟΥ ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ	Τριαδικό-έως Ηωκαινικοί ασβεστόλιθοι Ζώνης Τρίτολης	Αρβεστόλιθοι μέτριας περατότητας, Φυλλίτες - Χαλαζίτες πολύ χαμηλής περατότητας.	Καρστικός	43.57	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	αυξημένες τιμές υποβάθρου λόγω φυσικής υφαλμύρισης
65	GR1300115	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΦΟΥΡΝΗΣ-ΕΛΟΥΝΤΑΣ	Ιουρασακό-έως Ηωκαινικοί ασβεστόλιθοι Ζώνης Ιονίου	Αρβεστόλιθοι μέτριας περατότητας	Καρστικός	80.98	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	τοπικά καταγράφεται οριακή εκμετάλλευση
66	GR1300116	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΣΙΣΙΟΥ-ΜΙΛΑΤΟΥ-ΕΛΟΥΝΤΑΣ	Ιουρασακό-έως Ηωκαινικοί ασβεστόλιθοι Ζώνης Ιονίου	Αρβεστόλιθοι μέτριας περατότητας	Καρστικός	90.18	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	αυξημένες τιμές υποβάθρου λόγω φυσικής υφαλμύρισης
67	GR1300117	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ-ΝΟΤΙΑΣ ΔΙΚΤΗΣ	Τριαδικό-έως Ηωκαινικοί ασβεστόλιθοι Ζωνών Τρίτολης και Ιονίου	Αρβεστόλιθοι μέτριας περατότητας	Καρστικός	116.42	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
68	GR1300122	ΠΟΡΩΔΕΣ ΠΑΧΕΙΑΣ ΑΜΜΟΥ-ΚΑΛΟΥ ΧΩΡΙΟΥ	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις υψηλής περατότητας	Πορώδες	27.08	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	οριακή εκμετάλλευση
69	GR1300123	ΠΟΡΩΔΕΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ-ΚΑΛΟΥ ΧΩΡΙΟΥ	Νεογενείς αποθέσεις	Νεογενείς αποθέσεις μέτριας έως χαμηλής περατότητας	Πορώδες	260.97	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	τοπικά την καλο-καιρινή περίοδο καταγράφεται υπερεκμετάλλευση στην παράκτια ζώνη
70	GR1300132	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΜΑΛΛΟΥΡΑΣ-ΠΑΧΕΙΑΣ ΑΜΜΟΥ	Περιμαρσιδικό ασβεστόλιθοι Ζώνης Τρίτολης και Πλακιάδεις	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις μέτριας περατότητας	Καρστικός	15.85	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	αυξημένες τιμές υποβάθρου λόγω φυσικής υφαλμύρισης
71	GR1300141	ΠΟΡΩΔΕΣ ΣΗΤΕΙΑΣ-ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΑΔΩΝ-ΑΓΙΑΣ ΤΡΙΑΔΑΣ	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις μέτριας περατότητας	Πορώδες	94.10	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	οριακή εκμετάλλευση
72	GR1300142	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΟΥΤΣΟΥΡΑ-ΜΑΚΡΥΓΙΑΛΟΥ	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις μέτριας περατότητας	Πορώδες	93.67	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
73	GR1300143	ΠΟΡΩΔΕΣ ΣΚΟΠΗΣ-ΣΗΤΕΙΑΣ	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις υψηλής περατότητας	Πορώδες	52.56	ΚΑΛΗ	ΚΑΚΗ	ΝΑΙ	υπερεκμετάλλευση

A/A	Κωδικός συστήματος	Όνομασία συστή-ματος	Γεωλογία (κύριο υδροφόρο)	Υπερκείμενα στρώματα	Τύπος υδροφόρα	Έκταση (km ²)	Ποιοτική κατάσταση	Ποσοτική κατάσταση	Παραπέραρω χαρ/ισμός	Παρατηρήσεις
74	GR1300144	ΠΟΡΩΔΕΣ ΓΟΥΔΟΥΡΑ	Τεταρτογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς αποθέσεις υψηλής περατότητας	Πορώδες	2.28	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ	ΝΑΙ	υπερεκμετάλλευση, υφαλμύριση
75	GR1300152	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΑ. ΑΠΟΛΗΞΕΩΝ ΟΡΕΩΝ ΖΑΚΡΟΥ	Τριαδικό έως Τρίτολης	Ασβεστόλιθοι μέτριας περατότητας	Καρστικός	44.27	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
76	GR1300153	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΩΝ ΑΠΟΛΗΞΕΩΝ ΟΡΕΩΝ ΖΑΚΡΟΥ	Τριαδικό έως Ηνωκανικοί Ασβεστόλιθοι Τρίτολης	Ασβεστόλιθοι μέτριας περατότητας	Καρστικός	71.83	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	αυξημένες τιμές υποβάθρου λόγω φυσικής υφαλμύ-ρισης στην παρα-κτα ζώνη
77	GR1300161	ΠΟΡΩΔΕΣ ΦΟΙΝΙΚΟΔΑΣΟΥΣ ΒΑΪ	Τεταρτογενείς και Νεογενείς Αποθέσεις	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις μέτριας έως υψηλής περατότητας	Πορώδες	1.66	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
78	GR1300162	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΟΝΗΣ ΤΟΠΛΟΥ-ΠΑΛΑΙΚΑΣΤΡΟΥ-ΞΗΡΟΚΑΜΠΟΥ	Τεταρτογενείς και Νεογενείς Αποθέσεις	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις μέτριας περατότη-τας	Πορώδες	64.55	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
79	GR1300233	ΠΟΡΩΔΕΣ ΑΝΩ ΒΙΑΝΝΟΥ	Τεταρτογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς αποθέσεις χαμηλής περατότητας	Πορώδες	0.98	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	οριακή εκμετάλ-λευση
80	GR1300234	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΕΡΑΤΟΚΑΜΠΟΥ-ΑΡΒΗΣ	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις υψηλής περατότη-τας	Πορώδες	18.04	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	τοπικά αυξημένες τιμές υποβάθρου λόγω στρωμάτων γύψων
81	GR1300240	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΔΙΚΤΗΣ	Φλύσσης Ζωνών Πίνδου και Τρίτολης και Φυλλίτες - Χαλαζίτες	Ασβεστόλιθοι μέτριας περα-τότητας	Ρωγμώδες	269.37	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	τοπικά μικρής δυ-νομικότητας υδρο-φόρα υπερεκμε-ταλλεύονται
82	GR1300260	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΟΡΕΩΝ ΖΑΚΡΟΥ	Φυλλίτες - Χαλαζίτες	Ασβεστόλιθοι μέτριας περα-τότητας	Ρωγμώδες	78.25	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	τοπικά μικρής δυ-νομικότητας υδρο-φόρα υπερεκμε-ταλλεύονται
83	GR1300320	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΟΡΝΟΥ-ΘΡΥΠΤΗΣ	Φυλλίτες - Χαλαζίτες		Ρωγμώδες	125.94	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
84	GR1300340	ΝΗΣΙΔΕΣ ΚΡΗΤΗΣ	Τριαδικό έως Ιουρασικοί Ασβετόλιθοι Ζωνών Τρίτολης και Πίνδου και Νεογενείς αποθέσεις	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις χαμηλής περατό-τητας και Ασβετόλιθοι μέ-τριας περατότητας	Καρστικός	43.42	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	αυξημένες τιμές υποβάθρου λόγω φυσικής υφαλμύ-ρισης
85	GR1300121	ΠΟΡΩΔΕΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ-ΚΕΝΤΡΙΟΥ	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις	Νεογενείς αποθέσεις υψηλής περατότητας	Πορώδες	27.84	ΚΑΚΗ	ΚΑΛΗ	ΝΑΙ	Αυξημένα νιτρικά ιόντα

A/A	Κωδικός συστήματος	Όνομασία συστήματος	Γεωλογία (κύριο υδροφόρο)	Υπερκείμενα στρώματα	Τύπος υδροφόρα	Έκταση (km ²)	Ποιοτική κατάσταση	Ποσοτική κατάσταση	Περατέρω χαρ/σμός	Παρατηρήσεις
86	GR1300124	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΥΡΤΟΥ	Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις	Νεογενείς αποθέσεις υψηλής περατότητας	Πορώδες	2.59	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
87	GR1300151	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΟΡΕΩΝ ΖΑΚΡΟΥ	Τριαδικό έως Ηνωκωνικό ασβεστόλιθοι Ζώνης Τρίτολης	Ασβεστόλιθοι υψηλής περατότητας και Νεογενείς αποθέσεις χαμηλής περατότητας	Καρστικός	93.20	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
88	GR1300154	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΟΡΕΩΝ ΠΗΓΗΣ ΖΟΥ	Τριαδικό έως Ηνωκωνικό ασβεστόλιθοι Ζώνης Τρίτολης	Ασβεστόλιθοι υψηλής περατότητας και Νεογενείς αποθέσεις χαμηλής περατότητας	Καρστικός	15.59	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
89	GR1300131	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΟΡΝΟΥ	Ασβεστόλιθοι Ζώνης Ιονίου	Φυλλίτες -Χαλαζίτες πολύ χαμηλής περατότητας	Καρστικός	51.87	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
90	GR1300134	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΕΥΚΩΝ - ΜΑΡΩΝΙΑΣ	Περμιαδικόι Ασβεστόλιθοι Ζώνης Τρίτολης		Καρστικός	28.92	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	
91	GR1300133	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΘΡΥΠΤΗΣ	Περμιαδικόι Ασβεστόλιθοι Ζώνης Τρίτολης		Καρστικός	35.42	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΟΧΙ	

3.5 Εκτίμηση της ποιοτικής και ποσοτικής κατάστασης των υπόγειων υδατικών συστημάτων του ΥΔ Κρήτης¹

Στον Πίνακα 3.4 συνοψίζονται τα αποτελέσματα από τον αρχικό χαρακτηρισμό των υπόγειων υδατικών συστημάτων (ΥΥΣ), με βάση την χημική και ποσοτική αξιολόγησή τους. Από τα 91 υπόγεια υδατικά συστήματα του ΥΔ Κρήτης, τα 11 χαρακτηρίστηκαν σε κακή κατάσταση που οφείλεται σε ανθρωπογενή επίδραση.

Αναλυτικότερα, από τα 91 υπόγεια υδατικά συστήματα, τα 82 εμφανίζουν καλή ποιοτική κατάσταση και τα 9 κακή ποιοτική κατάσταση. Στο υδατικό διαμέρισμα της Κρήτης (Υ.Δ.) σήμερα εκτιμάται ότι η χρησιμοποιούμενη ετήσια ποσότητα ύδατος ανέρχεται στα 420 εκατ. κ.μ., ποσότητα που αντιστοιχεί στο 5,5% των μέσων κατακρημνισμάτων που δέχεται, και αναλύεται σε 78 εκατ. κ.μ. για ύδρευση (18,5%) και 342 εκατ. κ.μ. για άρδευση (81,5%). Από αυτά τα 27 εκατ. κ.μ. προέρχονται από επιφανειακά νερά (φράγματα- λιμνοδεξαμενές 6,4%) και τα υπόλοιπα 393 εκατ. κ.μ. από υπόγεια (93,6%).

Η μέση ετήσια προσφορά (θεωρητικά ετήσια ανανεώσιμα ύδατα) επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων ανέρχεται σε 2,86 δισ. κ.μ. νερού ενώ η επιθυμητή ζήτηση (κάλυψη των υδρευτικών αναγκών και άρδευση του 42% των καλλιεργούμενων εκτάσεων δηλ. των περιοχών που έχουν κατασκευασθεί δίκτυα) εκτιμάται ότι ανέρχεται μόλις στα 0,52 δισ. κ.μ.

Όμως η ιδιαίτερη γεωλογία, η γεωμορφολογία και οι κλιματολογικές συνθήκες του νησιού μετατρέπουν αυτό το θεωρητικά ισχυρό πλεόνασμα σε μικρότερο, λόγω της μη τεχνικοοικονομικής δυνατότητας για την αξιοποίησή του, το οποίο σε συνδυασμό με την έντονη εποχικότητα της προσφοράς και τη χωρική ανισοκατανομή των πόρων, έχει ως αποτέλεσμα κατά τόπους να εμφανίζονται αδυναμίες κάλυψης της υφιστάμενης ζήτησης. Ενδεικτικό των ιδιαιτεροτήτων της Κρήτης είναι το γεγονός ότι οι τρεις μεγάλες υφάλμυρες καρστικές πηγές της νήσου (Αλμυρός Γεωργιούπολης, Αλμυρός Ηρακλείου και Αλμυρός Αγίου Νικολάου) εκφορτίζουν σε μέση ετήσια βάση περί τα 450 εκατ. κ.μ., δηλαδή το 86% της συνολικής επιθυμητής ζήτησης και το 110% της πραγματικής σημερινής κατανάλωσης.

Η Δυτική Κρήτη εμφανίζει κατά μέσο ετήσιο όρο 11,9% μεγαλύτερη προσφορά νερού απ' ότι η Ανατολική, αλλά οι υδατικοί της πόροι είναι, για γεωλογικούς κυρίως λόγους, αξιοποιήσιμοι σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό (καρστικές πηγές με καλής ποιότητας νερό). Ωστόσο, προβλήματα διαθεσιμότητας νερού εμφανίζονται κατά τόπους και στη Δυτική Κρήτη.

Τώρα, ένα γενικό συμπέρασμα από την κατάσταση των υδροφόρων, όπως αυτοί αναλύονται στην παρούσα έκθεση, είναι ότι οι προσχωματικοί υδροφορείς εμφανίζουν υπερεκμετάλλευση με συνεχή και σημαντική πτώση στάθμης κατά τις καλοκαιρινές περιόδους των τελευταίων υδρολογικών ετών. Παρατηρούμε ότι οι αντλούμενες ποσότητες είναι μεγαλύτερες, ή στην καλύτερη περίπτωση ίσες, με τις ποσότητες που αναπληρώνουν τους υδροφορείς.

Αυτό το αρνητικό ισοζύγιο εισροών-εκροών έχει ως αποτέλεσμα την εκμετάλλευση των μόνιμων αποθεμάτων τους. Η συνέχιση αυτής της κατάστασης στην περίπτωση που θα ακολουθήσει πολύ ξηρό έτος ή αλληλουχία ξηρών ή μέσων υδρολογικών ετών θα έχει ως επίπτωση τη σημαντική

¹ Κριτωτάκης Μ., Παυλίδου Σ., 2013. Κατάσταση υπόγειων υδροφόρων Κρήτης. Αποκεντρωμένη Διοίκηση Κρήτης

μείωση των διαθέσιμων αντλούμενων ποσοτήτων νερού, με συνεπακόλουθες αρνητικές επιπτώσεις στο φυτικό κεφάλαιο και στην οικονομία της περιοχής. Αντίθετα, οι υδροφορείς των καρστικών συστημάτων εμφανίζουν καλή αναπλήρωση με εξαίρεση του παράκτιους υδροφορείς της ανατολικής Κρήτης.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Allocca, V. Manna, F. De Vita, P. 2014. Estimating annual groundwater recharge coefficient for karst aquifers of the southern Apennines (Italy). *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18, 803–817,
- Andjelov, M., Mikulič, Z., Tetzlaff, B., ože Uhan J., rank Wendland, F., 2016. Groundwater recharge in Slovenia Results of a bilateral German-Slovenian Research project. *Energie & Umwelt / Energy & Environment*, Band/ Volume 339
- Belan, R.A. & Matlock, W.G., 1973, Groundwater recharge from a portion of the Santa Catalina Mountains, in Boster, R.S., ed., *Hydrology and water resources in Arizona and the Southwest*, V. 3: American Water Resources Association, Arizona Section, and Arizona Academy of Science, Hydrology Section, Annual Meeting, Tucson, Ariz., 1973, Proceedings, 33-40.
- Bonacci, O., 2001. Monthly and annual effective infiltration coefficients in Dinaric karst: example of the Gradole karst spring catchment *Hydrological Sciences-J'ournal-des Sciences Hydrologiques*, 46(2) April 2001
- De Vries, J.J. and Simmers, I., 2002. Groundwater Recharge: An Overview of Processes and Challenges. *Hydrogeology Journal*, 10, 5-17.
- Healy, R.W., Cook, P.G., 2002. Using groundwater levels to estimate recharge. *Hydrogeology Journal* 10, 91–109).
- Horton, R. E., 1933. The Rôle of infiltration in the hydrologic cycle, *Eos Trans. AGU*, 14(1), 446– 460
- Jie, Z., van Heyden, J., Bendel, D., & Barthel, R., 2011. Combination of soil-water balance models and water-table fluctuation methods for evaluation and improvement of groundwater recharge calculations. *Hydrogeol J* 19, 1487–1502 (2011).
- Li, X. Y., Contreras, S., Solé-Benet, A., Cantón, Y., Domingo, D., Lázaro, R., Lin, H., Van Wesemael, B. and Puigdefábregas, J., 2010. Controls of infiltration–runoff processes in Mediterranean karst rangelands in SE Spain. *Catena* 86 (2011) 98–109
- Sanford, W., 2002. Recharge and groundwater models: an overview. *Hydrogeology Journal* 10, 110–120.
- Scanlon B. R., Healy R., W. Cook, P., G., 2002 Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge. *Hydrogeology Journal* (2002) 10:18–39
- Theis, C. V., 1935. The Relation between the Lowering of the Piezometric Surface and the Rate and Duration of Discharge of a Well Using Ground-Water Storage. The American Geophysical Union,
- Theis, C. V., 1937. Amount of ground-water recharge in the southern High Plains, *Eos Trans. AGU*, 18(2), 564– 568

Zagana E., Tserolas P., Floros G., Katsanou K., Andreo B., 2011. First outcomes from groundwater recharge estimation in evaporate aquifer in Greece with the use of APLIS method. In: Lambrakis N., Stournaras G., Katsanou K. (eds) *Advances in the Research of Aquatic Environment*. Environmental Earth Sciences. Springer, Berlin, Heidelberg

Zagana, E., Kuells Ch., Udluft P., and Constantinou C, 2007. Methods of groundwater recharge estimation in eastern Mediterranean—a water balance model application in Greece, Cyprus and Jordan *Hydrol. Process.* 21, 2405–2414.

ΕΓΥ, 2015. Σχέδιο διαχείρισης λεκανών απορροής ποταμών υδατικού διαμερίσματος Κρήτης (GR13), ΕΓΥ.

Κριτσωτάκης, Μ., Παυλίδου, Σ. 2013. Κατάσταση υπόγειων υδροφόρων Κρήτης. Αποκεντρωμένη Διοίκηση Κρήτης.

Ο.ΑΝ.Α.Κ - Εργαστήριο Αγροτικής Τεχνολογίας Ε.Μ.Π., 1994. Ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης υδατικών πόρων Αν. Κρήτης.

Παπαρηγορίου Σ., Καϊμάκη Σ., Παπαγεωργίου-Τορτοπίδη, Ν., Περλέρος Β., Λαζαρίδης & Σ/τες, 2001. Μελέτη Διαχείρισης υδατικών πόρων Κρήτης. Περιφέρεια Κρήτης.

Παρίτσης Σ. 2001. Υδρογεωλογική διερεύνηση και μελέτη διαχείρισης υδατικών πόρων του Δήμου Μαλίων. Οργανισμός Ανάπτυξης Ανατολικής Κρήτης.

Παρίτσης Σ. 2002. Προκαταρκτική θεώρηση των υδρογεωλογικών επιπτώσεων του Φράγματος Αποσελέμη στην υδρογεωλογική λεκάνη Γουβών – Χερσονήσου (Αδημοσίευτη έκθεση).

Παρίτσης Σ. 2003. Μελέτη Διαχείρισης των Πεδίων Εκμετάλλευσης της ΔΕΥΑΗ. Μέρος 2^ο προσωίση υπόγειων υδροφορέων. ΔΕΥΑΗ - Οργανισμός Ανάπτυξης Ανατολικής Κρήτης.

Περλέρος, Β., Παπαμαστοράκης, Δ., Κριτσωτάκης, Μ., Δρακοπούλου, Ε., & Παναγόπουλος, Α., 2004. GROUNDWATER POTENTIAL OF THE ISLAND OF CRETE. PROBLEMS AND PERSPECTIVES. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 36(4), 2048-2056

ΥΠΑΠΕ, 2017. Καινοτόμες Μεθοδολογίες Διαχείρισης Υδατικών Πόρων για την Προσαρμογή της Κλιματικής Αλλαγής και Διακυβέρνησης της Περιφέρειας Κρήτης (Aquamap). Τελική Έκθεση.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 3

Στοιχεία Μελέτης Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κρήτης (2000-2001)

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ - ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
ΝΟΜΟΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ**

A/A	Δήμος	Υδρευση m ³ /year	Κτηνοτροφία m ³ /year	Άρδευση m ³ /year	Ελαιουργεία m ³ /year	Βιομηχανίες & Βιοτεχνίες m ³ /year	Σύνολο m ³ /year
1	Αγίας Βαρβάρας	369,000	125,715	2,659,625	14,971		3,169,312
2	Αρκαλοχωρίου	1,100,000	164,629	12,239,100	54,781		13,558,509
3	Αρχανών	361,000	15,403	2,170,500	4,638		2,551,541
4	Αστερουσιών	652,000	147,081	21,860,500	30,859	6,000	22,696,440
5	Βιάννου	688,000	121,710	17,746,875	34,447		18,591,031
6	Γαζίου	1,282,000	50,722	4,126,500	8,235		5,467,457
7	Γοργοταίη	223,000	32,559	4,217,778	7,128	140,000	4,620,465
8	Γόρτυνας	570,000	67,862	18,422,835	27,286		19,087,983
9	Γουβών	900,000	40,994	5,619,000	13,473		6,573,466
10	Επισκοπής	250,000	41,109	5,933,885	7,479		6,232,473
11	Ζαρού	330,000	72,892	5,238,688	11,675	35,000	5,688,255
12	Ηρακλείου	13,341,000	152,284	9,121,375	18,732	1,067,280	23,700,671
13	Θραψανού	173,000	9,722	2,855,100	6,538		3,044,360
14	Καστελλίου	560,000	56,794	5,279,563	23,476	20,000	5,939,833
15	Κόφινα	505,000	143,596	14,820,125	24,308		15,493,029
16	Κρουσώνα	391,000	52,015	2,853,380	6,448		3,302,844
17	Μαλίων	1,160,000	38,904	1,889,375	5,252	30,000	3,123,531
18	Μοιρών	815,000	189,654	25,722,263	23,585		26,750,502
19	Νέας Αλικαρνασσού	1,030,000	3,528	697,125	1,167		1,731,820
20	Νίκου Καζαντζάκη	536,000	90,266	2,837,125	17,756		3,481,147

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ - ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
ΝΟΜΟΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ**

A/A	Δήμος	Υδρευση m ³ /year	Κτηνοτροφία m ³ /year	Άρδευση m ³ /year	Ελαιουργεία m ³ /year	Βιομηχανίες & Βιοτεχνίες m ³ /year	Σύνολο m ³ /year
21	Ρούβα	202,000	29,240	3,994,500	8,504	36,000	4,270,243
22	Τεμένους	230,000	52,642	7,676,750	7,946		7,967,338
23	Τετραχωρίου	152,000	14,506	1,598,845	3,801		1,769,152
24	Τυλίσου	367,000	92,605	2,700,063	12,188		3,171,855
25	Τυμπακίου	1,180,000	91,121	18,615,520	29,123		19,915,764
26	Χερσονήσου	2,785,000	22,584	2,017,188	10,711		4,835,483
	ΣΥΝΟΛΟ	30,152,000	1,920,135	202,913,581	414,508	1,334,280	236,734,503

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ - ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
ΝΟΜΟΣ ΧΑΝΙΩΝ**

A/A	Δήμος	Υδρευση m ³ /year	Κτηνοτροφία m ³ /year	Άρδευση m ³ /year	Ελαιουργεία m ³ /year	Βιομηχανίες & Βιοτεχνίες m ³ /year	Σύνολο m ³ /year
1	Ακρωτηρίου	871,000	50,165	4,581,938	6,648		5,509,750
2	Ανατολικού Σελίνου	165,000	68,085	1,021,188	7,716		1,261,988
3	Αρμένων	365,000	64,467	4,309,913	9,468	636,000	5,384,848
4	Βάμου	235,000	61,605	1,668,495	7,302		1,972,402
5	Βουκολιών	238,000	145,194	7,587,415	18,050		7,988,659
6	Γεωργιουπόλεως	345,000	58,716	4,650,600	5,237		5,059,553
7	Ελευθερίου Βενιζέλου	854,000	15,884	6,235,760	4,788		7,110,431
8	Θερίσου	634,000	50,436	8,663,275	7,965	149,500	9,505,176
9	Ινναχωρίου	125,000	60,451	3,014,050	12,759		3,212,260

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ - ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
ΝΟΜΟΣ ΧΑΝΙΩΝ**

A/A	Δήμος	Υδρευση m ³ /year	Κτηνοτροφία m ³ /year	Άρδευση m ³ /year	Ελαιουργεία m ³ /year	Βιομηχανίες & Βιοτεχνίες m ³ /year	Σύνολο m ³ /year
10	Κανιάνου	122,000	61,507	3,142,750	8,485		3,334,743
11	Κεραμίων	145,000	133,646	454,188	8,331		741,165
12	Κισιάμου	601,000	83,697	7,551,133	22,041		8,257,870
13	Κολυμπιταρίου	532,000	74,640	8,573,175	22,160		9,201,976
14	Κρουονερίδας	143,000	125,269	1,456,800	8,218	96,000	1,829,287
15	Μουσούρων	350,000	108,545	11,106,472	25,289		11,590,307
16	Μυθήμνης	247,000	43,254	9,509,438	16,195	5,000	9,820,886
17	Νέας Κυδωνίας	1,763,000	32,602	4,383,340	5,943		6,184,885
18	Πελεκάνου	514,000	54,286	2,148,675	10,129		2,727,090
19	Πλατανιά	800,000	26,649	14,522,589	18,562		15,367,800
20	Σούδας	894,000	13,403	1,176,203	1,965		2,085,571
21	Σφακίων	239,000	254,128	2,689,303	4,365		3,186,796
22	Φρε	90,000	44,792	306,850	4,022		445,664
23	Χανίων	7,150,000	19,825	101,563		572,000	7,843,387
24	Κ.Αση Γωνιάς	39,000	51,060	4,250	624		94,934
25	Κ.Γαύδου	8,000	4,224	38,125			50,349
	ΣΥΝΟΛΟ	17,469,000	1,706,531	108,897,484	236,261	1,458,500	129,767,776

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ - ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
ΝΟΜΟΣ ΛΑΣΙΘΙΟΥ**

A/A	Δήμος	Υδρευση m ³ /year	Κτηνοτροφία m ³ /year	Άρδευση m ³ /year	Ελαιουργεία m ³ /year	Βιομηχανίες & Βιοτεχνίες m ³ /year	Σύνολο m ³ /year
1	Αγίου Νικολάου	3,304,500	141,859	7,057,555	29,598		10,533,512
2	Ιεράπετρας	2,402,000	173,540	35,418,974	40,971		38,035,485
3	Ιτάνου	261,000	58,621	7,308,238	9,347		7,637,205
4	Λεύκης	215,000	26,240	5,065,650	6,014		5,312,904
5	Μακρού Γιαλού	734,000	43,949	7,751,563	13,946		8,543,457
6	Νεάπολης	771,000	112,494	4,426,285	18,194	10,000	5,337,973
7	Οροπεδίου Λασιθίου	304,000	71,883	8,682,375	316		9,058,574
8	Σητείας	1,299,000	75,795	12,953,530	24,578	103,920	14,456,823
	ΣΥΝΟΛΟ	9,290,500	704,380	88,664,169	142,965	113,920	98,915,934

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ - ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
ΝΟΜΟΣ ΡΕΘΥΜΝΗΣ**

Α/Α	Δήμος	Υδρευση m ³ /year	Κτηνοτροφία m ³ /year	Άρδευση m ³ /year	Ελαιουργεία m ³ /year	Βιομηχανίες & Βιοτεχνίες m ³ /year	Σύνολο m ³ /year
1	Ανωγείων	317,000	470,648	128,250	3,042		918,940
2	Αρκαδίου	900,000	133,307	4,922,063	17,408		5,972,778
3	Γεροποτάμου	882,000	240,135	10,937,063	33,182		12,092,380
4	Κουλούκωνα	431,000	256,778	4,062,188	15,834		4,765,800
5	Κουρητών	190,000	107,317	1,620,615	7,721		1,925,653
6	Λάμπης	743,000	101,527	3,697,188	19,984		4,561,699
7	Λαππαιών	365,000	74,683	3,499,750	2,233		3,941,666
8	Νικηφόρου Φωκιά	470,000	179,361	2,629,500	8,049		3,286,909
9	Ρεθύμνης	3,365,000	93,241	1,502,000	9,982	269,200	5,239,423
10	Συβρίτου	264,000	101,047	1,477,188	8,869		1,851,104
11	Φοίνικα	500,000	84,374	4,667,355	9,909		5,261,638
	ΣΥΝΟΛΟ	8,427,000	1,842,417	39,143,159	136,214	269,200	49,817,990

4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ - ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥΣ ΔΕΙΚΤΕΣ

4.1 Το φαινόμενο της ξηρασίας

Η ξηρασία είναι ένα από τα φυσικά φαινόμενα που συνδέονται άμεσα με τη μείωση του διαθέσιμου καθαρού νερού στο περιβάλλον. Οι επιπτώσεις της στο περιβάλλον γενικά, αλλά και στη ζωή των ανθρώπων ειδικότερα, μπορεί να είναι εξαιρετικά σημαντικές. Αυτό οδηγεί συχνά στην αντιμετώπιση της ξηρασίας ως «φυσικού κινδύνου» παρά ως φαινομένου. Από την ανθρώπινη σκοπιά, η ξηρασία εμπίπτει απόλυτα στον συνήθη ορισμό του φυσικού κινδύνου, που θεωρείται ως «η κατάσταση που έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει γεγονός το οποίο θα έχει επικίνδυνη επίδραση στους ανθρώπους, προερχόμενη από τις φυσικές διαδικασίες του περιβάλλοντος, που μπορεί να συσχετίζεται ή και να προέρχεται από άλλους φυσικούς κινδύνους». Η φυσική καταστροφή, που αποτελεί το επακόλουθο του φυσικού κινδύνου, μπορεί στην περίπτωση της ξηρασίας να παρουσιαστεί με την υποβάθμιση του περιβάλλοντος, την κοινωνική και οικονομική αποδιοργάνωση μιας περιοχής, την απώλεια περιουσίας, αλλά κόμη και τον τραυματισμό ή το θάνατο των ανθρώπων.

Η ξηρασία είναι μια ιδιαίτερη φυσική καταστροφή. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι δεν επηρεάζει άμεσα τις τεχνικές υποδομές, με αποτέλεσμα οι επιπτώσεις της να μην είναι άμεσα αντιληπτές ή εμφανείς σε μικρό χρονικό διάστημα από την έναρξη του φαινομένου. Το αποτέλεσμα είναι οι άνθρωποι να μην αντιλαμβάνονται τις επιπτώσεις της ξηρασίας, τουλάχιστον στις περιπτώσεις που δεν ακολουθεί κάποια άλλη σημαντική καταστροφή, όπως ο λιμός στην Αφρικανική Ήπειρο ή οι μεγάλες πυρκαγιές (wild fires). Ήδη από το 1947, ο Ivan Ray Tannehill προσπάθησε να αποδώσει αυτή την ιδιαιτερότητα της ξηρασίας γράφοντας χαρακτηριστικά: «σέρνεται προς τα πάνω μας σταδιακά, σχεδόν μυστηριωδώς, αλλά οι επιπτώσεις της είναι μια τραγική πραγματικότητα. Η ξηρασία είναι το καλύτερο παράδειγμα της ανικανότητας της ανθρωπότητας μπροστά στα ευρείας κλίμακας φυσικά φαινόμενα» (Tannehill, 1947). Η «υφέρπουσα» ξηρασία καθιερώθηκε ως όρος στην επιστημονική κοινότητα της ξηρασίας (π.χ. Vlachos, 1982; Wilhite, 1993; Tsakiris *et al.*, 2013) και όχι μόνο (Prud'homme, 2011), ως η πιο χαρακτηριστική λέξη που περιγράφει το φαινόμενο.

Μια άλλη παράμετρος που συμβάλλει στην ιδιαιτερότητα της, είναι η μεγάλη σχετικά διάρκεια των γεγονότων ξηρασίας με αποτέλεσμα να μην είναι εύκολα διακριτά τα διάφορα γεγονότα μεταξύ τους, δημιουργώντας έτσι την αντίληψη ότι πρόκειται για σπάνια φαινόμενα σε σχέση με άλλες καταστροφές που συμβαίνουν με μεγαλύτερη συχνότητα. Για παράδειγμα, τη δεκαετία του 1990, που παρατηρήθηκαν έντονα

φαινόμενα ξηρασίας τουλάχιστον στις χώρες της Νότιας Ευρώπης, η ξηρασία εμφανίζεται στις χώρες αυτές σε ποσοστό μικρότερο του 10% του συνόλου των φυσικών καταστροφών που καταγράφηκαν τη συγκεκριμένη περίοδο.

Παρά όμως τον μικρό αριθμό καταγεγραμμένων γεγονότων ξηρασίας, η ξηρασία αποτελεί τη δυσμενέστερη καταστροφή τόσο σε οικονομικό επίπεδο όσο και από την πλευρά του αριθμού ανθρώπων που υφίστανται την καταστροφή. Η συνήθης σύγκριση γίνεται με τα πλημμυρικά γεγονότα, που αποτελούν τη φυσική καταστροφή στο «αντιδιαμετρικό» άκρο των κλιματικών συνθηκών. Ενδεικτικά, για τη δεκαετία του 1990 στη Νότια Ευρώπη έχουν καταγραφεί 8 γεγονότα ξηρασίας (περίπου 10% του συνόλου των φυσικών καταστροφών) και 22 γεγονότα πλημμύρας (περίπου 25% του συνόλου των φυσικών καταστροφών). Αν και τα γεγονότα πλημμύρας είναι 2.5 φορές περισσότερα από αυτά της ξηρασίας, η οικονομική ζημιά που έχει καταγραφεί είναι της ίδιας τάξης (περίπου 30% του συνόλου των ζημιών από φυσικές καταστροφές τόσο για το σύνολο των γεγονότων πλημμύρας όσο και για το σύνολο των γεγονότων ξηρασίας), ενώ στην περίπτωση των ανθρώπων που επηρεάζονται τα μεγέθη είναι εντυπωσιακά. Τα γεγονότα ξηρασίας επηρέασαν τη ζωή του 95% περίπου του πληθυσμού, με τις πλημμύρες να επηρεάζουν μόλις το 2% περίπου. Αξίζει να σημειωθεί ότι η χειρότερη ξηρασία του 20^{ου} αιώνα έχει καταγραφεί στη Λαϊκή Δημοκρατία της Κίνας το 1928, η οποία στερησε τη ζωή σε περίπου τρία εκατομμύρια ανθρώπους (Guha-Sapir *et al.*, 2004).

Η ξηρασία αποτελεί και στον Ελληνικό χώρο μια από τις πιο δαπανηρές καταστροφές, με τα στατιστικά στοιχεία να ακολουθούν σε γενικές γραμμές αυτά της Νότιας Ευρώπης. Για την ξηρασία 1987- 1993 οι ζημιές εκτιμήθηκαν σε περίπου ένα εκατομμύριο δολάρια, όταν η δεύτερη πιο δαπανηρή καταστροφή ήταν οι πυρκαγιές με περίπου τριακόσια σαράντα χιλιάδες δολάρια ανά γεγονός και φυσικά οι σεισμοί με περίπου διακόσιες σαράντα χιλιάδες δολάρια ανά γεγονός. Τα στοιχεία αυτά δύσκολα γίνονται αντιληπτά στο ευρύ κοινό, αφού η ξηρασία δεν αποτελεί μια «θεαματική» καταστροφή και συνήθως δεν έλκει τα φώτα της δημοσιότητας.

4.2 Ορισμοί της ξηρασίας

Μοναδικός και καθολικά αποδεκτός ορισμός της ξηρασίας δεν υπάρχει. Η ξηρασία αποτελεί ίσως το πιο δύσκολο στην κατανόησή του φυσικό φαινόμενο. Από τη μέση σχεδόν του 20^{ου} αιώνα η επιστημονική κοινότητα έχει εκφράσει τις δυσκολίες που εμφανίζονται ακόμη και στη διατύπωση ενός επαρκούς ορισμού για την περιγραφή του φαινομένου. Είναι χαρακτηριστικό, όπως αναφέρει ο Palmer (1965), ότι στις πρώτες περιόδους ενασχόλησης των επιστημόνων με την ξηρασία υπήρχαν διαφωνίες όχι μόνο σε σχέση με τη σημασία τις ίδιας της (αγγλικής) λέξης “drought”, αλλά ακόμη και σε σχέση με την προφορά και την ορθογραφία της. Ο Yevjevich (1967)

αναφέρει ότι η έλλειψη ενός γενικά αποδεκτού και ταυτόχρονα ακριβούς και αντικειμενικού ορισμού της ξηρασίας αποτελεί το μεγαλύτερο εμπόδιο τόσο στην έρευνα όσο και στο σχεδιασμό αντιμετώπισής της. Αξίζει να σημειωθεί ότι το πλήθος των καταγεγραμμένων στη βιβλιογραφία ορισμών που συγκέντρωσαν οι Wilhite & Glantz (1985) ξεπερνά τους 150.

Συχνά το ευρύ κοινό και ο περιοδικός τύπος (κυρίως λόγω της αδιαφορίας τους για το φαινόμενο) χρησιμοποιούν τον όρο ξηρασία με ποιο συνεπή τρόπο σε σχέση με τους επιστήμονες που εργάζονται στο συγκεκριμένο αντικείμενο. Ο όρος ξηρασία δεν εμφανίζεται συνήθως στον ημερήσιο τύπο έως ότου μια περιοχή έχει πλέον υποστεί μια ασυνήθιστα έντονη μείωση της εδαφικής υγρασίας για μια παρατεταμένη χρονική περίοδο. Παρά τις διαφορές που υπάρχουν, φαίνεται ότι οι άνθρωποι στις περιοχές με υγρό κλίμα εννοούν το ίδιο, όταν αναφέρονται στην ξηρασία, με τους ανθρώπους που κατοικούν σε ξηρές ή ημίξηρες περιοχές, δηλαδή ότι το έλλειμμα εδαφικής υγρασίας έχει αρχίσει να επηρεάζει αισθητά την υπάρχουσα οικονομία της περιοχής τους. Λαμβάνοντας υπόψη αυτές τις προσεγγίσεις, ένας ορισμός που μπορεί να διατυπωθεί ως μια αρχική προσέγγιση για γενική χρήση του όρου θα περιέγραφε την ξηρασία ως μια παρατεταμένη μη φυσιολογική ανεπάρκεια υγρασίας.

Η ξηρασία εξαρτάται σημαντικά από τον τόπο και τον χρόνο εμφάνισής της. Ο ορισμός της ξηρασίας υπό αυτό το πρίσμα θα πρέπει να συνδέεται με την υπό μελέτη γεωγραφική περιοχή και να συσχετίζεται με συγκεκριμένη εφαρμογή του φαινομένου (Tate and Gustard, 2000). Στη διεθνή βιβλιογραφία ωστόσο, συναντώνται αρκετοί γενικοί ορισμοί για το φαινόμενο της ξηρασίας. Ένας από τους περιεκτικότερους χαρακτηρίζει την ξηρασία ως μια «ελάττωση της διαθεσιμότητας νερού σε συγκεκριμένη περιοχή κατά τη διάρκεια συγκεκριμένης χρονικής περιόδου» (Beran and Rodier, 1985). Ένας ορισμός της ξηρασίας πιο εστιασμένος στα υδατικά συστήματα παρουσιάζει την ξηρασία ως το φαινόμενο κατά τη διάρκεια εμφάνισης του οποίου το υδατικό σύστημα βρίσκεται κάτω από ένα κρίσιμο επίπεδο σε σχέση με την κανονική του λειτουργία (Correia et al., 1991). Ενδιαφέρον παρουσιάζουν επίσης και οι ορισμοί που υιοθετούνται από μεγάλους οργανισμούς. Σύμφωνα με τους Mishra and Singh (2010), ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (World Meteorological Organisation, WMO) ορίζει την ξηρασία ως μια «συνεχή, εκτεταμένη ανεπάρκεια βροχόπτωσης». Ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών (σύμφωνα με τη Συνθήκη για την Καταπολέμηση της Ερημοποίησης) ορίζει την ξηρασία ως «το φυσικό φαινόμενο που υπάρχει όταν οι βροχοπτώσεις βρίσκονται σημαντικά κάτω από τα κανονικά επίπεδα που έχουν καταγραφεί, προκαλώντας σοβαρές υδρολογικές ανισορροπίες που επηρεάζουν δυσμενώς τα συστήματα παραγωγής χερσαίων πόρων». Ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας (Food and Agriculture Organization, FAO) των Ηνωμένων Εθνών ορίζει την ξηρασία ως «το ποσοστό των ετών, κατά το οποίο οι καλλιέργειες αποτυγχάνουν από την έλλειψη υγρασίας». Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι οι ορισμοί της ξηρασία ποικίλουν και ανάλογα με τη μεταβλητή που

χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ξηρασία. Για παράδειγμα, οι Paulo and Pereira (2009) περιγράφουν την ξηρασία ως «μια φυσική, αλλά προσωρινή ανισορροπία της διαθεσιμότητας νερού».

Η ξηρασία γίνεται πιο κατανοητή μέσα από τις επιπτώσεις της. Θεωρείται επομένως πιο εύκολο να οριστεί, συνδεδεμένη με τους διαφορετικούς χώρους και καταστάσεις που επηρεάζει. Είναι προφανές ότι η ξηρασία σημαίνει διαφορετικά πράγματα σε διαφορετικούς ανθρώπους. Για τον αγρότη, ξηρασία είναι ανεπάρκεια υγρασίας στη ζώνη του ριζοστρώματος των καλλιεργειών του. Για τον υδρολόγο, σημαίνει επίπεδα νερού κάτω του μέσου όρου στα ποτάμια, τις λίμνες και τους ταμιευτήρες. Για τον οικονομολόγο, σημαίνει την κατάσταση έλλειψης νερού που μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στην υπάρχουσα οικονομία. Από αυτή την οπτική γωνία η ξηρασία μπορεί να διαχωριστεί σε τέσσερις βασικούς τύπους, τη μετεωρολογική, την υδρολογική, τη γεωργική (ή ξηρασία της βλάστησης) και την κοινωνικο-οικονομική ξηρασία. Είναι γνωστό ότι η τελευταία προστέθηκε σχετικά αργότερα. Οι επιπτώσεις του φαινομένου συχνά θεωρούνται πιο έντονες όταν καταλήγουν να είναι δυσάρεστες για τους ανθρώπους επηρεάζοντας τις κοινωνικές δομές και την οικονομική τους ισορροπία, παρά όταν επηρεάζουν μόνο το φυσικό περιβάλλον. Φυσικά, σύμφωνα με την αντίληψη ότι η ξηρασία είναι φυσικό φαινόμενο, η κοινωνικο-οικονομική ξηρασία δεν μπορεί να αποτελεί τύπο ξηρασίας και συχνά παραλείπεται.

Κατά την προσπάθεια διατύπωσης του ορισμού της ξηρασίας είναι σημαντικό να διαχωρίσουμε τους ορισμούς σε δύο είδη: τους εννοιολογικούς ορισμούς και τους διαχειριστικούς ορισμούς (Wilhite and Glantz, 1985). Εννοιολογικοί αποκαλούνται οι ορισμοί που προσδιορίζουν τα όρια στα οποία κινείται η ουσία της ξηρασίας και παρουσιάζουν μια γενικευμένη περιγραφή του φαινομένου. Είναι οι ορισμοί που συνήθως δίνονται από τα ερμηνευτικά λεξικά, όπως εκφράσεις του τύπου «ξηρασία είναι μια μεγάλη περίοδος χωρίς βροχή κυρίως κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου». Από την άλλη πλευρά, οι διαχειριστικοί ορισμοί προσπαθούν να προσδιορίσουν την έναρξη, τη λήξη και τη σφοδρότητα των περιόδων ξηρασίας (NDMC, 1995). Οι ορισμοί αυτοί χρησιμοποιούνται επίσης στην ανάλυση της συχνότητας, της διάρκειας και της έντασης της ξηρασίας. Οι διαχειριστικοί ορισμοί είναι συχνά προσαρμοσμένοι σε συγκεκριμένες μορφές ξηρασίας και σε συγκεκριμένες μορφές αντιμετώπισής της.

Για να ξεπεραστεί το εμπόδιο της έλλειψης ορισμού και καθώς το κύριο αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι η «κατάρτιση σχεδίου δράσης για την αντιμετώπιση της ξηρασίας», θα χρησιμοποιηθεί στη συγκεκριμένη περίπτωση ένας διαχειριστικός ορισμός σύμφωνα με τον οποίο «ξηρασία είναι μια παροδική «τυχαία» κατάσταση σημαντικής μείωσης της διαθεσιμότητας καθαρού νερού (σε σύγκριση με τη μέση τιμή), που διατηρείται για σημαντικό χρονικό διάστημα σε μια εκτεταμένη γεωγραφική περιοχή».

4.3 Αναγνώριση - Ταυτοποίηση της ξηρασίας

«Πότε μια ξηρασία είναι ξηρασία» αναρωτιούνται οι Glantz & Katz (1977), στην προσπάθειά τους να επισημάνουν τη δυσκολία στην αναγνώριση της ξηρασίας. Είναι αλήθεια ότι η εμφάνιση του φαινομένου ακολουθείται συχνά από σύγχυση, τόσο των επιστημόνων όσο κυρίως των υπευθύνων για τη λήψη αποφάσεων και τη χάραξη πολιτικής, σχετικά με το κατά πόσο η συγκεκριμένη περίπτωση εμπίπτει ή όχι σε κάποιον αποδεκτό ορισμό της ξηρασίας, καθώς και πόσο έντονη είναι η συγκεκριμένη ξηρασία. Αυτό οφείλεται, όπως έχει ήδη αναφερθεί, σε μεγάλο βαθμό στην έλλειψη ενός επαρκούς ορισμού του φαινομένου με κατανοητούς όρους. Ωστόσο η ξηρασία είναι μια περίπλοκη φυσική καταστροφή. Οι επιπτώσεις της συσσωρεύονται αργά για μια μεγάλη χρονική περίοδο και συχνά παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα μετά τον τερματισμό του φαινομένου, κάνοντας πολύ δύσκολο τον ακριβή προσδιορισμό της έναρξης και λήξης του φαινομένου. Επίσης, είναι λιγότερο εμφανείς σε σχέση με τις επιπτώσεις άλλων φυσικών καταστροφών (π.χ. πλημμυρών) και εκτείνονται σε πολύ μεγάλης έκτασης περιοχές. Το γεγονός δε ότι σπάνια οι ξηρασίες επηρεάζουν δομικές κατασκευές και υποδομές, κάνει τους πολίτες να κατανοούν ακόμη πιο δύσκολα τις επιπτώσεις της ξηρασίας και τους ειδικούς να δυσκολεύονται τόσο στην έγκυρη και έγκαιρη εκτίμηση της δριμύτητάς αλλά και των επιπτώσεων της ξηρασίας, όσο και στο σχεδιασμό μέτρων και έργων προληπτικής αντιμετώπισης ή μετριασμού των επιπτώσεων.

Η ξηρασία είναι επίσης μια φυσική διακύμανση του κλίματος, που παρουσιάζεται σχεδόν σε όλους τους κλιματικούς τύπους. Συμβαίνει τόσο σε υψηλής όσο και σε χαμηλής βροχόπτωσης περιοχές. Για τους περισσότερους ανθρώπους είναι πολύ δύσκολο να φανταστούν φαινόμενα ξηρασίας στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη, τη Βραζιλία ή τη νοτιοανατολική Ασία, ενώ συνδέουν την ξηρασία με την κατάσταση που παρουσιάζεται στην Αφρική, την Ινδία και την Αυστραλία. Η διαφορά ωστόσο ανάμεσα στην ξηρασία και την ξηρότητα, που αποτελεί σταθερό χαρακτηριστικό του κλίματος των περιοχών με χαμηλή βροχόπτωση, είναι από τα σημαντικότερα σημεία που πρέπει να αποσαφηνιστούν. Η ξηρασία είναι ένα φαινόμενο που μπορεί να παρουσιαστεί ακόμη και σε περιοχές με πολύ υγρό κλίμα, αν και οι άνθρωποι των περιοχών αυτών συνήθως αποκαλούν το φαινόμενο «πράσινη ξηρασία», καθώς τη συνδέουν με την ελάττωση της αγροτικής παραγωγής τόσο εξαιτίας της μείωσης της βροχόπτωσης όσο κυρίως λόγω της εμφάνισης της βροχής σε χρονικές στιγμές που δεν βοηθούν τις καλλιέργειες.

Είναι τέλος σημαντικό να γίνει ξεκάθαρη η διαφορά αλλά και η σχέση της ξηρασίας με άλλες σχετικές καταστάσεις ή φυσικά φαινόμενα τα οποία συχνά συγχέονται με αυτή. Οι συνηθέστερες φυσικές ή ανθρωπογενείς διεργασίες που εξαιτίας της σύνδεσής τους με την διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων συγχέονται μερικώς επικαλύπτονται με την ξηρασία είναι η ξηρότητα (aridity), η ερημοποίηση

(desertification), την λειψυδρία (water scarcity) και την υδατική ανεπάρκεια (water shortage). Αξίζει να σημειωθεί ότι ο όρος λειψυδρία χρησιμοποιείται συχνά για να περιγράψει όλες τις διεργασίες που σχετίζονται με το έλλειμμα σε νερό, ενώ μια πιο ακριβής προσέγγιση χαρακτηρίζει τη λειψυδρία ως μόνιμη (water scarcity) ή παροδική (water shortage).

Η ξηρότητα είναι ένα φυσικό μόνιμο χαρακτηριστικό του κλίματος μιας περιοχής, που χαρακτηρίζεται κυρίως από τα πολύ χαμηλά μέσα ετήσια ή εποχιακά κατακρημνίσματα, με υψηλή χωρική και χρονική διακύμανση. Η ξηρότητα επιφέρει χαμηλή συνολική υγρασία και υποβαθμίζει την ικανότητα ενός οικοσυστήματος. Σε συνθήκες ξηρότητας παρατηρούνται ακραίες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και το υδρολογικό καθεστώς χαρακτηρίζεται από μεγάλες διακυμάνσεις στις απορροές, αιφνίδιες πλημμύρες (flash floods) και μεγάλες περιόδους με πολύ χαμηλές ή μηδενικές απορροές. Η λειψυδρία (ή ακριβέστερα η μόνιμη λειψυδρία) αποτελεί μια επίσης μόνιμη κατάσταση ανισορροπίας μεταξύ της διαθεσιμότητας υδατικών πόρων και ζήτησης νερού σε μια περιοχή ή ένα υδατικό σύστημα που χαρακτηρίζεται από ξηρό κλίμα ή/και ραγδαία αύξηση της ζήτησης σε νερό, που σχετίζεται με διαδικασίες όπως η αύξηση του πληθυσμού, η επέκταση των αρδευόμενων καλλιεργειών κλπ. Η υδατική ανεπάρκεια (ή ακριβέστερα παροδική λειψυδρία) από την άλλη πλευρά είναι μια προσωρινή, κυρίως ανθρωπογενής ανισορροπία του υδατικού συστήματος. Η ανεπάρκεια σε ένα σύστημα υδροδότησης για παράδειγμα, είναι το έλλειμμα προσφερόμενου νερού σε σχέση με τη ζήτηση, που μπορεί να προκύψει από κάποιο φυσικό φαινόμενο όπως η ξηρασία, αλλά εμφανίζεται κυρίως λόγω της κακής διαχείρισης των υδατικών πόρων, της κακής ποιότητας του προσφερόμενου νερού, των προβληματικών υπηρεσιών παροχής νερού κλπ. Τέλος, ερημοποίηση είναι η μόνιμη υποβάθμιση των εδαφών σε περιοχές με κυρίως ξηρό ή ημί-ξηρο κλίμα, που προκαλείται κυρίως από την υπερεκμετάλλευση ή την ακατάλληλη χρήση των εδαφών των περιοχών αυτών σε συνάρτηση με τις κλιματικές μεταβολές. Η διάβρωση του εδάφους και αύξηση της αλατότητας συνήθως συνδέονται με την ερημοποίηση. Η ξηρασία επιδεινώνει σημαντικά τη διαδικασία της ερημοποίησης, αυξάνοντας την πίεση στους ήδη μειωμένους επιφανειακούς και υπόγειους υδατικούς πόρους.

Σημαντικό στοιχείο για την κατανόηση των διεργασιών που σχετίζονται με τη διαθεσιμότητα νερού είναι ο διαχωρισμός τους αφενός σε μόνιμες ή προσωρινές και αφετέρου σε φυσικές ή ανθρωπογενείς. Η ξηρασία και η υδατική ανεπάρκεια είναι προσωρινές διεργασίες με την ξηρασία να κατατάσσεται στα φυσικά φαινόμενα ενώ η υδατική ανεπάρκεια στα ανθρωπογενή. Από την άλλη πλευρά τόσο η ξηρότητα όσο και η λειψυδρία και η ερημοποίηση είναι μόνιμες καταστάσεις, με την ξηρότητα να κατατάσσεται στις φυσικές διεργασίες, ενώ η ερημοποίηση και η λειψυδρία θεωρούνται κυρίως ανθρωπογενείς.

Σύμφωνα με τον διαχειριστικό ορισμό που διατυπώθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, οι λέξεις κλειδιά για την αναγνώριση της ξηρασίας είναι «σημαντική

μείωση διαθεσιμότητας» σε «σημαντικό χρονικό διάστημα» και «εκτεταμένη περιοχή». Είναι προφανές ότι η ερμηνεία αυτών των χαρακτηριστικών είναι υποκειμενική. Η συστηματική ωστόσο ανάλυση του φαινομένου απαιτεί μια πιο ξεκάθαρη προσέγγιση των χαρακτηριστικών της ξηρασίας. Τόσο για τη διαχείριση της ξηρασίας, όσο και για τη σύνταξη των σχεδίων ετοιμότητας με στόχο τόσο την λήψη προληπτικών μέτρων όσο και για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων του φαινομένου, απαιτείται η αναγνώριση τουλάχιστον τριών βασικών χαρακτηριστικών, γνωστών ως διαστάσεων της ξηρασίας: της έντασης, της διάρκειας και της χωρικής έκτασης.

Η ένταση αναφέρεται στο βαθμό του ελλείμματος βροχόπτωσης ή αντίστοιχα στη δριμύτητα των επιδράσεων λόγω της έλλειψης αυτής. Μπορεί να μετρηθεί με σημείο αναφοράς κάποια μέση ή συνήθη τιμή. Η επιλογή αυτής της τιμής, του κατωφλιού δηλαδή, κάτω από την οποία θα πρέπει να πέσει η βροχόπτωση για να θεωρήσουμε ότι παρουσιάζεται το φαινόμενο της ξηρασίας συνήθως επιλέγεται αυθαίρετα, αν και ουσιαστικά θα έπρεπε να συνδέεται με τις επιπτώσεις. Η ανάπτυξη των «δεικτών ξηρασίας» που θα αναπτυχθούν σε επόμενη παράγραφο αντιμετωπίζει με τον καλύτερο τρόπο το συγκεκριμένο πρόβλημα.

Η διάρκεια, ορίζεται ως ο αριθμός των συνεχόμενων χρονικών περιόδων κατά τα οποία παρουσιάζεται το φαινόμενο της ξηρασίας. Η ξηρασία συνήθως χρειάζεται δύο με τρεις μήνες για να εγκατασταθεί, αλλά στη συνέχεια μπορεί να συνεχιστεί ακόμη και για αρκετά συνεχόμενα χρόνια (Tsakiris *et al.*, 2010). Η σπουδαιότητα των επιδράσεων της ξηρασίας έχει άμεση σχέση με τη χρονική στιγμή της έναρξης του φαινομένου, αλλά και τη χρονική κατανομή της μείωσης των βροχοπτώσεων. Διαφορετικό σημείο έναρξης και χρονική κατανομή μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικές επιπτώσεις και διαφορετικούς τύπους ξηρασίας. Ο προσδιορισμός της διάρκειας ενός φαινομένου ξηρασίας παραμένει σημαντικό πρόβλημα, καθώς δεν υπάρχει ευρέως αποδεκτή μέθοδος αντικειμενικού προσδιορισμού της διάρκειας. Η χρήση «περιόδων αναφοράς» της ξηρασίας φαίνεται να είναι η καλύτερη λύση του συγκεκριμένου προβλήματος (Tsakiris *et al.*, 2007).

Η χωρική έκταση της ξηρασίας είναι ένα ακόμη χαρακτηριστικό που διαφοροποιεί τις ξηρασίες. Τα φαινόμενα ξηρασίας που μπορούν να χαρακτηριστούν σημαντικά, συχνά αναπτύσσονται σε χωρικό επίπεδο σταδιακά με την πάροδο του χρόνου, με τις περιοχές μέγιστης ξηρασίας να διαφέρουν από εποχή σε εποχή. Σε χώρες με μεγάλη έκταση είναι πολύ δύσκολο οι περιοχές που πλήττονται από ξηρασία να περιλαμβάνουν ολόκληρη τη χώρα. Σε σχετικά μικρές χώρες, όπως και η Ελλάδα, είναι πιθανό ολόκληρη η χώρα να επηρεαστεί σε μια περίπτωση ακραίας ξηρασίας. Εναλλακτικές λύσεις για την εκτίμηση της χωρικής έκτασης αποτελούν η διακριτοποίηση σταθερού βήματος (Tsakiris *et al.*, 2007) και η χρήση των λεκανών απορροής (Tsakiris, 2008).

Εκτός από τον προσδιορισμό των κύριων χαρακτηριστικών της ξηρασίας είναι σημαντικό να εκτιμηθεί και η δυνατότητα του συστήματος που πλήττεται από ξηρασία με τα συγκεκριμένα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά, να αντεπεξέλθει στον κίνδυνο. Καθώς η δυνατότητα αυτή του συστήματος σχετίζεται άμεσα με την ένταση των επιπτώσεων του φαινομένου, η εικόνα ενός συστήματος που πλήττεται από ξηρασία μπορεί να παρουσιάζεται διαφορετική σε κάθε περιοχή, παρά το γεγονός ότι οι διαστάσεις της ξηρασίας εμφανίζουν ίδιας τάξης τιμές στα διαφορετικά συστήματα. Για το σκοπό αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες έννοιες που σχετίζονται με τη διακινδύνευση (risk). Οι πιο συνηθισμένες από αυτές είναι η αξιοπιστία (reliability), η διάρκεια επαναφοράς (resilience) και η τρωτότητα (vulnerability) του συστήματος (Hashimoto *et al.*, 1982; Jino, 1995; Rossi *et al.*, 2005). Η αξιοπιστία αποτελεί μέτρο του κατά πόσο το σύστημα βρίσκεται σε ικανοποιητική κατάσταση, η διάρκεια επαναφοράς αφορά στην ταχύτητα με την οποία το σύστημα επανέρχεται σε ικανοποιητική κατάσταση μετά από κάποια αστοχία, ενώ η τρωτότητα σχετίζεται με το πόσο ευάλωτο είναι ένα σύστημα στον κίνδυνο «ξηρασία».

4.4 Εκτίμηση της ξηρασίας

Η εκτίμηση της ξηρασίας γίνεται δυνατή μέσα από την ποσοτικοποίηση των χαρακτηριστικών της, δηλαδή της έντασης, της διάρκειας και της χωρικής έκτασης. Τα εργαλεία (μέθοδοι) που οδηγούν σε αυτή την ποσοτικοποίηση είναι γνωστά στην επιστημονική κοινότητα με τον όρο «δείκτες ξηρασίας». Οι δείκτες ξηρασίας, φυσικά, δεν χρησιμοποιούνται μόνο για ερευνητικούς σκοπούς, αλλά και για επιχειρησιακούς. Για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι δείκτες από τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων πρέπει να συνδεθούν με επίπεδα ενδεχόμενου κινδύνου, τα οποία συχνά είναι ενσωματωμένα στη μεθοδολογία που πρέπει να ακολουθηθεί.

Η ενασχόληση των επιστημόνων με το θέμα έχει αποδώσει ένα μεγάλο αριθμό δεικτών, ενώ η εμφάνιση νέων δεικτών ή παραλλαγών σε υπάρχοντες δείκτες παραμένει σταθερά μια συνεχής διαδικασία. Πολλοί ερευνητές έχουν προσπαθήσει να συγκεντρώσουν, να κατατάξουν και να ομαδοποιήσουν τους δείκτες που έχουν προταθεί. Η ομαδοποίηση στηρίζεται κυρίως στον τύπο της ξηρασίας που είναι υπό διερεύνηση αλλά και τις ειδικές συνθήκες (κλιματολογικές, οργανωτικές κλπ.) της περιοχής στην οποία εμφανίζεται το φαινόμενο. Οι δείκτες ομαδοποιούνται επίσης ανάλογα με τις παραμέτρους που χρησιμοποιούν, καθώς άλλοι δείκτες χρησιμοποιούν λίγες παραμέτρους (π.χ. βροχόπτωση, θερμοκρασία) ώστε να είναι πιο εύχρηστοι, ενώ άλλοι ένα πλήθος παραμέτρων που τους καθιστούν ακριβέστερους, αλλά και πολύπλοκους στην εφαρμογή με μεγάλες δυσκολίες στον υπολογισμό του τελικού αποτελέσματός τους. Η ανασκόπηση των δεικτών, που εμφανίζεται πλέον σε τακτά διαστήματα, φαίνεται να αναγνωρίζει πάνω από 100

δείκτες ξηρασίας. Ενδιαφέρον πάνω στην ανασκόπηση των δεικτών παρουσιάζουν, μεταξύ άλλων, οι εργασίες των Heim (2002), Hayes *et al.* (2007), Niemeier (2008) και Clorpet (2011). Η νέα τάση στην ανασκόπηση των δεικτών ξηρασίας είναι η καταγραφή μικρού αριθμού βασικών δεικτών, που συνοδεύεται από οδηγίες προς τους χρήστες για την επιλογή του κατάλληλου δείκτη για κάθε συγκεκριμένη εφαρμογή. Η τάση αυτή φαίνεται να υιοθετείται και από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (WMO & GWP, 2016). Μια εκτεταμένη καταγραφή των δεικτών σε ελληνική βιβλιογραφία παρουσιάζεται από τους Τσακίρης & Βαγγέλης (2013).

Η διαθεσιμότητα των δεδομένων έπαιξε βασικό ρόλο στην ανάπτυξη των πρώτων δεικτών, με αποτέλεσμα οι δείκτες αυτοί να αξιοποιούν κυρίως μετεωρολογικές παραμέτρους. Οι δείκτες αυτής της κατηγορίας, που εξακολουθούν να γνωρίζουν ευρεία εφαρμογή και στις μέρες μας, έγιναν γνωστοί ως μετεωρολογικοί δείκτες. Παραδείγματα δεικτών της κατηγορίας αυτής αποτελούν ο Rainfall Anomaly Index (RAI; van Rooy, 1965), ο Bhalme and Mooley Drought Index (BMDI; Bhalme & Mooley, 1980), ο Standardised Anomaly Index (SAI; Katz and Glantz, 1986) και φυσικά ο δημοφιλέστερος ίσως δείκτης ξηρασίας, Standardised Precipitation Index (SPI; McKee *et al.*, 1993), που έχει χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα από ερευνητές παγκοσμίως (Hayes *et al.*, 1999; Tsakiris & Vangelis, 2004; Edossa *et al.*, 2010; Zhai *et al.*, 2010).

Οι υδρολογικοί δείκτες ξηρασίας, με άμεση αναφορά στην κατηγορία της υδρολογικής ξηρασίας, αποτελούν τη δεύτερη μεγάλη ομάδα δεικτών. Αναπτύχθηκαν από την ανάγκη να αποδοθεί το υδατικό ισοζύγιο ενός υδατικού συστήματος ή μιας λεκάνης απορροής μέσα από την οπτική του συνολικού υδρολογικού κύκλου με έναν κατανοητό και συνεκτικό τρόπο. Ο Palmer Hydrological Drought Index (PHDI) αποτελεί τον πιο δημοφιλή και με την ευρύτερη χρήση παγκοσμίως δείκτη της κατηγορίας αυτής. Δείκτες που έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί σημαντικά είναι μεταξύ άλλων ο Surface Water Supply Index (SWSI; Shafer & Dezman, 1982), ο Regional Streamflow Deficiency Index (Stahl, 2001) και ο Streamflow Drought Index (SDI; Nalbantis & Tsakiris, 2009).

Κύριες παράμετροι των γεωργικών δεικτών ξηρασίας είναι η εξατμισοδιαπνοή και η εδαφική υγρασία. Αν και η γεωργική ξηρασία προσελκύει το ενδιαφέρον καθώς ένα πλήθος δραστηριοτήτων εξαρτάται από την πορεία και την απόδοση των καλλιεργειών, οι γεωργικοί δείκτες καταλήγουν να είναι συνήθως πολύπλοκοι και ακατάλληλοι για επιχειρησιακή χρήση. Εκτός από τον δημοφιλέστατο στην κατηγορία αυτή δείκτη Palmer Drought Severity Index (PDSI; Palmer, 1965), που παρουσιάζει μια κατανοητή εικόνα του υδρολογικού κύκλου και των επιμέρους στοιχείων του βασιζόμενος στην εδαφική υγρασία και την πραγματική εξατμισοδιαπνοή, άλλοι γνωστοί δείκτες της κατηγορίας είναι ο Crop Moisture Index (CMI; Palmer, 1968), ο Soil Moisture Drought Index (SMDI; Hollinger *et al.*, 1993) και ο Crop Specific Drought Index (CSDI; Meyer *et al.*, 1993), ο Soil Moisture Deficit Index (SMDI) και ο

Evapotranspiration Deficit Index (ETDI) (Narasimhan & Srinivasan, 2005). Πρόσφατα, προτάθηκαν δύο νέοι δείκτες σε αυτή την κατηγορία, ο Agricultural Standardised Precipitation Index (aSPI) και ο Effective Reconnaissance Drought Index (eRDI), οι οποίοι βασίζονται στην ενεργό βροχόπτωση (Tigkas et al., 2017, 2019).

Η αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών δημιούργησε μια νέα κατηγορία δεικτών που έγινε γνωστή με τον ευρύτερο όρο τηλεπισκοπικοί (ή δορυφορικοί) δείκτες ξηρασίας. Οι δείκτες της κατηγορίας αυτής στηρίζονται κυρίως στον Normalised Difference Vegetation Index (NDVI; Tucker, 1979) και περιγράφουν την κατάσταση της επιφάνειας της γης και κυρίως της βλάστησης, μέσα από την οποία δίνεται η δυνατότητα να ανιχνευθούν κλιματολογικές ανωμαλίες όπως η ξηρασία.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται μία σύντομη ανασκόπηση ορισμένων από τους ευρύτερα χρησιμοποιούμενους δείκτες, καθώς και κάποιους που έχουν πρόσφατα προταθεί. Σημειώνεται ότι οι ονομασίες των δεικτών δεν θα αποδοθούν στα ελληνικά, καθώς η μετάφρασή τους μόνο σύγχυση μπορεί να δημιουργήσει στον αναγνώστη, αφού οι δείκτες συνήθως αναφέρονται μόνο με το αρκτικόλεξό τους.

4.4.1 Standardised Precipitation Index (SPI)

Ο δημοφιλέστερος ίσως δείκτης ξηρασίας ακούει στο όνομα Standardised Precipitation Index και είναι γνωστότερος με το αρκτικόλεξο SPI. Ο McKee και οι συνεργάτες του στο Πανεπιστήμιο της Πολιτείας του Colorado, προσπάθησαν να ξεπεράσουν τα μειονεκτήματα του δείκτη του Palmer, αναπτύσσοντας μια μέθοδο εκτίμησης της ξηρασίας που θα ήταν σχετικά απλή, θα έχει εφαρμογή σε ετήσια βάση πάνω στις συνθήκες τροφοδοσίας σε νερό που είναι ιδιαίτερα σημαντικές στο Colorado, αλλά και θα συμπλήρωνε τις πληροφορίες που παρέχει ο Δείκτης του Palmer (McKee et al., 1993).

Ο SPI βασίζεται μόνο στα κατακρημνίσματα. Η θεμελιώδης δύναμή του έγκειται στο γεγονός ότι μπορεί να υπολογιστεί για ποικιλία χρονικών κλιμάκων (π.χ. 1, 3, 6, 9, 12, ... μήνες). Βασίζεται στη χρονοσειρά αθροιστικής βροχόπτωσης για συγκεκριμένη χρονική κλίμακα ενδιαφέροντος, στην οποία προσαρμόζεται μια κατανομή πιθανότητας, η οποία στη συνέχεια μετατρέπεται σε κανονική κατανομή, έτσι ώστε η μέση τιμή του SPI για τη συγκεκριμένη τοποθεσία και την επιθυμητή περίοδο να είναι μηδέν (Edwards & McKee, 1997). Η κατανομή που τελικά επιλέγεται για χρήση με τον SPI είναι η κατανομή γάμα, που έχει παρατηρηθεί ότι προσαρμόζεται ικανοποιητικά στις χρονοσειρές βροχόπτωσης. Ο υπολογισμός του SPI για συγκεκριμένη χρονική περίοδο σε οποιαδήποτε περιοχή απαιτεί μηνιαίες χρονοσειρές βροχόπτωσης με δεδομένα τριάντα ή και περισσότερων χρόνων.

Επειδή ο SPI είναι κανονικοποιημένος, το υγρότερο και ξηρότερο κλίμα παρουσιάζεται με τον παρόμοιο τρόπο και υγρές περιόδους μπορούν επίσης να παρακολουθούνται με τη χρήση του SPI. Θετικές τιμές του SPI υποδεικνύουν βροχόπτωση μεγαλύτερη από το μέσο όρο, ενώ οι αρνητικές τιμές υποδεικνύουν βροχόπτωση μικρότερη από το μέσο όρο. Η κανονικοποίηση και η ευελιξία στη χρήση διαφορετικών χρονικών κλιμάκων επιτρέπει τη χρήση του SPI στην παρακολούθηση τόσο βραχυπρόθεσμης τροφοδοσίας του εδάφους σε νερό, όπως η εδαφική υγρασία για την αγροτική παραγωγή, όσο και μακροπρόθεσμης τροφοδοσίας υδατικών πόρων, όπως τα αποθέματα υπόγειου νερού, η ποτάμια ροή και η στάθμη των λιμνών και των ταμιευτήρων. Η ικανότητα της εξέτασης μικρών χρονικών κλιμάκων επιτρέπει ακόμη τον άμεσο προσδιορισμό της ξηρασίας και την παρακολούθησή της κατά τη διάρκειά εξέλιξης ενός γεγονότος (Wilhite et al., 2000).

Η κανονικοποίηση του SPI βοηθά στην εύκολη κατανόηση της ξηρασίας, καθώς το μέγεθος της αποχής από το μηδέν αντιπροσωπεύει την πιθανότητα εμφάνισης του φαινομένου. Επειδή οι τιμές του SPI ακολουθούν την τυπική κανονική κατανομή, θα περίμενε κανείς να συναντά τα σταθερά ποσοστά (68%, 95%, 99%) της κανονικής κατανομής για αποχές ίση, διπλάσια και τριπλάσια της τυπικής απόκλισης. Ο C.T. Agnew (2000), απέδειξε χρησιμοποιώντας δεδομένα για την περίοδο 1961-1990 ότι τα ποσοστά αυτά είναι λίγο μικρότερα από τα αναμενόμενα, με την πιθανότητα να συμβεί μια ακραία ξηρασία να είναι 2.3%, ενώ η πιθανότητα να συμβεί σημαντική ξηρασία είναι περίπου 6.7%.

Βασικό πλεονέκτημα της κανονικοποιημένης μορφής του δείκτη, αντίστοιχα και με άλλους κανονικοποιημένους δείκτες που θα εξεταστούν στη συνέχεια, είναι ο άμεσος προσδιορισμός της έντασης των επεισοδίων ξηρασίας, βάσει συγκεκριμένων κατηγοριών. Μία τυπική κατηγοριοποίηση των συνθηκών ανάλογα με την τιμή του δείκτη παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1 Κατηγορίες έντασης ξηρασίας βάσει κανονικοποιημένων τιμών δεικτών ξηρασίας

Τιμή δείκτη ξηρασίας	Κατηγορία συνθηκών
> 2.00	Εξαιρετικά υγρό
1.50 έως 1.99	Έντονα υγρό
1.00 έως 1.49	Μέτρια υγρό
-0.99 έως 0.49	Κανονικές συνθήκες
-0.50 έως -0.99	Ήπια ξηρό
-1.00 έως -1.49	Μέτρια ξηρό
-1.50 έως -1.99	Έντονα ξηρό
< -2	Εξαιρετικά ξηρό

Παρά το γεγονός ότι ο δείκτης SPI αναπτύχθηκε για χρήση στο Colorado, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε περιοχή αρκεί να υπάρχουν επαρκή δεδομένα. Τα τελευταία χρόνια έχει χρησιμοποιηθεί σε μελέτες περίπτωσης σε όλο σχεδόν τον κόσμο, ενώ πολλοί οργανισμοί μεταξύ των οποίων το European Drought Observatory

(EDO) και ο World Meteorological Organization (WMO) προτείνουν τον SPI ως τυπικό δείκτη για τη διερεύνηση της ξηρασίας.

4.4.2 Reconnaissance Drought Index (RDI)

Η αδυναμία του SPI να περιγράψει τον υδρολογικό κύκλο όπως ο δείκτης του Palmer, οδήγησε τους Tsakiris & Vangelis (2005), στην υπόθεση ότι η ξηρασία, αντιπροσωπεύοντας την ελλειμματική διαθεσιμότητα νερού, θα πρέπει να προσεγγιστεί μέσα από κάποιας μορφής ισοζύγιο μεταξύ «εισροών» και «εκροών». Η χρήση μόνο του ελλείμματος εισροών που ακολουθείται από τον SPI, δεν είναι βάσιμη σε όλες τις περιπτώσεις. Η υπόθεση αυτή οδήγησε στη δημιουργία του Reconnaissance Drought Index γνωστού ως δείκτη RDI. Ο RDI ενσωματώνει τον πιο καθοριστικό παράγοντα απωλειών του υδρολογικού κύκλου, που ταυτόχρονα είναι και ο απλούστερος στην προσέγγισή του καθώς έχει ερευνηθεί σε βάθος, δηλαδή τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή. Προφανώς η πραγματική και όχι η δυνητική εξατμισοδιαπνοή είναι η πραγματική εκροή από το σύστημα, η χρήση όμως της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής θα δημιουργούσε μεγάλη πολυπλοκότητα και αβεβαιότητα στην εκτίμηση της ξηρασίας, ακυρώνοντας στην πράξη τη θεωρητική προσέγγιση που δημιούργησε τον δείκτη RDI.

Για την εκτίμηση του δείκτη απαιτείται ο υπολογισμός της αρχικής τιμής a_k του RDI, που βασίζεται στο λόγο δύο αθροιστικών ποσοτήτων, της βροχόπτωσης και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής. Η αρχική έκφραση του δείκτη για μία ορισμένη περίοδο προσδιορίζεται από ένα συγκεκριμένο μήνα (k) του υδρολογικού έτους και υπολογίζεται με την ακόλουθη εξίσωση:

$$a_k = \frac{\sum_{j=1}^{j=k} P_j}{\sum_{j=1}^{j=k} PET_j}$$

όπου P_j και PET_j είναι η βροχόπτωση και η δυνητική εξατμισοδιαπνοή, αντίστοιχα, για τον μήνα j του υδρολογικού έτους, το οποίο θεωρείται ότι ξεκινά από τον Οκτώβριο ($k=1$), για τις συνθήκες της Μεσογείου.

Η τιμή a_k του RDI δεν μπορεί όμως να δώσει άμεση απάντηση σχετικά με την ύπαρξη ή όχι ξηρασίας σε μια περιοχή. Για να δοθεί η απάντηση στο ερώτημα αυτό, θα πρέπει η τιμή a_k για κάθε έτος να συγκριθεί με τη μέση τιμή a_k , που είναι ίση με τον δείκτη ξηρότητας της περιοχής που εξετάζεται. Η διαφορά μάλιστα της ετήσιας τιμής από τη μέση τιμή αποτελεί μέτρο της έντασης της ξηρασίας.

Για να ξεπεραστεί το πρόβλημα αυτό αναπτύχθηκαν δύο εκφράσεις του δείκτη ικανές να παρουσιάζουν τόσο την ύπαρξη της ξηρασίας όσο και την έντασή της, χωρίς να

απαιτείται η σύγκριση του δείκτη με κάποια άλλη ποσότητα. Οι δύο αυτές εκφράσεις ονομάζονται Normalised RDI και Standardised RDI. Η εκτίμηση του Standardised RDI (RDI_{st}) στηρίζεται στην υπόθεση ότι οι τιμές του α_k ακολουθούν τη λογαριθμοκανονική κατανομή, ενώ η διαδικασία υπολογισμού είναι ανάλογη με αυτή που ακολουθείται και για τον δείκτη SPI. Επειδή μάλιστα η γενική συμπεριφορά του RDI είναι παρόμοια με αυτή του SPI και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων τους μπορεί να γίνει με παρόμοιο τρόπο, οι δύο δείκτες είναι άμεσα συγκρίσιμοι και συχνά τα αποτελέσματά τους αντιπαραβάλλονται. Τα επίπεδα της ποιοτικής διαφοροποίησης της έντασης της ξηρασίας σύμφωνα με τον RDI_{st} είναι παρόμοια με αυτά του SPI.

Έχει ωστόσο αποδειχθεί ότι οι τιμές του α_k ακολουθούν ικανοποιητικά και την γάμα κατανομή. Στην περίπτωση αυτή ο RDI_{st} μπορεί να εκτιμηθεί με τη χρήση της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας της γάμα κατανομής. Για μικρές χρονικές κλίμακες (π.χ. μηνιαία κλίμακα) στις οποίες μπορεί να εμφανίζονται μηδενικές τιμές της βροχόπτωσης ($\alpha_k = 0$), ο RDI_{st} μπορεί να εκτιμηθεί με τη χρήση της σύνθετης συνάρτησης αθροιστικής πιθανότητας, που περιλαμβάνει: α) την πιθανότητα μηδενικών βροχοπτώσεων, και β) την αθροιστική πιθανότητα της γάμα κατανομής.

Αντίστοιχα με τον δείκτη SPI, η ένταση της ξηρασίας προσδιορίζεται βάσει των τιμών του RDI_{st} , χρησιμοποιώντας την κατηγοριοποίηση του Πίνακα 1.

4.4.3 Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI)

Ο Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI) προτάθηκε από τους Vicente-Serrano et al. (2010), με κύριο σκοπό την καλύτερη διερεύνηση της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στην ένταση της ξηρασίας. Ως βάση του δείκτη χρησιμοποιείται η διαφορά μεταξύ βροχόπτωσης και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής σύμφωνα με την εξίσωση:

$$D_i = P_i - PET_i$$

όπου P_i και PET_i οι τιμές της βροχόπτωσης και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, αντίστοιχα, για τον μήνα i .

Οι αθροιστικές τιμές των διαφορών D_i , για επιλεγμένες περιόδους αναφοράς, προσαρμόζονται σε μία κατανομή πιθανοτήτων προκειμένου να μετασχηματιστούν σε κανονικοποιημένες τιμές, ακολουθώντας μία διαδικασία αντίστοιχη με αυτή των δεικτών SPI και RDI. Έτσι, τα αποτελέσματα που προκύπτουν μπορούν να είναι συγκρίσιμα χωρικά και χρονικά (Begueria et al. 2014). Ενώ στην κανονικοποίηση των SPI και RDI μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατανομές δύο παραμέτρων, για τον υπολογισμό του SPEI είναι απαραίτητη η χρήση κατανομής τριών παραμέτρων, δεδομένου ότι οι διαφορές D μπορεί να παίρνουν και αρνητικές τιμές. Μετά από

διερεύνηση σχετικά με την καταλληλότερη στατιστική κατανομή για τη μοντελοποίηση των χρονοσειρών της D, επιλέχθηκε η κατανομή log-logistic, εξετάζοντας κυρίως τη συμπεριφορά της στις πιο ακραίες τιμές (Vicente-Serrano et al. 2010).

Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων του SPEI είναι παρόμοια με ό,τι ισχύει για τους δείκτες SPI και RDI.

4.4.4 Precipitation Deciles

Στην προσπάθεια να ξεπεράσουν τα μειονεκτήματα της μεθόδου Percent of Normal Precipitation των Hayes et al. (2007), οι Gibbs & Maher (1967) ανέπτυξαν το δείκτη Precipitation Deciles. Ο δείκτης έγινε ιδιαίτερα δημοφιλής κυρίως λόγω της εύκολης εφαρμογής του και των χαμηλών απαιτήσεών του σε δεδομένα. Η μέθοδος χωρίζει την κατανομή μιας μεγάλης διάρκειας χρονοσειράς βροχοπτώσεων σε δέκατα της κατανομής. Κάθε μία από αυτές τις κατηγορίες ονομάστηκε decile (δεκατημόριο). Το πρώτο δεκατημόριο είναι αυτό στο οποίο το ύψος των βροχοπτώσεων δεν υπερβαίνει το χαμηλότερο 10% βροχόπτωσης. Το δεύτερο δεκατημόριο είναι αυτό κατά το οποίο η βροχόπτωση δεν υπερβαίνει το χαμηλότερο 20% και ούτω καθ' εξής, μέχρι το ποσό βροχής στο δέκατο δεκατημόριο να είναι το μεγαλύτερο ποσό βροχοπτώσεων κατά την μακρά χρονοσειρά. Εξ ορισμού, το πέμπτο δεκατημόριο είναι η διάμεσος, κατά το οποίο η βροχόπτωση δεν υπερβαίνει το 50% του συνόλου για την περίοδο που αξιοποιείται. Σύμφωνα με το δείκτη, τα deciles ομαδοποιούνται τελικά σε πέντε κλάσεις ανά δύο, με αποτέλεσμα η χαμηλότερη κατηγορία, που χαρακτηρίζεται ως «σημαντικά κάτω του φυσιολογικού», να είναι από 0-20% (Πίνακας 4.2). Είναι προφανές ότι όσο μεγαλύτερη είναι η διαθέσιμη χρονοσειρά βροχόπτωσης, τόσο ακριβέστερα είναι τα αποτελέσματα της μεθόδου.

Πίνακας 4.2 Περιγραφή των συνθηκών ξηρασίας σύμφωνα με την κατηγορία των Precipitation Deciles

Κατηγορία Precipitation Deciles	Περιγραφή
deciles 1-2: χαμηλότερο 20%	σημαντικά κάτω του φυσιολογικού
deciles 3-4: επόμενο χαμηλότερο 20%	κάτω του φυσιολογικού
deciles 5-6: μέσο 20%	κοντά στο φυσιολογικό
deciles 7-8: επόμενο υψηλότερο 20%	άνω του φυσιολογικού
deciles 9-10: υψηλότερο 20%	σημαντικά άνω του φυσιολογικού

4.4.5 Agricultural Standardised Precipitation Index (aSPI)

Πρόσφατα, αναπτύχθηκε ένας νέος δείκτης ξηρασίας, ο Agricultural Standardised Precipitation Index (aSPI), ο οποίος αποτελεί μία τροποποίηση του SPI και ενσωματώνει στον υπολογισμό του την ενεργό βροχόπτωση, αποσκοπώντας στην ακριβέστερη αποτύπωση της φυτικής – γεωργικής ξηρασίας (Tigkas et al. 2019). Στον aSPI, η επιλογή των περιόδων αναφοράς δίνει έμφαση στις καλλιεργητικές περιόδους ή σε κρίσιμα στάδια ανάπτυξης των καλλιεργειών ενδιαφέροντος ή της αντιπροσωπευτικής καλλιέργειας μιας περιοχής (Kumar and Panu 1997, Tigkas and Tsakiris 2015).

Προκειμένου να διατηρηθούν χαμηλές οι απαιτήσεις σε δεδομένα, η εκτίμηση της ενεργού βροχόπτωσης πραγματοποιείται μέσω μεθόδων που βασίζονται στα μηνιαία δεδομένα της συνολικής βροχόπτωσης (Tigkas et al. 2019), όπως η μέθοδος του U.S. Bureau of Reclamation (USBR), η μέθοδος του U.S. Department of Agriculture (USDA) και η μέθοδος του Food and Agriculture Organisation (FAO). Σημειώνεται ότι οι κλάσεις του Πίνακα 1 ισχύουν και για τον aSPI.

4.4.6 Effective Reconnaissance Drought Index (eRDI)

Ένας ακόμα νέος δείκτης ξηρασίας είναι ο Effective Reconnaissance Drought Index (eRDI), ο οποίος αποτελεί μία τροποποίηση του RDI, αξιοποιώντας την ενεργό βροχόπτωση για τον χαρακτηρισμό της φυτικής – γεωργικής ξηρασίας (Tigkas et al., 2017). Ο eRDI υπολογίζεται βάσει του λόγου της αθροιστικής ενεργού βροχόπτωσης προς την αθροιστική δυνητική εξατμισοδιαπνοή, για προσδιορισμένες περιόδους αναφοράς k μηνών. Ο λόγος αυτός αποτελεί την αρχική τιμή του δείκτη (α_e). Αντίστοιχα με τον aSPI, η επιλογή των περιόδων αναφοράς στον eRDI δίνει έμφαση στις καλλιεργητικές περιόδους ή σε κρίσιμα στάδια ανάπτυξης των καλλιεργειών.

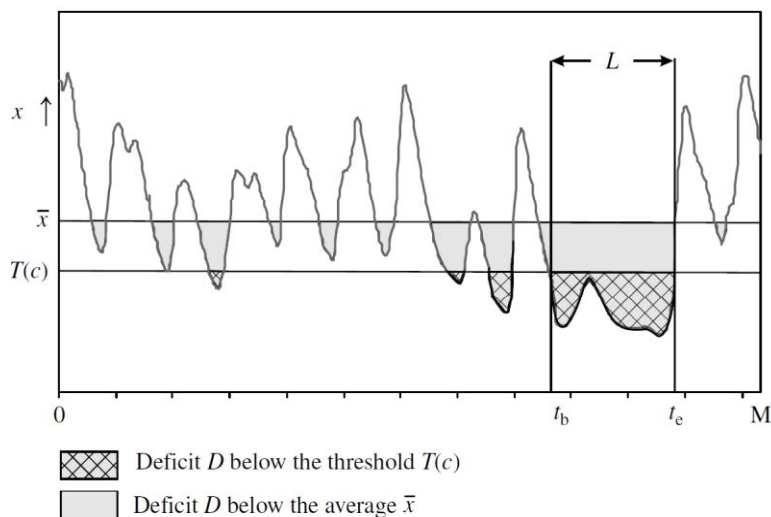
Η χρονοσειρά των τιμών α_e τυποποιείται μέσω της προσαρμογής κατάλληλης στατιστικής κατανομής (λογαριθμοκανονική ή γάμμα), που στη συνέχεια μετατρέπεται στην κανονική κατανομή, ώστε η τελική τιμή του δείκτη να παρέχει αποτελέσματα με ενιαία ερμηνεία ως προς το επίπεδο έντασης της ξηρασίας, ανεξαρτήτως περιοχής (Tigkas et al. 2017). Από τις τελικές κανονικοποιημένες (standardised) τιμές του δείκτη ($eRDI_{st}$) μπορεί να γίνει ο χαρακτηρισμός του επιπέδου έντασης της ξηρασίας, σύμφωνα με τον Πίνακα 1.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η ενεργός βροχόπτωση μπορεί να υπολογιστεί βάσει μεθόδων που χρησιμοποιούν δεδομένα βροχόπτωσης, ενώ για τον υπολογισμό του δείκτη θεωρείται επαρκής η χρήση θερμοκρασιακών μεθόδων, όπως η μέθοδος Hargreaves (Hargreaves and Samani, 1985), για την εκτίμηση της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (Vangelis et al., 2013).

4.5 Προσδιορισμός ξηρασίας βάσει της θεωρίας ‘runs’

Ο Yevjevich (1967) πραγματοποίησε μία διεξοδική διερεύνηση των χαρακτηριστικών της υδρολογικής ξηρασίας, επισημαίνοντας διάφορα ζητήματα που καθιστούν δύσκολο τον ακριβή προσδιορισμό της. Στο πλαίσιο αυτής της διερεύνησης, διατύπωσε την άποψη ότι η στατιστική θεωρία ‘runs’, που αφορά στις χωρικές και χρονικές ακολουθίες, αποτελεί τη βέλτιστη προσέγγιση προκειμένου να προσδιοριστεί ένα επεισόδιο ξηρασίας με αντικειμενικό τρόπο.

Σύμφωνα με αυτή τη μεθοδολογία, η αναγνώριση των επεισοδίων ξηρασίας βασίζεται στη διερεύνηση κάποιας υδρολογικής ή μετεωρολογικής μεταβλητής, η οποία διατηρεί τιμές κάτω από κάποιο συγκεκριμένο επίπεδο (κατώφλι), για έναν αριθμό διαδοχικών χρονικών διαστημάτων (αρνητικές περιόδους). Έτσι, τα βασικά χαρακτηριστικά της ξηρασίας προσδιορίζονται από τη διάρκεια (L), δηλαδή το διάστημα μεταξύ του χρόνου έναρξης (t_b) και λήξης (t_e) του επεισοδίου, και την ένταση, που εκφράζεται ως το αντίστοιχο σύνολο τιμών ελλείμματος (D) κάτω από την τιμή κατωφλίου $T(c)$ (Bonaccorso et al., 2003). Ο ορισμός του επιπέδου κατωφλίου μπορεί να γίνει βάσει διαφόρων κριτηρίων, ανάλογα με το αντικείμενο κάθε μελέτης. Συνήθως, λαμβάνεται ως η μέση τιμή (ή η διάμεσος) της εξεταζόμενης μεταβλητής, όπως προκύπτει από δείγμα επαρκούς χρονικής διάρκειας (Dracup et al. 1980). Σε κάθε περίπτωση, η τιμή του κατωφλίου πρέπει να επιλέγεται λαμβάνοντας υπόψη ένα αντιπροσωπευτικό επίπεδο των υδατικών απαιτήσεων (Rossi et al., 1992). Ενδεικτικό παράδειγμα εφαρμογής αυτής της μεθόδου παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.1.



Σχήμα 4.1 Παράδειγμα εφαρμογής της θεωρίας runs, όπου εξετάζεται μία μεταβλητή x για χρονοσειρά M ετών και ως κατώφλι για τον ορισμό ενός επεισοδίου ξηρασίας καθορίζεται η τιμή $T(c)$ (Peters et al. 2003)

Το πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης συνίσταται στη δυνατότητα εξαγωγής των πιθανοτικών χαρακτηριστικών της ξηρασίας, εφόσον είναι γνωστά τα στοχαστικά

χαρακτηριστικά της εξεταζόμενης παραμέτρου. Αυτή η δυνατότητα δεν περιορίζεται μόνο σε απλές περιπτώσεις, όπου η χρονική εξάρτηση των συνεχόμενων τιμών μπορεί να αμεληθεί, αλλά και όταν εξετάζονται αλυσίδες Markov που αφορούν στην εν λόγω μεταβλητή (Fernandez and Salas, 1999).

4.6 Επιλογή δεικτών ξηρασίας για επιχειρησιακή χρήση

Όπως προαναφέρθηκε, οι δείκτες ξηρασίας είναι σημαντικά και χρήσιμα εργαλεία για τον χαρακτηρισμό και την παρακολούθηση της ξηρασίας, καθώς απλοποιούν τις σύνθετες σχέσεις που διέπουν αρκετές κλιματικές, αλλά και σχετιζόμενες με το κλίμα, παραμέτρους. Με τον τρόπο αυτό είναι ευκολότερη και αποτελεσματικότερη η επικοινωνία της πληροφορίας που αφορά σε κλιματικές ανωμαλίες, ιδιαίτερα μάλιστα εάν η πληροφορία αυτή απευθύνεται σε ευρύ κοινό με διαφορετικό γνωστικό υπόβαθρο. Επίσης, μέσω των δεικτών είναι εφικτή η ποσοτικοποίηση των κλιματικών ανωμαλιών ως προς την ένταση, τη διάρκεια, την έκταση και τη συχνότητά τους, επιτρέποντας την ανάλυση των ιστορικών συμβάντων και της πιθανότητας επανεμφάνισής τους (Tsakiris et al. 2007a).

Έτσι, οι δείκτες ξηρασίας αποτελούν βασικό εργαλείο για την πρόληψη και την αντιμετώπιση των κινδύνων της ξηρασίας, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έρευνα, μελέτες, κλπ., αλλά και από άτομα ή φορείς που σχετίζονται με τη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Είναι προφανές ότι κάθε δείκτης δεν μπορεί να είναι κατάλληλος ή εφαρμόσιμος για κάθε περίπτωση ή σκοπό, έτσι στις περισσότερες περιπτώσεις ενδείκνυται η συνδυαστική χρήση περισσότερων δεικτών, για την πληρέστερη κατανόηση των χαρακτηριστικών της ξηρασίας και τη δημιουργία αξιόπιστων συστημάτων παρακολούθησης (Wilhite 2005, Morid et al. 2006).

Η επιλογή του καταλληλότερου δείκτη αποτελεί στις μέρες μας ένα από τα δυσκολότερα προβλήματα στο σχεδιασμό για την αντιμετώπιση της ξηρασίας. Στην ιδανική περίπτωση, η επιθυμητή κύρια ιδιότητα οποιουδήποτε δείκτη ξηρασίας είναι ότι πρέπει να είναι αρκετά γενικός ώστε να μπορεί να μοντελοποιήσει την εμφάνιση ξηρασίας σε διαφορετικές κλιματικές περιοχές. Μια καλή προσέγγιση για την επιλογή δεικτών προτείνεται από τους Keyantash & Dracup (2002), οι οποίοι χρησιμοποίησαν ένα σύνολο έξι σταθμισμένων κριτηρίων για την αξιολόγηση των δεικτών. Τα κριτήρια αυτά στηρίχθηκαν στις επιθυμητές ιδιότητες που ένας δείκτης ξηρασίας θα έπρεπε να ακολουθεί στην ιδανική περίπτωση, όπως προτάθηκαν από προηγούμενες έρευνες (π.χ. Redmond, 1991) και είναι: η σταθερότητα (robustness), η ευχρηστία (tractability), η διαφάνεια (transparency), η επιτήδευση (sophistication), η επεκτασιμότητα (extendability) και η διαστατικότητα (dimensionality). Η σταθερότητα υποδηλώνει τη δυνατότητα χρήσης του δείκτη σε ένα ευρύ φάσμα φυσικών συνθηκών. Η ευχρηστία αντιπροσωπεύει την πρακτική πλευρά της χρήσης ενός δείκτη. Η διαφάνεια σχετίζεται με τη σαφήνεια και την ορθολογικότητα του δείκτη

ξηρασίας. Η επιτήδευση (δηλαδή η περιπλοκότητα), αν και στην πραγματικότητα έρχεται σε αντίθεση με τη διαφάνεια, αντικατοπτρίζει την εννοιολογική προσέγγιση και επομένως θεωρείται απαραίτητη. Επεκτασιμότητα είναι ο βαθμός στον οποίο ο δείκτης μπορεί να επεκταθεί προκειμένου να καλύψει εναλλακτικά σενάρια ξηρασίας. Η διαστατικότητα αναφέρεται στη σύνδεση του δείκτη με τη φυσική πραγματικότητα. Η συμμετοχή των κριτηρίων αυτών στην τελική αναγνώριση ενός δείκτη γίνεται με τη χρήση βαρών, που είναι πολύ δύσκολο να προσδιοριστούν και βασίζονται κυρίως στην επαγγελματική εμπειρία του χρήστη, αλλά και στην προσωπική του εκτίμηση. Σε γενικές γραμμές, το σημαντικότερο κριτήριο για ένα δείκτη θεωρείται η σταθερότητά του (Βαγγέλης, 2012).

Ουσιαστικά σημεία που καθορίζουν την ευχρηστία ενός δείκτη και τη δυνατότητα εφαρμογής του σε επιχειρησιακό επίπεδο είναι η απλή δομή, η ευκολία στον υπολογισμό του, αλλά και η εξαγωγή κατανοητών και πρακτικά ερμηνεύσιμων αποτελεσμάτων. Επίσης, σημαντικό χαρακτηριστικό αποτελεί η ικανότητά του να περιγράφει τις υφιστάμενες συνθήκες ξηρασίας με τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται η αξιόπιστη εκτίμηση των επιπτώσεων του φαινομένου σε διάφορους τομείς (WMO, 2012). Έτσι, βασικά κριτήρια για την επιλογή δεικτών για επιχειρησιακή χρήση είναι (Tigkas et al., 2015):

α) να έχουν σχετικά μικρές απαιτήσεις σε δεδομένα, επιτρέποντας την απρόσκοπτη εφαρμογή τους στο σύνολο της εξεταζόμενης περιοχής, με επαρκές δίκτυο κάλυψης.

β) τα εξαγόμενα αποτελέσματα να έχουν σαφή, καταληπτή και ενιαία ερμηνεία, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα και αποτελεσματικά σε επιχειρησιακό επίπεδο.

Βάσει των παραπάνω, οι δείκτες που επιλέχθηκαν για την περιοχή της Κρήτης είναι ο SPI, ο Precipitation Deciles και ο aSPI. Οι συγκεκριμένοι δείκτες βασίζονται σε δεδομένα βροχόπτωσης, για την οποία υπάρχει εκτενές δίκτυο κάλυψης. Επίσης, οι δείκτες αυτοί μπορούν να αξιοποιηθούν άμεσα για τον προσδιορισμό της μετεωρολογικής και γεωργικής ξηρασίας, καθώς και για την εκτίμηση της υδρολογικής ξηρασίας.

4.7 Επιλογή κατάλληλων περιόδων αναφοράς και χρονικού βήματος

Η αποτελεσματική αξιοποίηση των δεικτών ξηρασίας, τόσο σε επιχειρησιακό επίπεδο, προϋποθέτει τη σαφή εννοιολογική κατανόησή τους, προκειμένου να είναι δυνατή η αξιολόγηση και περαιτέρω αξιοποίησή τους. Ο δείκτης αποτελεί υποστηρικτικό εργαλείο λήψης αποφάσεων, συνεπώς πρέπει να εκφράζει με σαφήνεια τους λόγους για τους οποίους πρέπει να ληφθεί η κάθε απόφαση. Δύο βασικά σημεία που μπορούν να συντελέσουν στη βέλτιστη αξιοποίηση των δεικτών ξηρασίας σε

επιχειρησιακό επίπεδο είναι η επιλογή των εκάστοτε κατάλληλων περιόδων αναφοράς και του τρόπου αποτύπωσης των αποτελεσμάτων.

Μέσω ενός δείκτη ξηρασίας θα πρέπει να είναι δυνατή η ποσοτικοποίηση της ξηρασίας για διαφορετικές περιόδους αναφοράς, όταν υπάρχει διαθέσιμη χρονοσειρά επαρκούς μεγέθους. Οι περίοδοι αναφοράς που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι η ετήσια και η μηνιαία (Mishra and Singh 2010). Η ετήσια περίοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά στη συμπεριφορά των επεισοδίων ξηρασίας σε μία περιοχή. Η μηνιαία περίοδος είναι καταλληλότερη για την παρακολούθηση των επιπτώσεων της ξηρασίας π.χ. στη γεωργία ή στην επάρκεια νερού σε υδατικά συστήματα και σε υπόγειους υδροφορείς (Panu and Sharma 2002). Επίσης, άλλες περίοδοι (3-μηνο, 6-μηνο κλπ.) εφαρμόζονται συχνά για την εξέταση συγκεκριμένων θεμάτων, όπως θα εξεταστεί αναλυτικότερα στη συνέχεια.

Για την αποσαφήνιση των εννοιών, ως χρονικό βήμα ορίζεται η χρονική απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών μετρήσεων – αποτελεσμάτων (π.χ. ημερήσιο, εβδομαδιαίο, δεκαπενθημέρου, μηνιαίο, ετήσιο). Η χρονική κλίμακα και η περίοδος αναφοράς αφορούν στο χρονικό διάστημα στο οποίο αναφέρεται μία μέτρηση – αποτέλεσμα (π.χ. 1-, 3-, 6-, 12-μηνο) και η συγκεκριμένη περίοδος (π.χ. Οκτώβριος – Μάρτιος).

Οι περίοδοι αναφοράς αντικατοπτρίζουν τις δυνητικές επιπτώσεις της ξηρασίας στη διαθεσιμότητα νερού σε διαφορετικά υδατικά συστήματα. Οι συνθήκες εδαφικής υγρασίας ανταποκρίνονται σε ανωμαλίες που παρατηρούνται στη βροχόπτωση ή/και στη δυνητική εξατμισοδιαπνοή, σε σχετικά μικρά χρονικά διάστημα. Οι αντιδράσεις των υπόγειων υδροφορέων, της επιφανειακής απορροής και του δυναμικού των ταμιευτήρων εξετάζονται αποτελεσματικότερα με την εξέταση σχετικά μεγαλύτερων περιόδων (WMO 2012). Έτσι, αντίστοιχα με τον τομέα ή το αντικείμενο ενδιαφέροντος, πρέπει να επιλέγεται η κατάλληλη περίοδος αναφοράς, που περιγράφει με σαφέστερο τρόπο την επίδραση της ξηρασίας στο υπό διερεύνηση σύστημα. Ακόμα, μπορεί να γίνει χρήση προεπιλεγμένων περιόδων (3-, 6-, 9- και 12-μήνες).

Όσον αφορά στον τρόπο υπολογισμού και αποτύπωσης των δεικτών, η κατάλληλη για κάθε περίπτωση παρουσίαση μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην κατανόηση και αξιολόγηση του φαινομένου. Σύμφωνα με την προσέγγιση που εφαρμόστηκε από τους McKee et al. (1993) και στη συνέχεια από αρκετούς ερευνητές, ο υπολογισμός του SPI γίνεται με μηνιαίο χρονικό βήμα και τα παραγόμενα αποτελέσματα παρουσιάζονται με σειριακό τρόπο (μία τιμή ανά μήνα). Η αποτύπωση αυτή είναι χρήσιμη για την εμφάνιση της χρονικής εξέλιξης του φαινομένου ανά μήνα, με σταθερή περίοδο αναφοράς. Μπορεί να εφαρμοστεί σε περιπτώσεις συστημάτων που έχουν συνεχή λειτουργία καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και μπορούν να

συνδεθούν αποτελεσματικά με μία ή περισσότερες περιόδους αναφοράς (π.χ. συστήματα υδροδότησης).

Άλλη προσέγγιση που μπορεί να εφαρμοστεί είναι ο υπολογισμός και αποτύπωση των αποτελεσμάτων ενός δείκτη για συγκεκριμένες περιόδους αναφοράς σε ετήσιο χρονικό βήμα (π.χ. Tsakiris et al. 2007). Με αυτόν τον τρόπο παρουσιάζονται με μεγαλύτερη σαφήνεια τα στοιχεία που αφορούν στην περίοδο αναφοράς για συγκεκριμένους μήνες ενδιαφέροντος ανά έτος, χωρίς να περιλαμβάνεται υπερβολικό ποσό πληροφορίας που μπορεί να αποπροσανατολίσει από τα αντικείμενο διερεύνησης. Αυτή η απεικόνιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν επιχειρείται η μελέτη της ξηρασίας με ετήσια ή εποχικά συστήματα, όπως η διερεύνηση της διασύνδεσης με την απορροή (π.χ. επιλογή ετήσιας περιόδου αναφοράς, με βάση το υδρολογικό έτος) ή η συσχέτιση με την γεωργική παραγωγή (π.χ. επιλογή εποχικής περιόδου αναφοράς αντίστοιχης της καλλιεργητικής περιόδου, με αφετηρία το μήνα σποράς).

4.8 Υπολογισμός δεικτών ξηρασίας στην Κρήτη

Ο υπολογισμός των επιλεγμένων δεικτών για την Κρήτη βασίζεται σε δεδομένα από 60 μετεωρολογικούς σταθμούς σε ολόκληρο το νησί και αφορούν στην περίοδο 1973 (Σεπτέμβριος) - 2010 (Αύγουστος), κατά την οποία έχει γίνει έλεγχος των υφιστάμενων δεδομένων, διόρθωση σφαλμάτων στις τιμές και συμπλήρωση των κενών με επιλεγμένη μέθοδο, δημιουργώντας έτσι μία ολοκληρωμένη βάση δεδομένων για την ανάλυση της κατάστασης στην Κρήτη (πρόγραμμα EEA-AquaMap Project, Νικολαΐδης κ.α. 2017). Οι σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3.

Πίνακας 4.3 Μετεωρολογικοί σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των δεικτών ξηρασίας.

Περιφερειακή Ενότητα	Σταθμός
Χανιά	Askifou
Χανιά	Kalives
Χανιά	Alikianos
Χανιά	Palaia Roumata
Χανιά	Mouri
Χανιά	Prasses
Χανιά	Psichro Pigadi
Χανιά	Samonas
Χανιά	Agrokipio
Χανιά	Tavronitis
Χανιά	Kandanos
Χανιά	Zymvragos
Ηράκλειο	Avdou
Ηράκλειο	Agia Barbara
Ηράκλειο	Agios Kyrillos
Ηράκλειο	Armacha

Περιφερειακή Ενότητα	Σταθμός
Ηράκλειο	Asimi
Ηράκλειο	Achentria
Ηράκλειο	Vagionia
Ηράκλειο	Voni
Ηράκλειο	Vorizia
Ηράκλειο	Gergeri
Ηράκλειο	Gortis
Ηράκλειο	Demati
Ηράκλειο	Zaros
Ηράκλειο	Kalivia
Ηράκλειο	Kapetaniana
Ηράκλειο	Kassanoi
Ηράκλειο	Kasteli
Ηράκλειο	Kapsali
Ηράκλειο	Kroussonas
Ηράκλειο	Lagolio
Ηράκλειο	Metaxochori
Ηράκλειο	Moroni
Ηράκλειο	Partira
Ηράκλειο	Pompia
Ηράκλειο	Pretoria
Ηράκλειο	Profitis Ilias
Ηράκλειο	Sternes
Ηράκλειο	Tefeli
Ηράκλειο	Tympaki
Ηράκλειο	Foinikia
Ρέθυμνο	Agia Galini
Ρέθυμνο	Anogia
Ρέθυμνο	Garazo
Ρέθυμνο	Gerakari
Ρέθυμνο	Kavousi
Ρέθυμνο	Lefkogia
Ρέθυμνο	Melabes
Ρέθυμνο	Spili
Λασιίθι	Sitia
Λασιίθι	Katsidoni
Λασιίθι	Neapoli
Λασιίθι	Ekso Potami
Λασιίθι	Kalo Chorio
Λασιίθι	Malles
Λασιίθι	Maronia
Λασιίθι	Mithi
Λασιίθι	Palekastro
Λασιίθι	Pachia Ammos

Για τον υπολογισμό των δεικτών χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό DrinC – Drought Indices Calculator (Tigkas et al. 2015). Το DrinC είναι ένα εξειδικευμένο λογισμικό για τον χαρακτηρισμό και την ανάλυση της ξηρασίας, το οποίο χρησιμοποιείται σε περισσότερες από 110 χώρες, τόσο σε ερευνητικές όσο και σε επιχειρησιακές εφαρμογές.

Ο υπολογισμός κάθε δείκτη γίνεται για διάφορες περιόδους αναφοράς / χρονικές κλίμακες, σε ετήσιο και μηνιαίο βήμα υπολογισμού. Συγκεκριμένα, οι δείκτες SPI και aSPI υπολογίζονται για χρονικές κλίμακες 3-μήνου, 6-μήνου, 9-μήνου και 12-μήνου, ενώ ο δείκτης Precipitation Deciles υπολογίζεται για χρονική κλίμακα 12-μήνου.

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα, οι δείκτες ξηρασίας πρέπει να παρέχουν μία σαφή εικόνα της κατάστασης, παρέχοντας τη δυνατότητα ορθού σχεδιασμού και λήψης αποφάσεων με διαφάνεια και αποτελεσματικότητα. Σε αυτό το πλαίσιο, στο Παράρτημα παρουσιάζονται ενδεικτικά αποτελέσματα των δεικτών, σε διάφορα χρονικά βήματα και περιόδους αναφοράς, που απεικονίζουν την κατάσταση ξηρασίας σε όλους τους εξεταζόμενους σταθμούς, με έμφαση στα ακόλουθα:

[Παράρτημα Α]

Δείκτης SPI - μηνιαίο χρονικό βήμα, 12-μηνιαία χρονική κλίμακα: Η 12-μηνιαία χρονική κλίμακα είναι κατάλληλη για τον προσδιορισμό της γενικής υδρολογικής κατάστασης της περιοχής. Το μηνιαίο βήμα υπολογισμού δίνει μία εικόνα της πορείας του φαινομένου της ξηρασίας, παρέχοντας στοιχεία για τη διάρκεια των ξηρών περιόδων (έναρξη και λήξη), καθώς επίσης και για την έντασή τους. Στα διαγράμματα που παρουσιάζονται, με μπλε χρώμα εμφανίζονται οι υγρές περίοδοι, ενώ με κόκκινο οι ξηρές περίοδοι, εμφανίζοντας με σαφή τρόπο τόσο την περίοδο της ξηρασίας, όσο και της έντασής της. Η προσέγγιση αυτή είναι κατάλληλη για την διαρκή παρακολούθηση του φαινομένου, χωρίς να δίνει όμως έμφαση σε συγκεκριμένες περιόδους του έτους.

[Παράρτημα Β]

Δείκτης SPI - ετήσιο χρονικό βήμα, 12-μηνιαία χρονική κλίμακα (περίοδος αναφοράς Οκτ. - Σεπτ.): Με το ετήσιο χρονικό βήμα υπολογισμού δίνεται έμφαση στη συγκεκριμένη περίοδο αναφοράς (Οκτ. - Σεπτ.) που αντιστοιχεί στο υδρολογικό έτος. Με αυτόν τον τρόπο η διαθέσιμη πληροφορία εντοπίζεται στις συνθήκες που επικρατούν κατά το σύνολο του συγκεκριμένου υδρολογικού έτους, χαρακτηρίζοντάς ως υγρό ή ξηρό, χωρίς να παρέχεται υπερβολική πληροφορία (όπως με το μηνιαίο χρονικό βήμα) που ενδέχεται να αποπροσανατολίσει τον χρήστη. Το επίπεδο έντασης της ξηρασίας εμφανίζεται με διακριτά χρώματα (σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση του Πίνακα 1), παρέχοντας άμεση εικόνα των συνθηκών για κάθε έτος.

[Παράρτημα Γ]

Δείκτης Precipitation Deciles - ετήσιο χρονικό βήμα, 12-μηνιαία χρονική κλίμακα (περίοδος αναφοράς Οκτ. - Σεπτ.): Αντίστοιχα με την προηγούμενη περίπτωση, εξετάζονται οι συνθήκες κάθε υδρολογικού έτους βάσει του δείκτη Precipitation Deciles, παρέχοντας συμπληρωματικές πληροφορίες σε σχέση με τον SPI. Οι

κατηγοριοποίηση γίνεται επίσης με διακριτά χρώματα, ανάλογα με τις κλάσεις του Πίνακα 2.

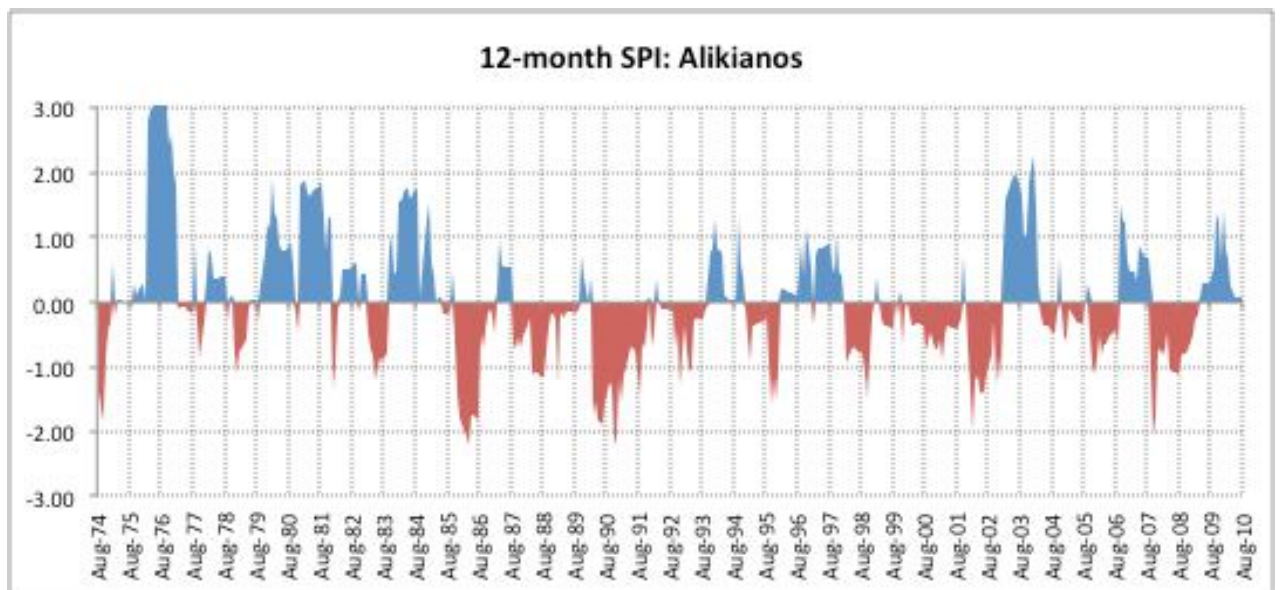
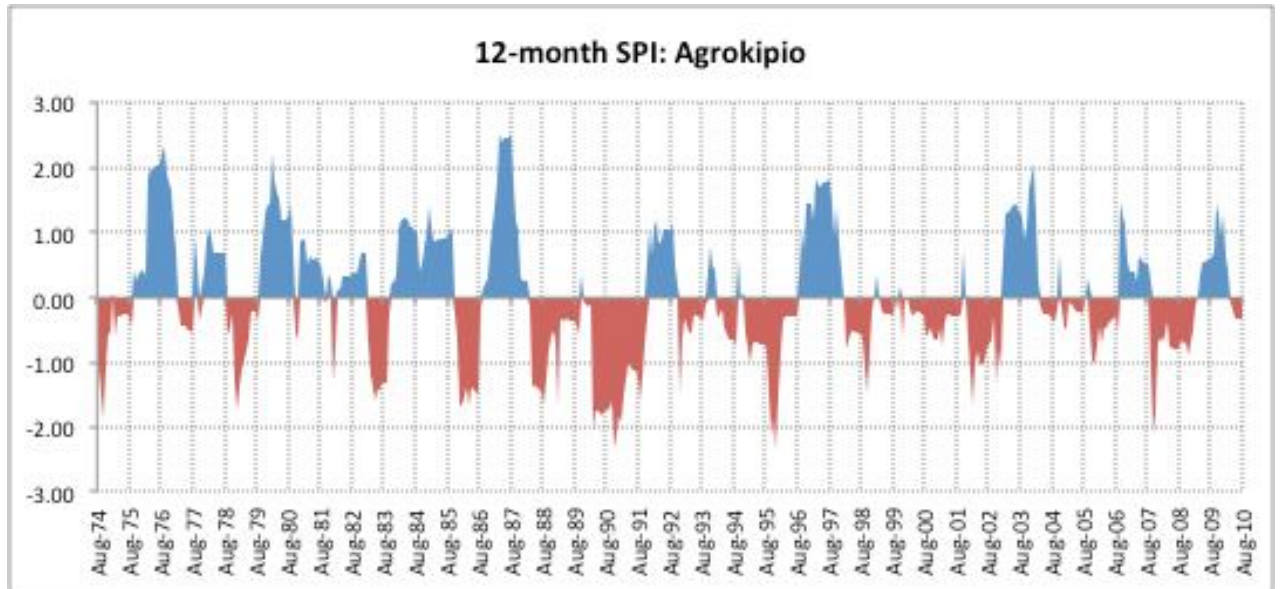
[Παράρτημα Δ]

Δείκτης aSPI - ετήσιο χρονικό βήμα, 6-μηνιαία χρονική κλίμακα (περίοδος αναφοράς Δεκ. - Μάιος): Για τον προσδιορισμό της γεωργικής ξηρασίας, παρουσιάζεται ο δείκτης aSPI, σε ετήσιο χρονικό βήμα, με περίοδο αναφοράς Δεκέμβριος – Μάιος, που αντιστοιχεί στα κρίσιμότερα στάδια ανάπτυξης μιας τυπικής ξηρικής καλλιέργειας χειμερινών σιτηρών. Η ερμηνεία και το επίπεδο έντασης της ξηρασίας γίνεται κατ' αντίστοιχο τρόπο με τον δείκτη SPI (ετήσιο χρονικό βήμα).

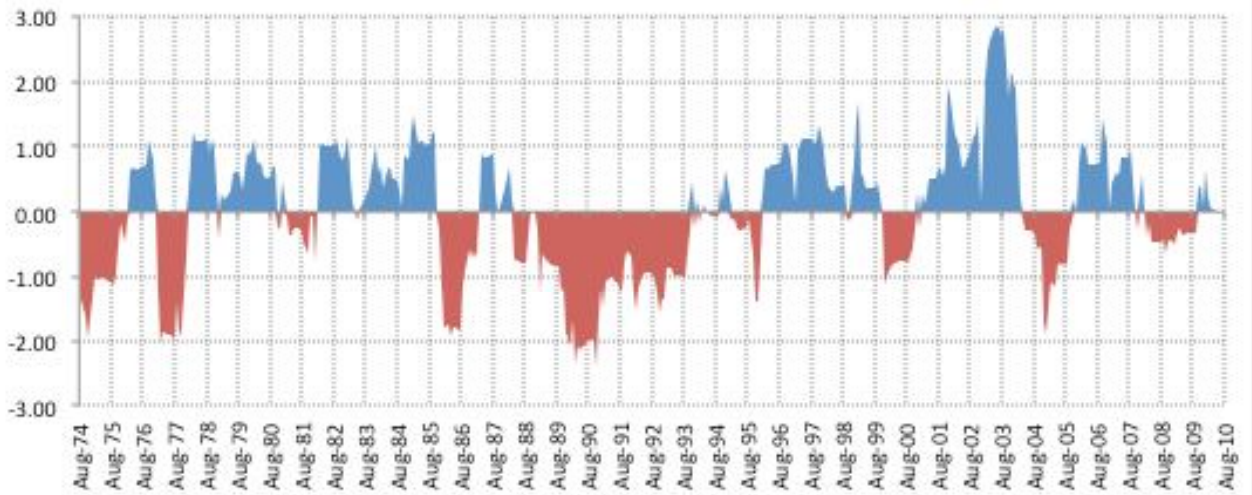
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Δείκτης SPI - μηνιαίο χρονικό βήμα, 12-μηνια χρονική κλίμακα

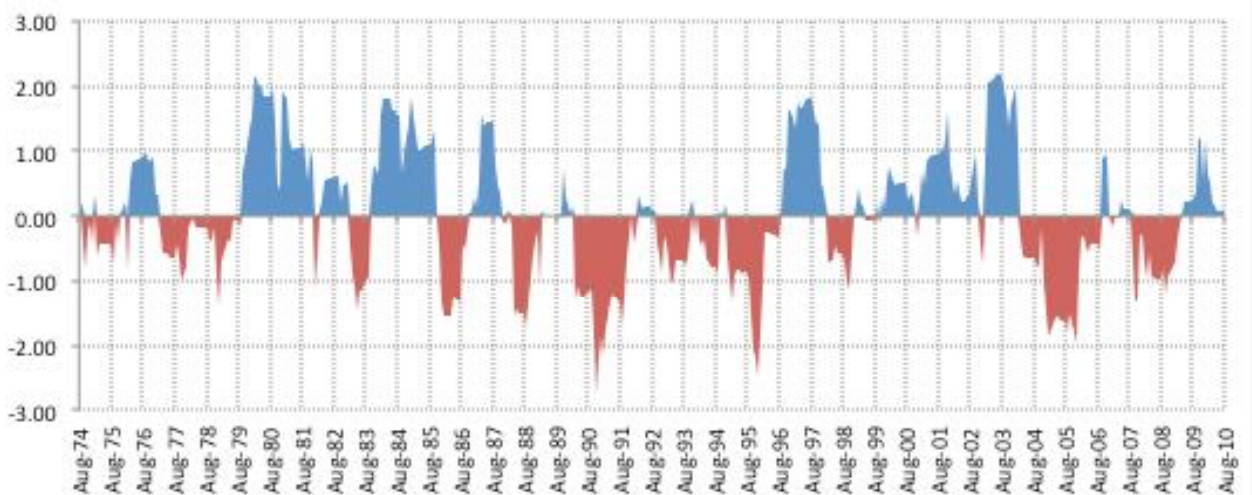
Χανιά



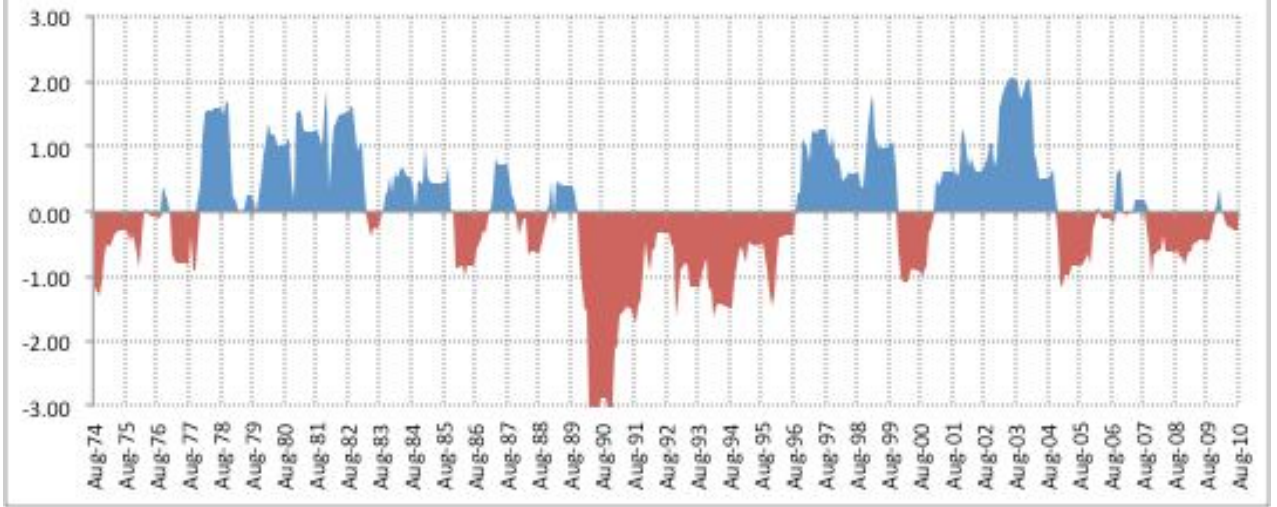
12-month SPI: Askyfou



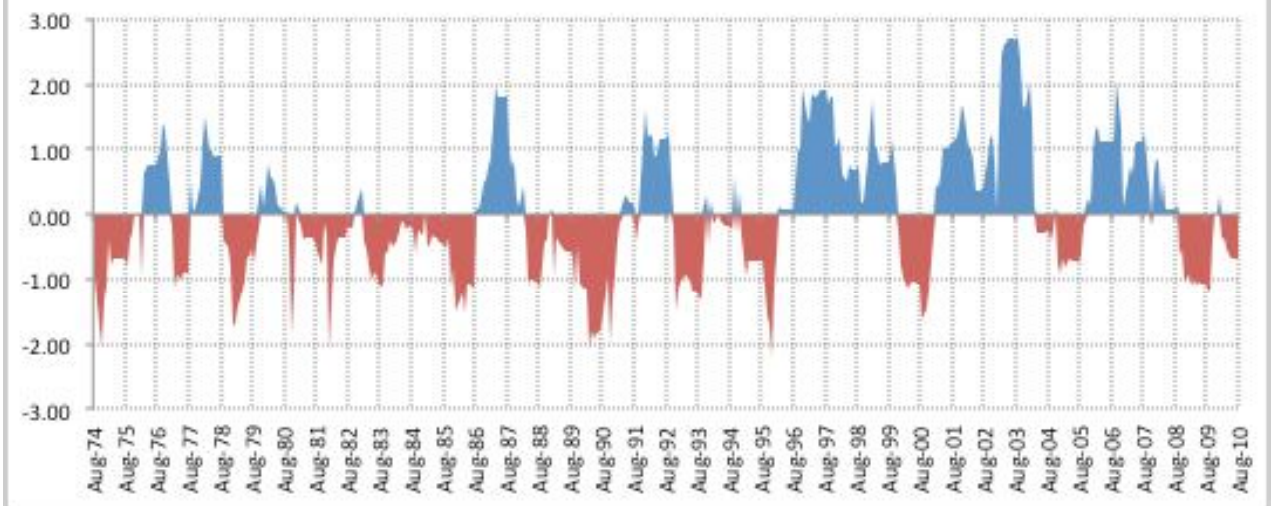
12-month SPI: Kalyves



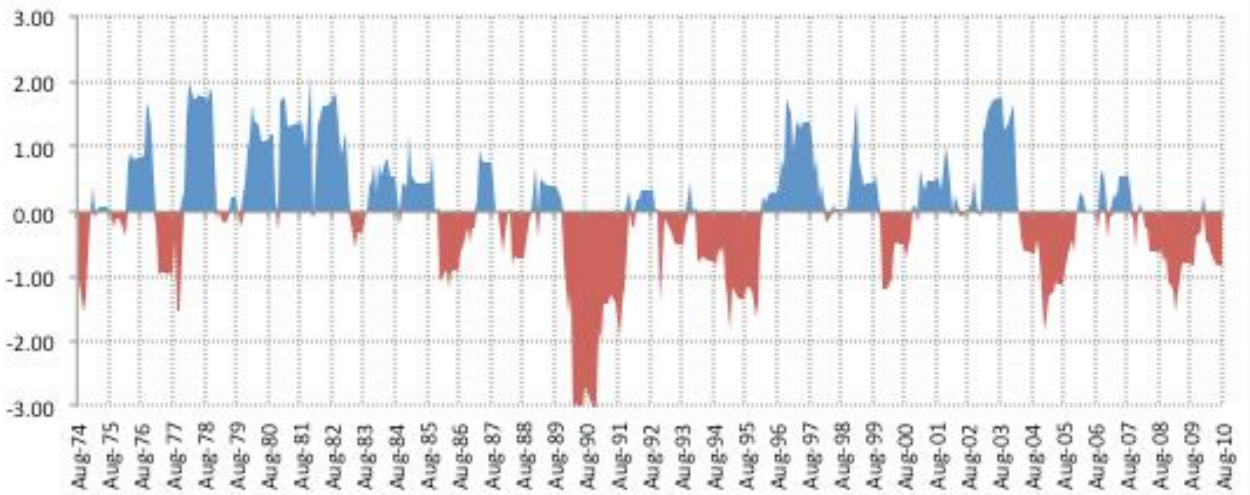
12-month SPI: Kandanos



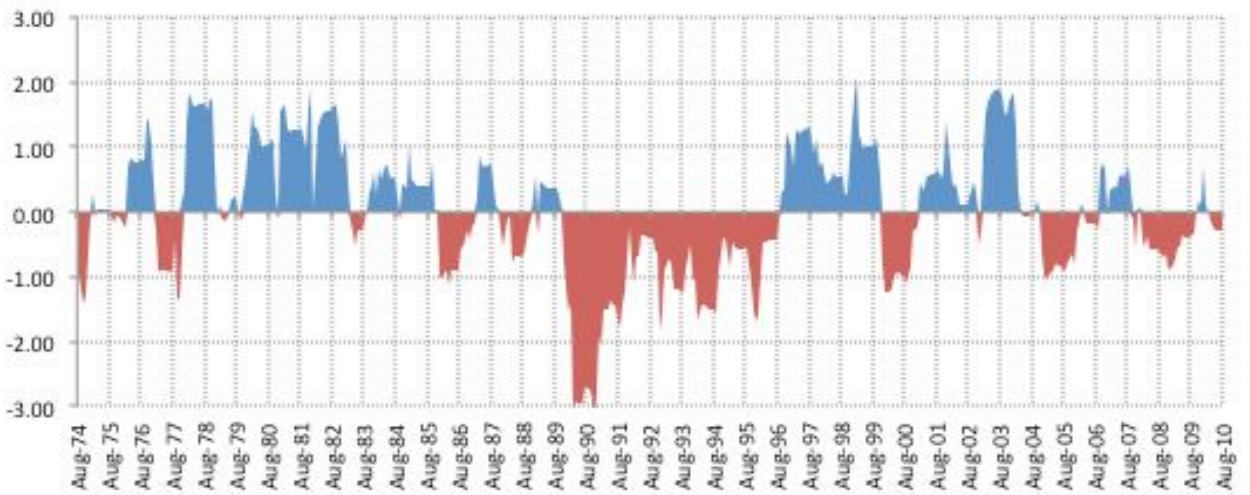
12-month SPI: Mouri



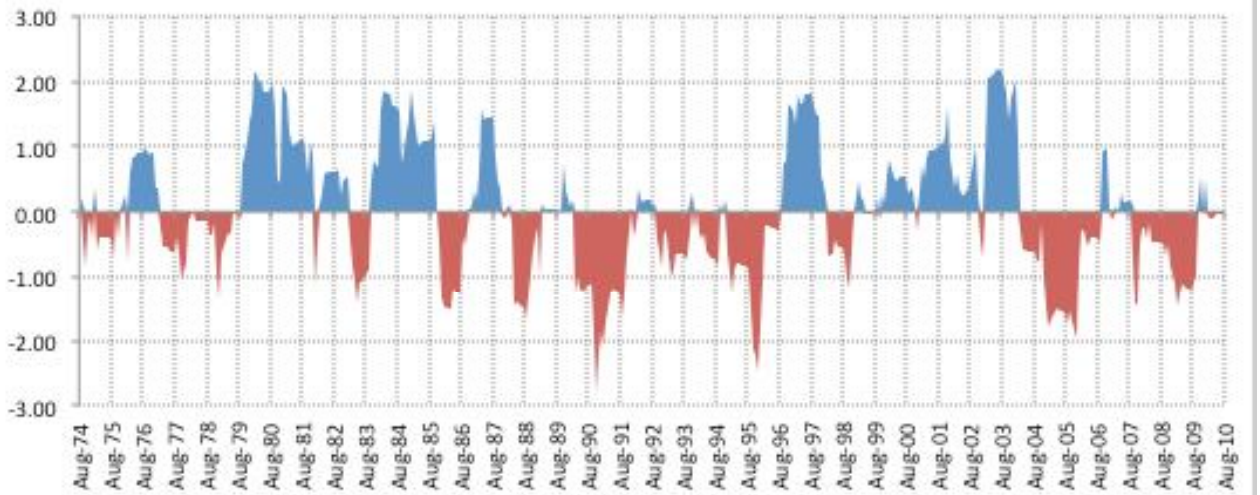
12-month SPI: Palaia Roumata



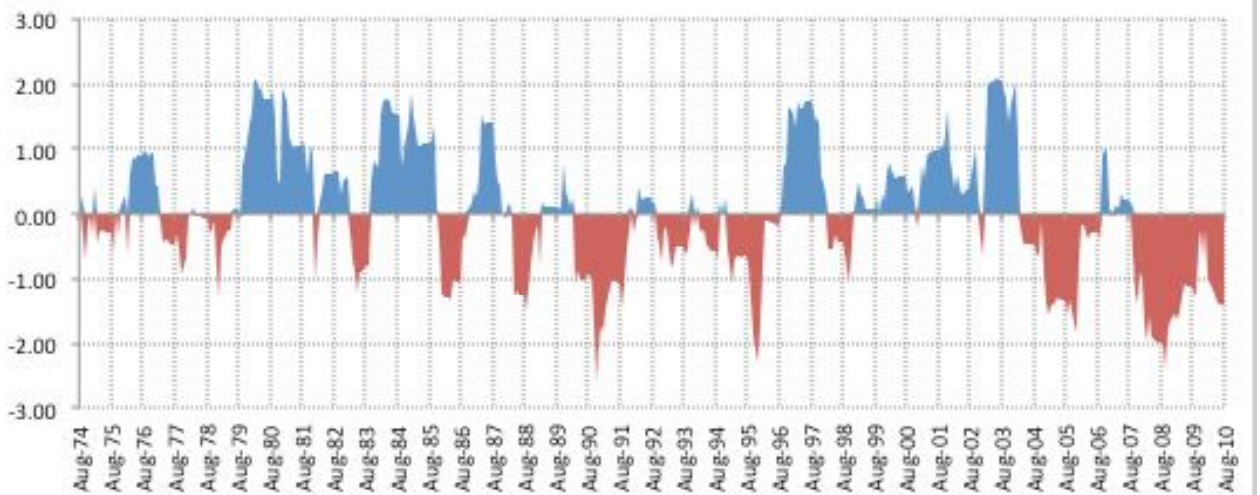
12-month SPI: Prasses



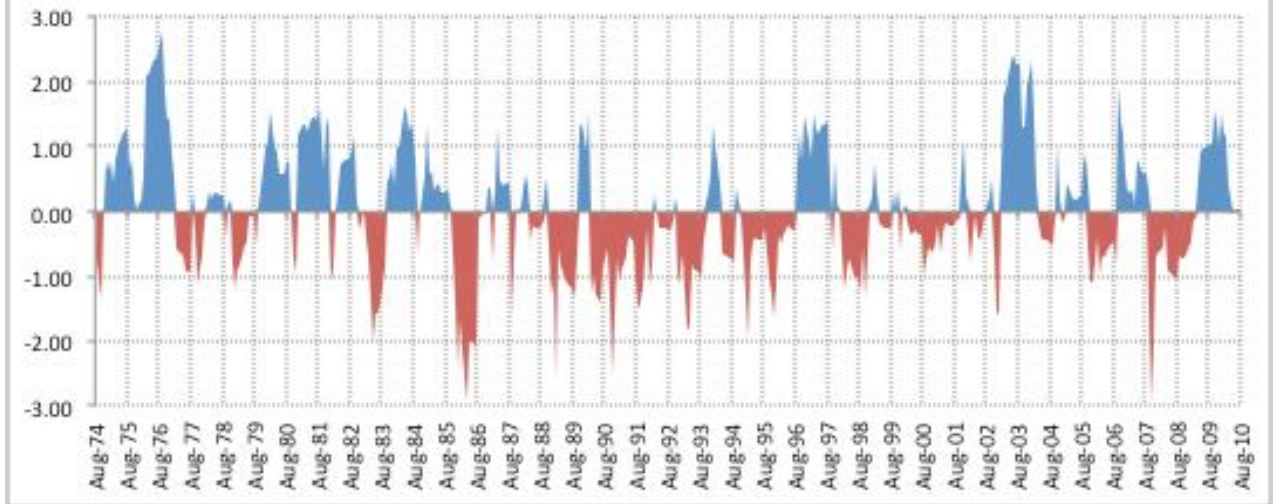
12-month SPI: Psychro Pigadi



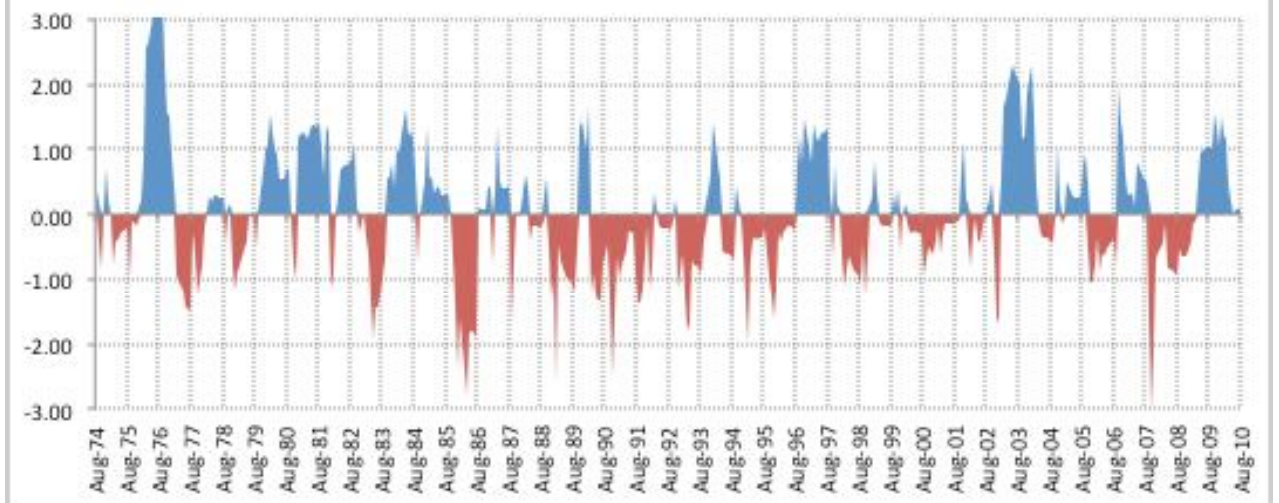
12-month SPI: Samonas



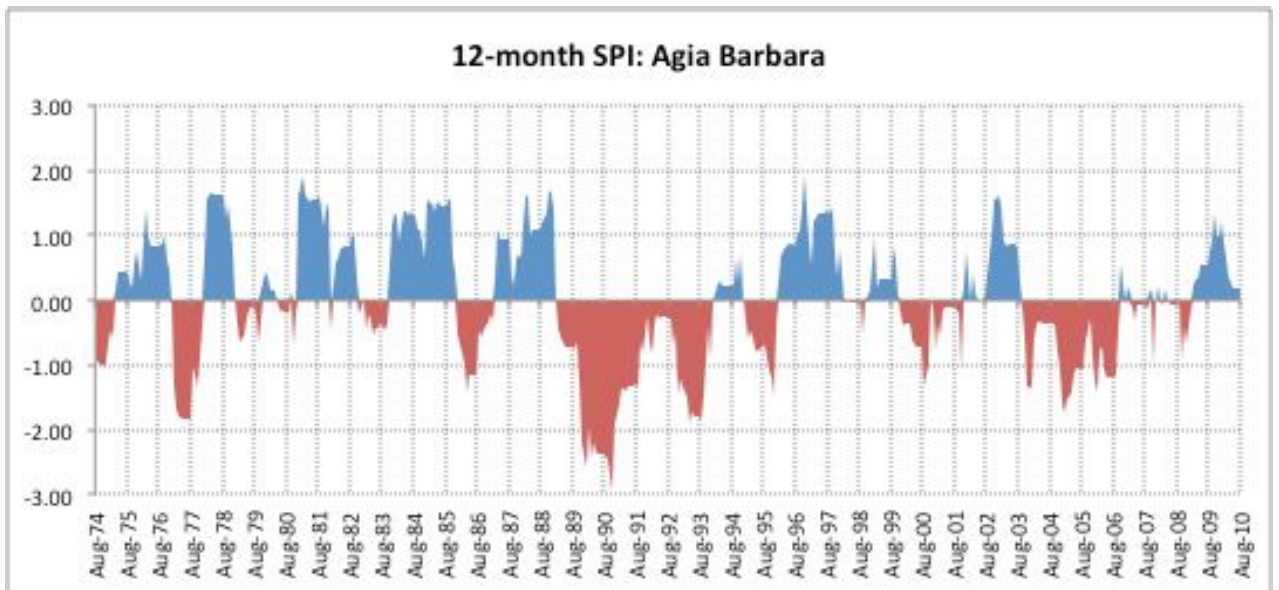
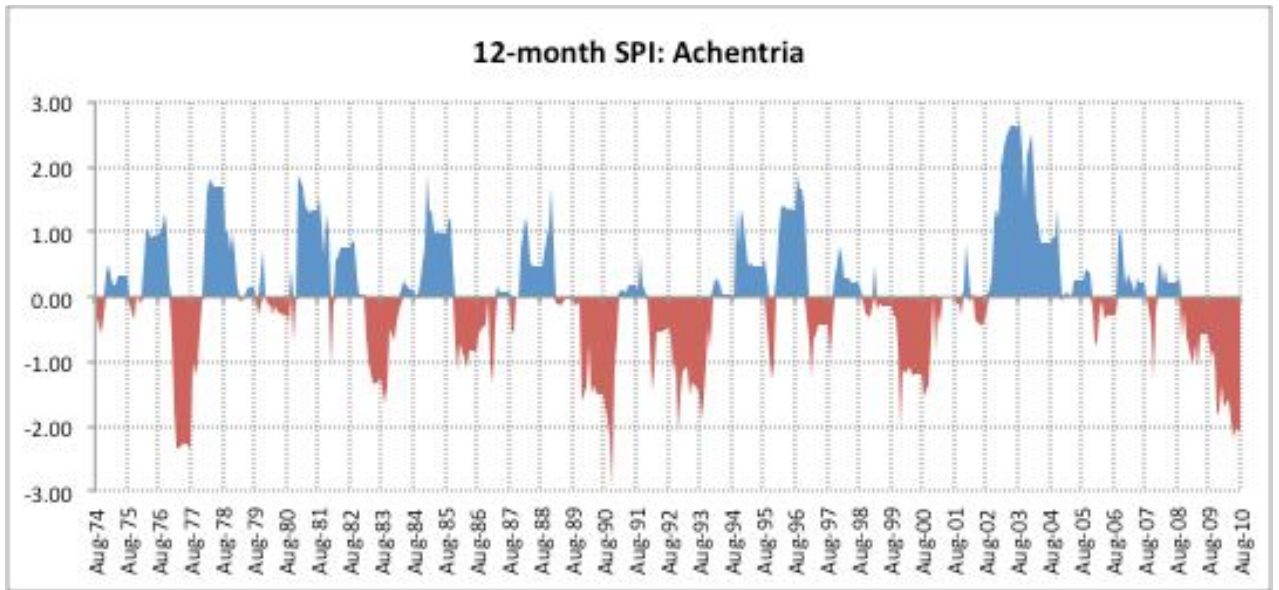
12-month SPI: Tavronitis



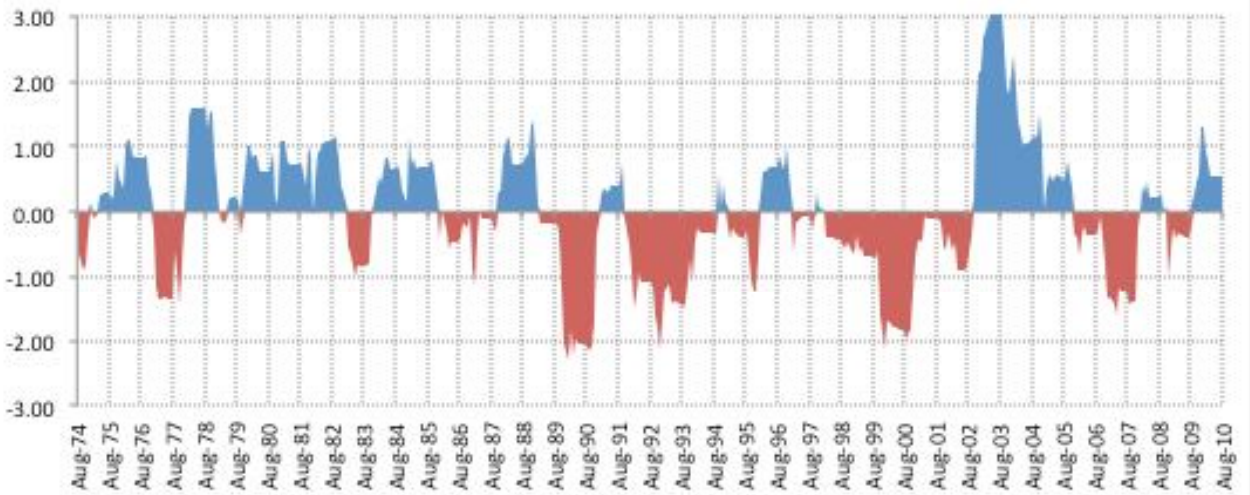
12-month SPI: Zymvragos



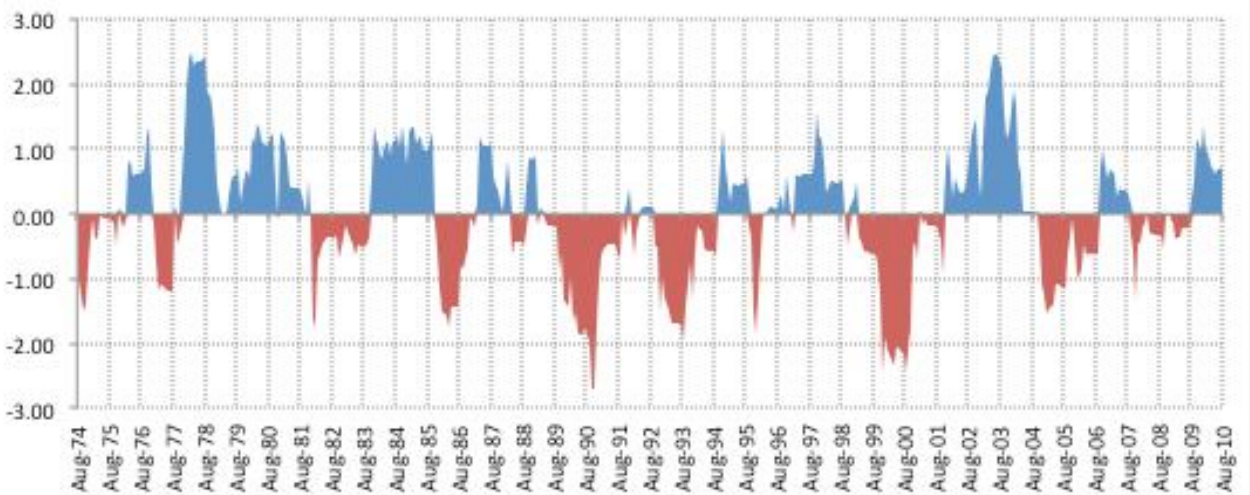
Ηράκλειο

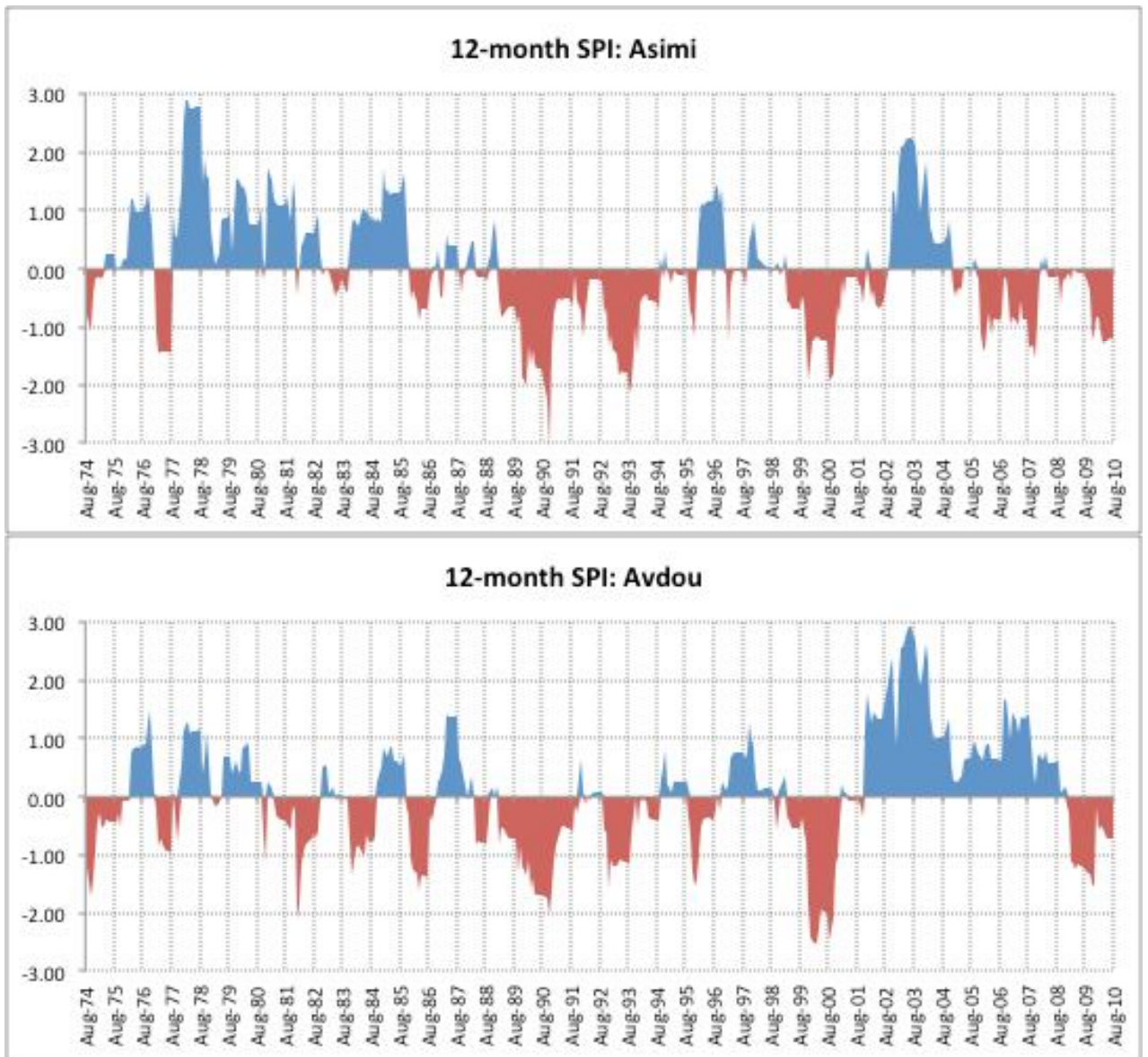


12-month SPI: Agios Kyrillos

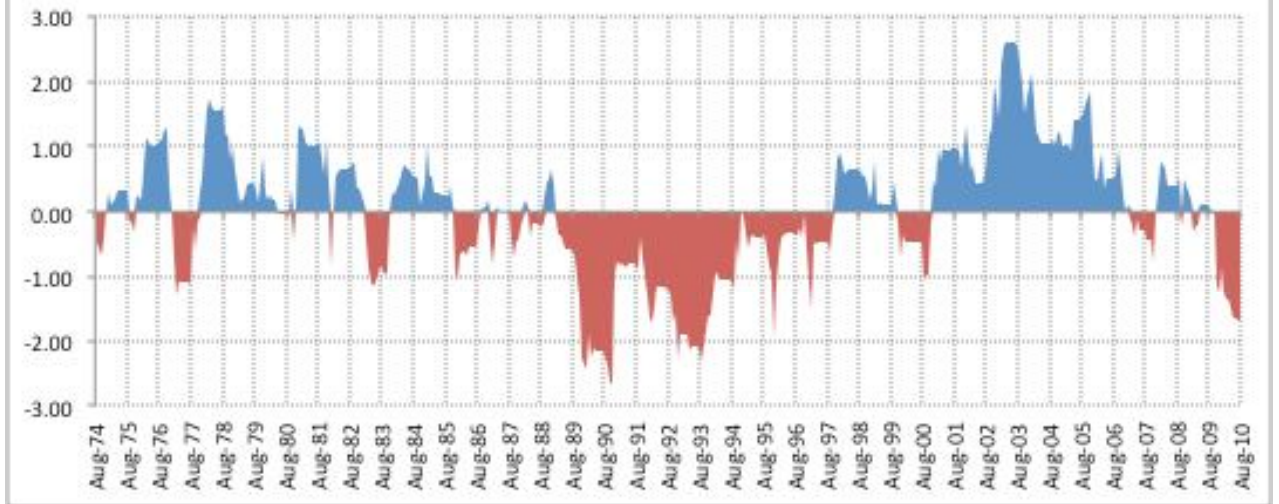


12-month SPI: Armacha

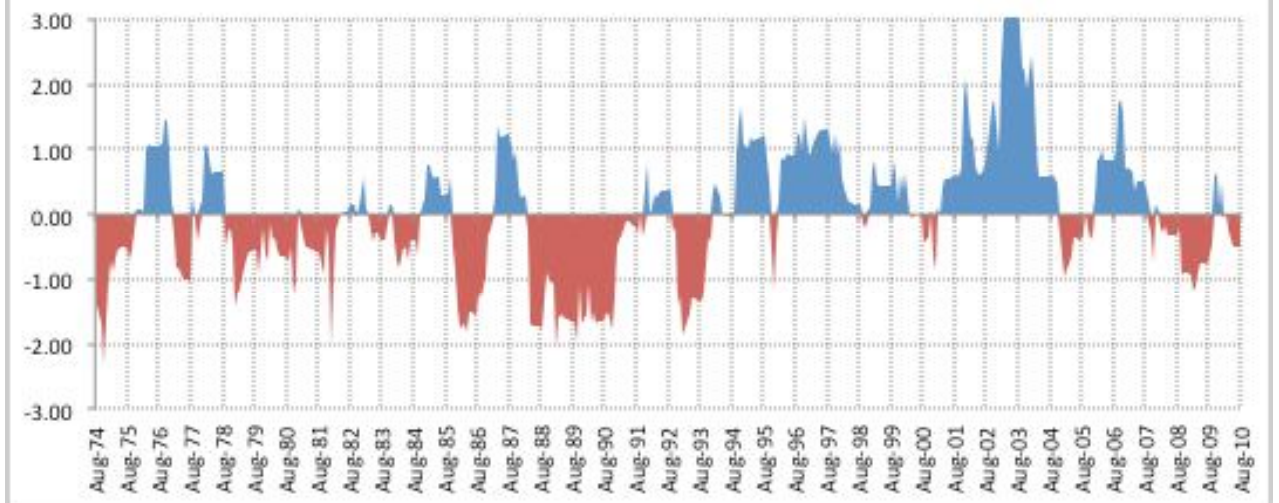




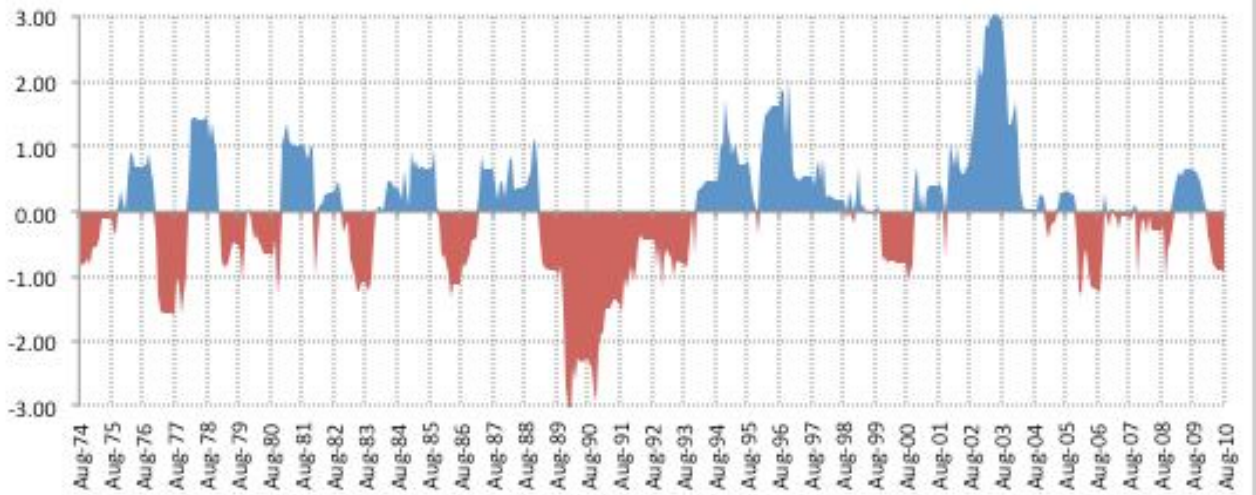
12-month SPI: Demati



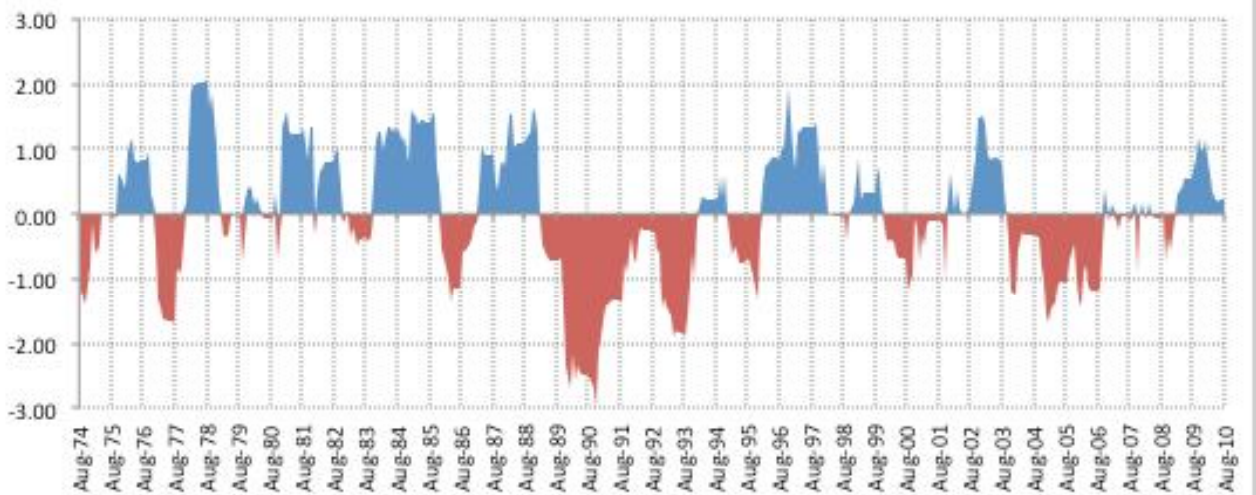
12-month SPI: Foinikia



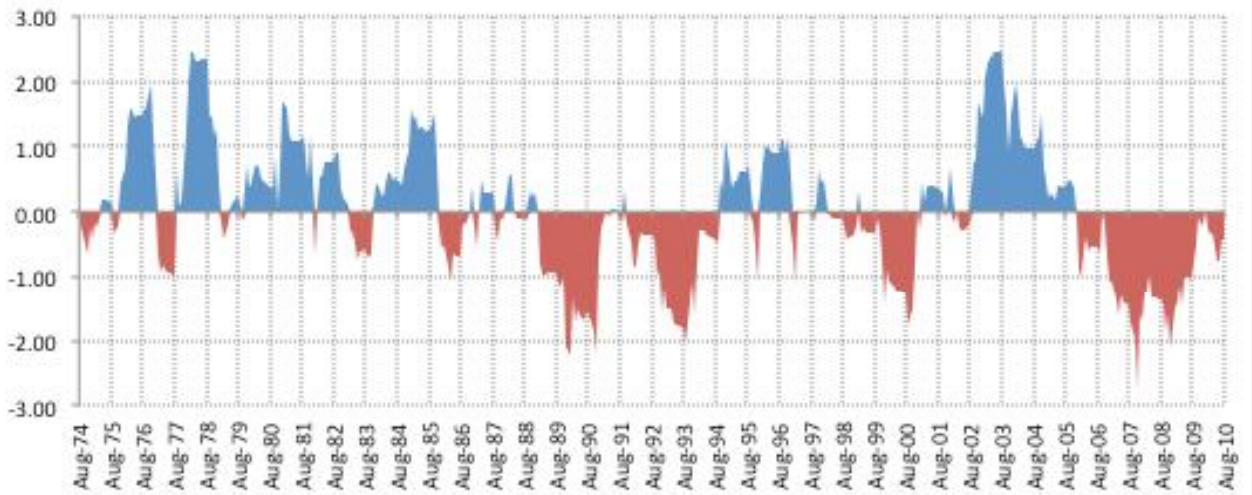
12-month SPI: Gergeri



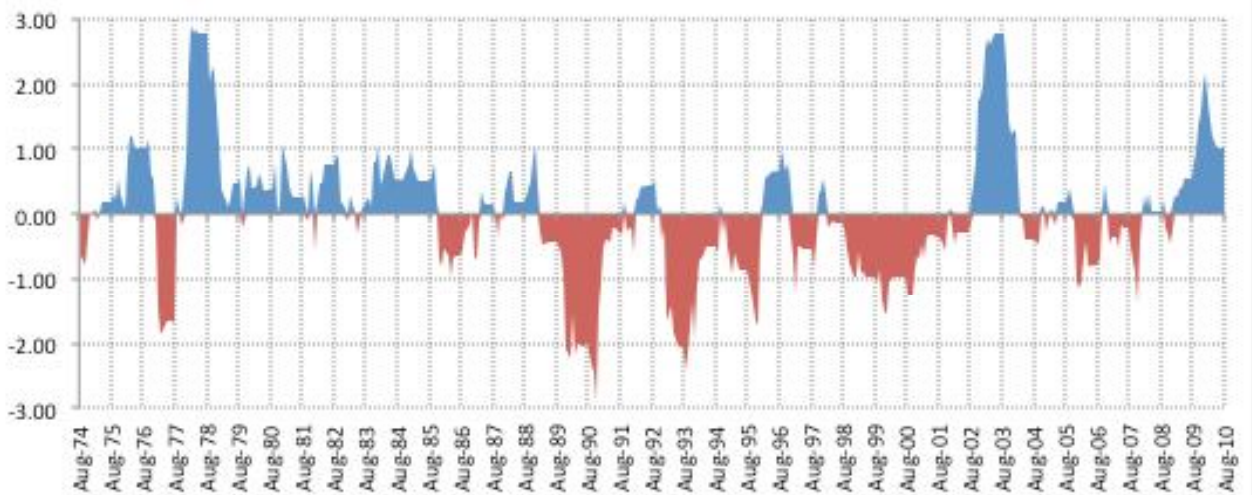
12-month SPI: Gortis



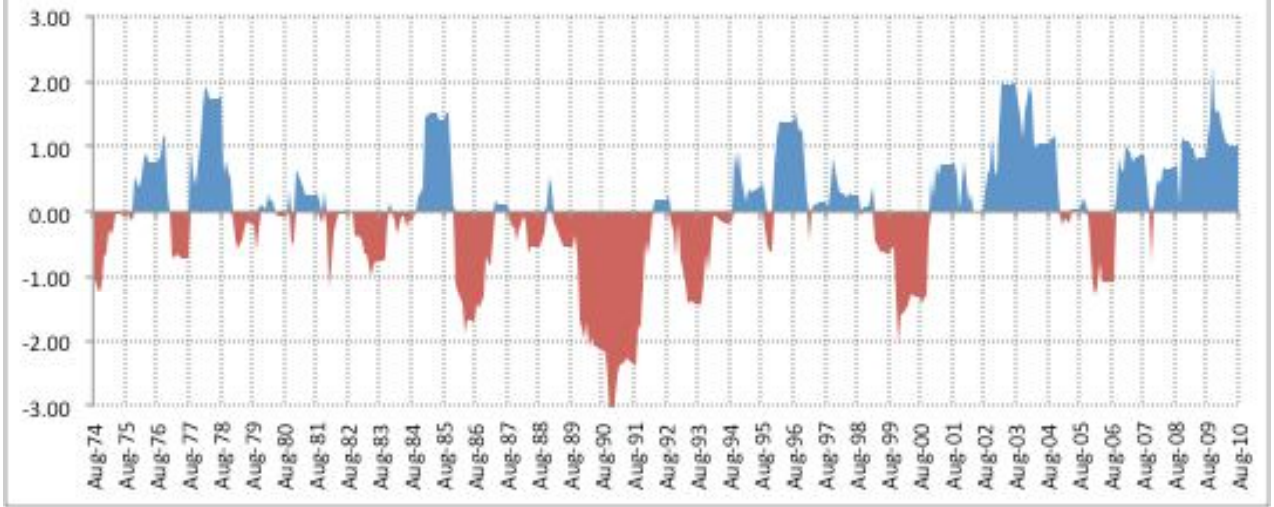
12-month SPI: Kalivia



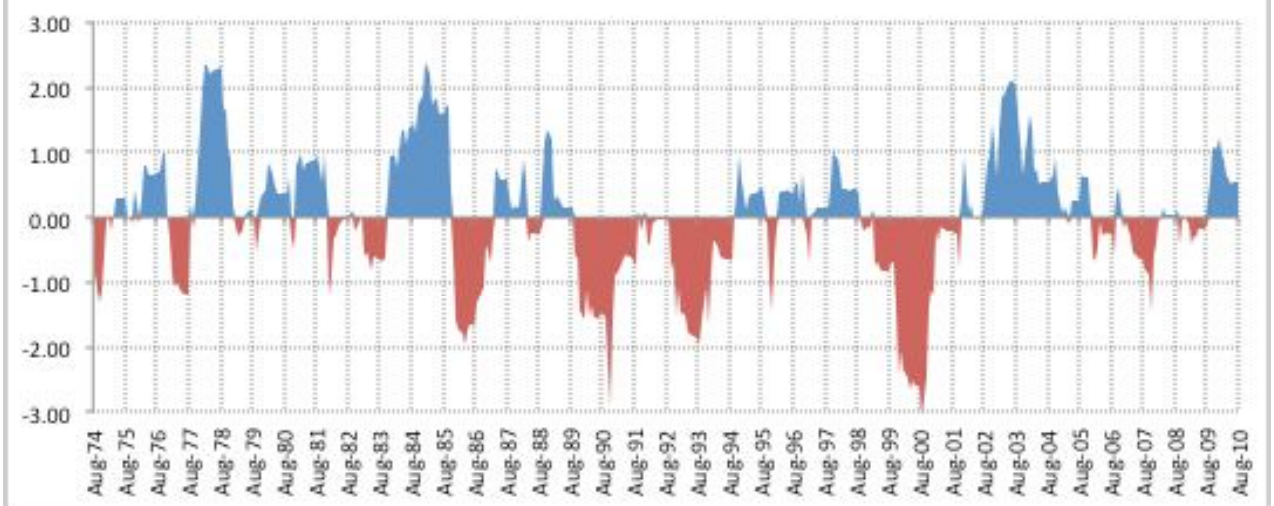
12-month SPI: Kapetaniana



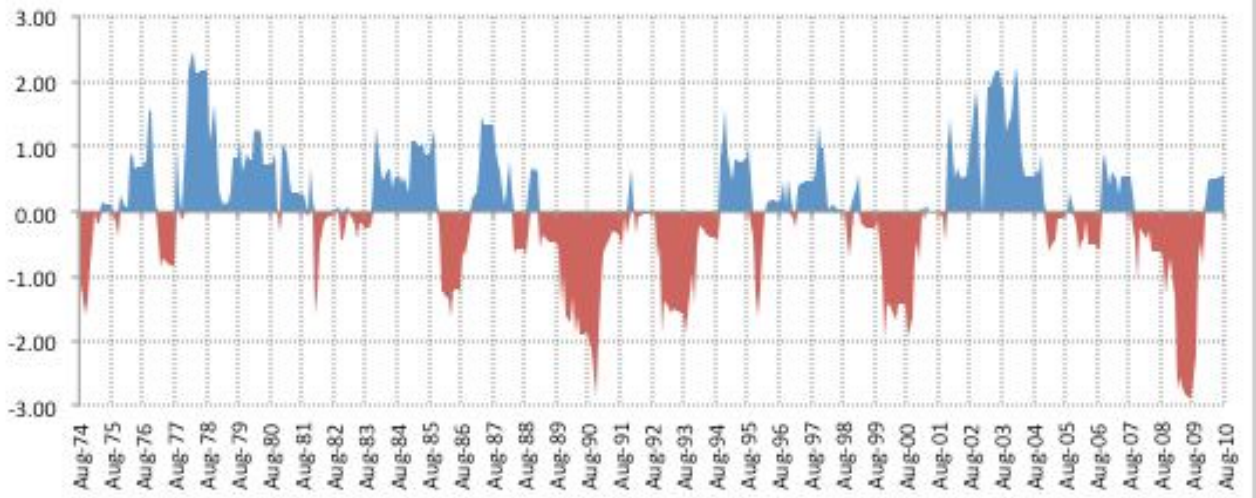
12-month SPI: Kapsali



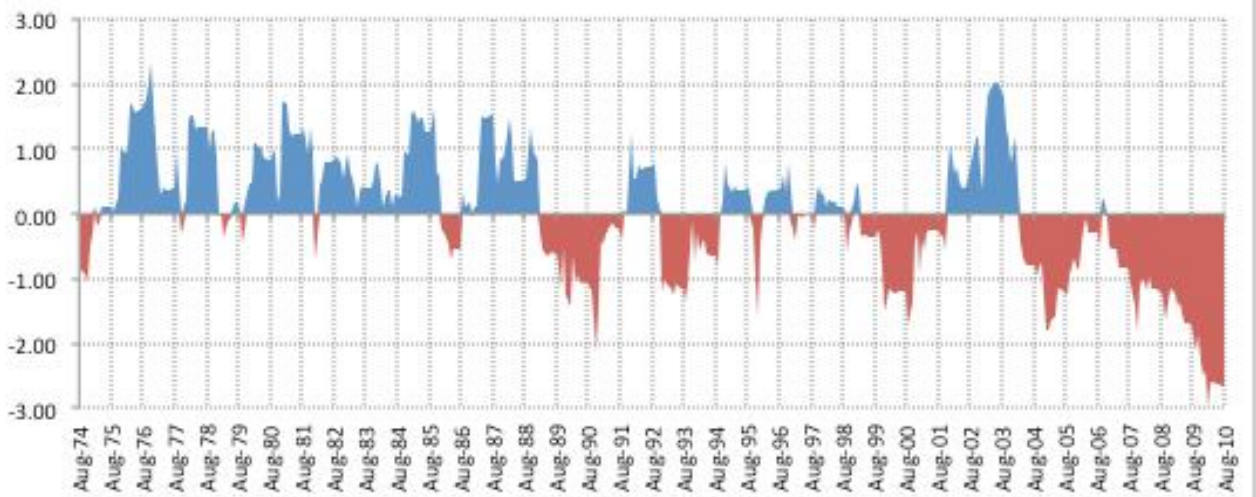
12-month SPI: Kassanoi



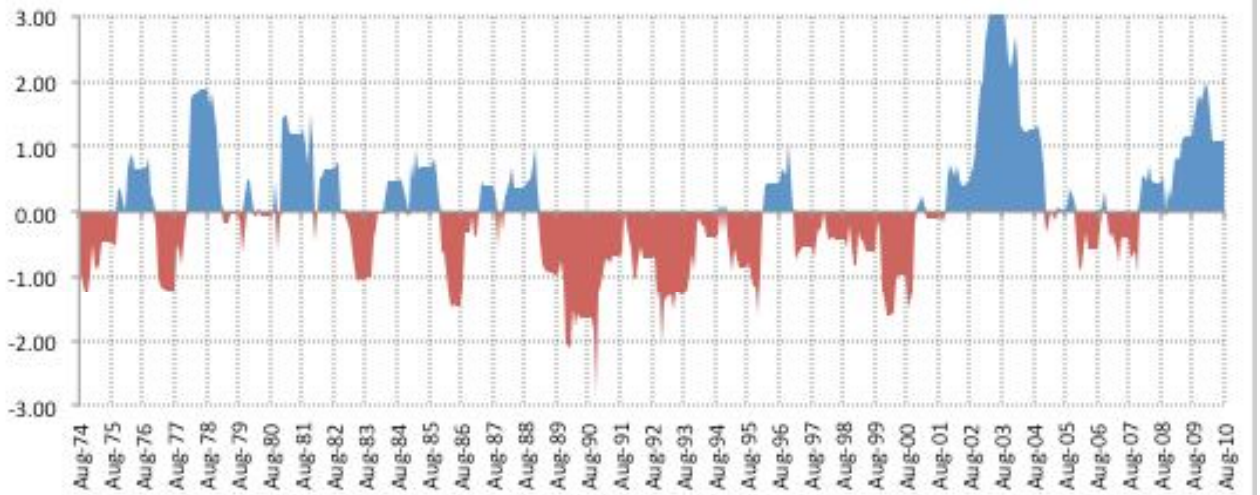
12-month SPI: Kasteli



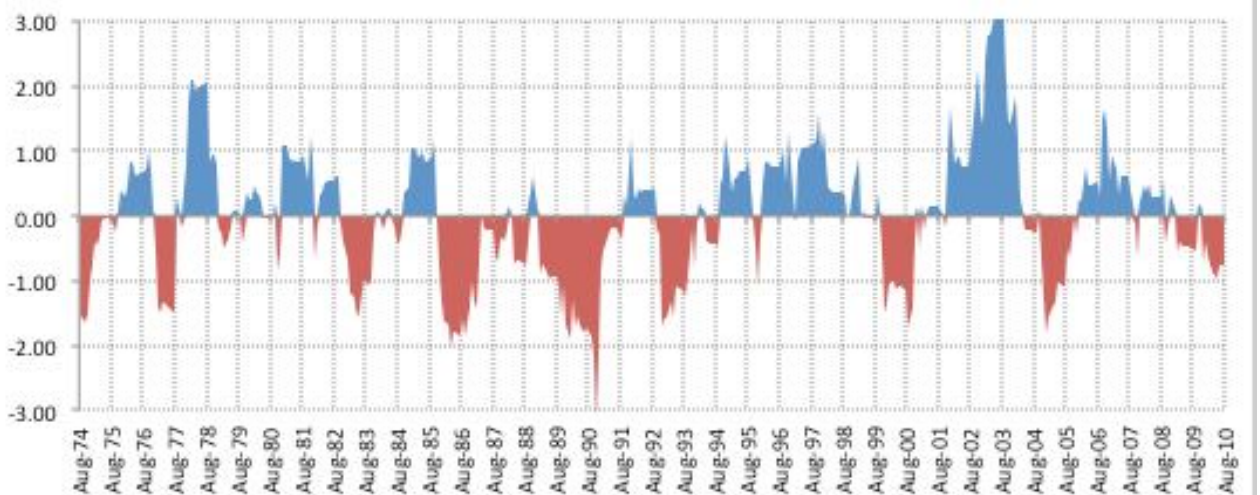
12-month SPI: Kroussonas



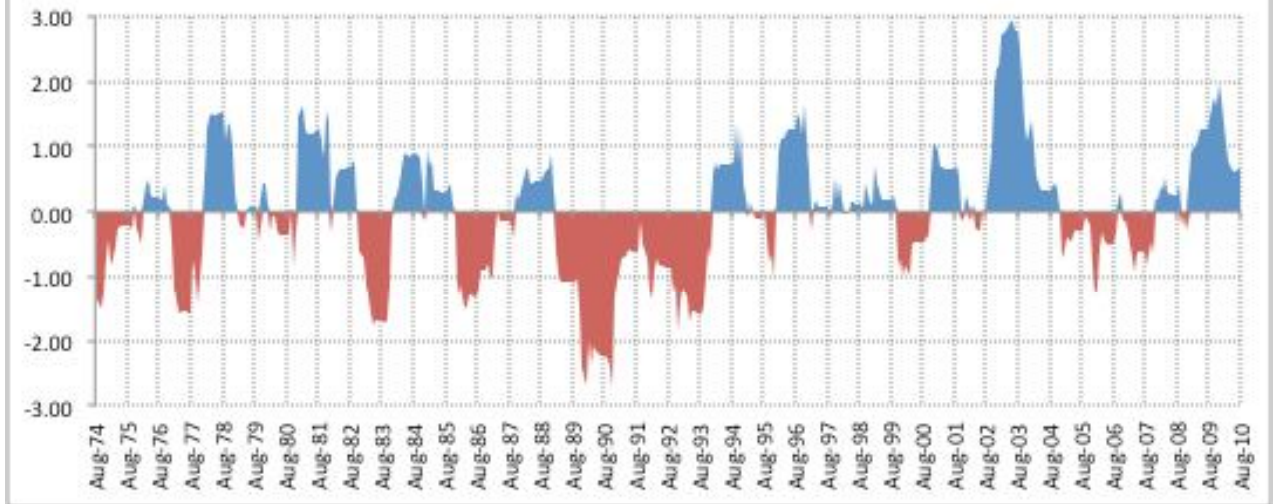
12-month SPI: Lagolio



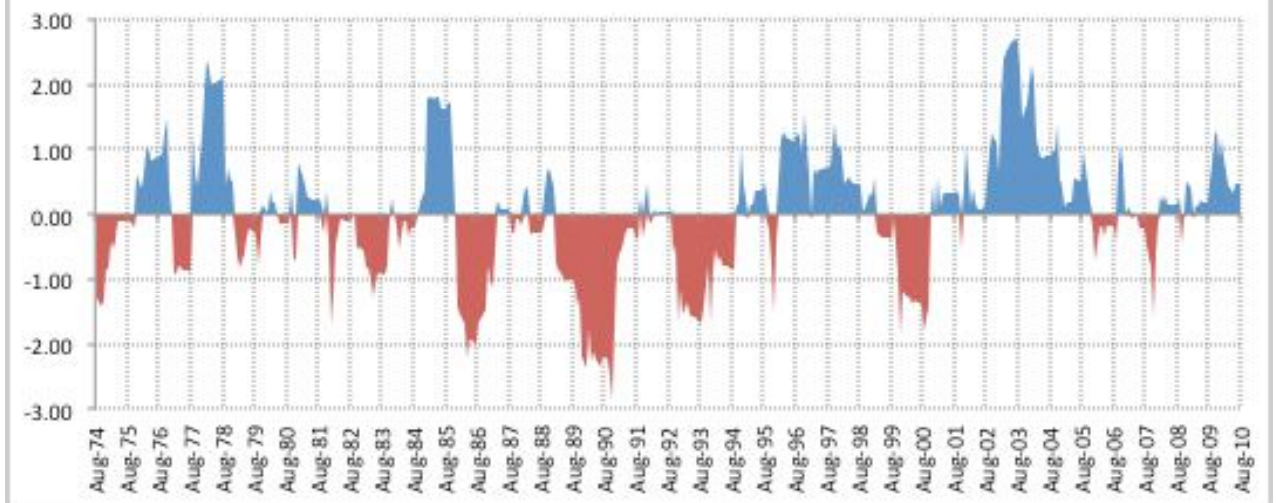
12-month SPI: Metaxochori



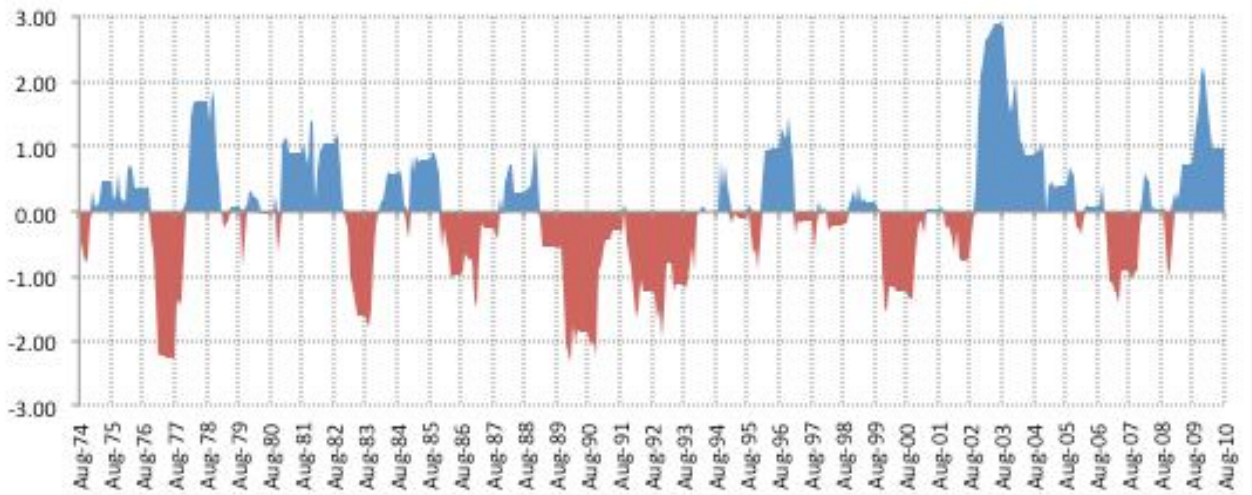
12-month SPI: Moroni



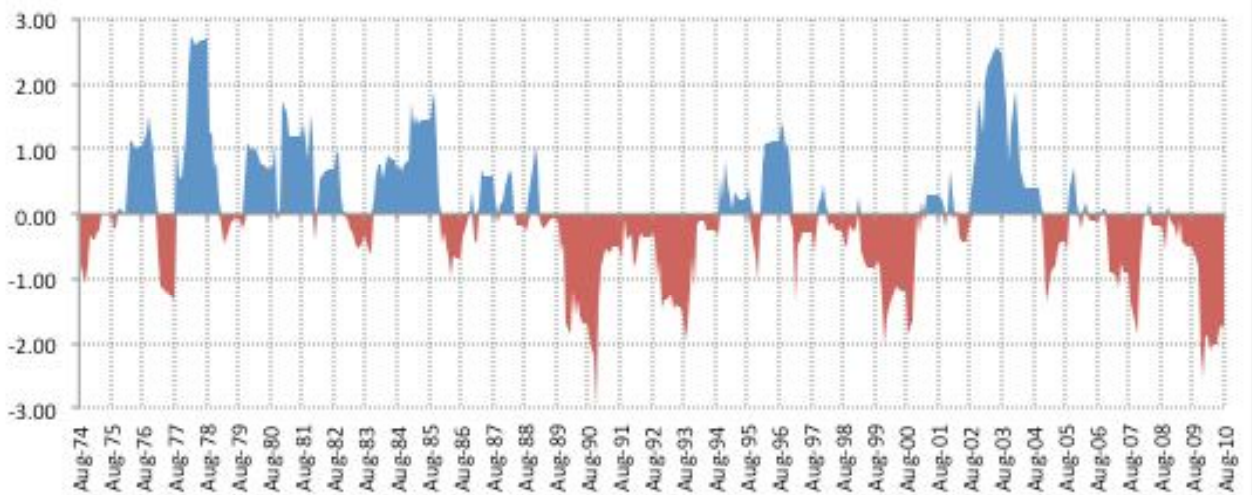
12-month SPI: Partira



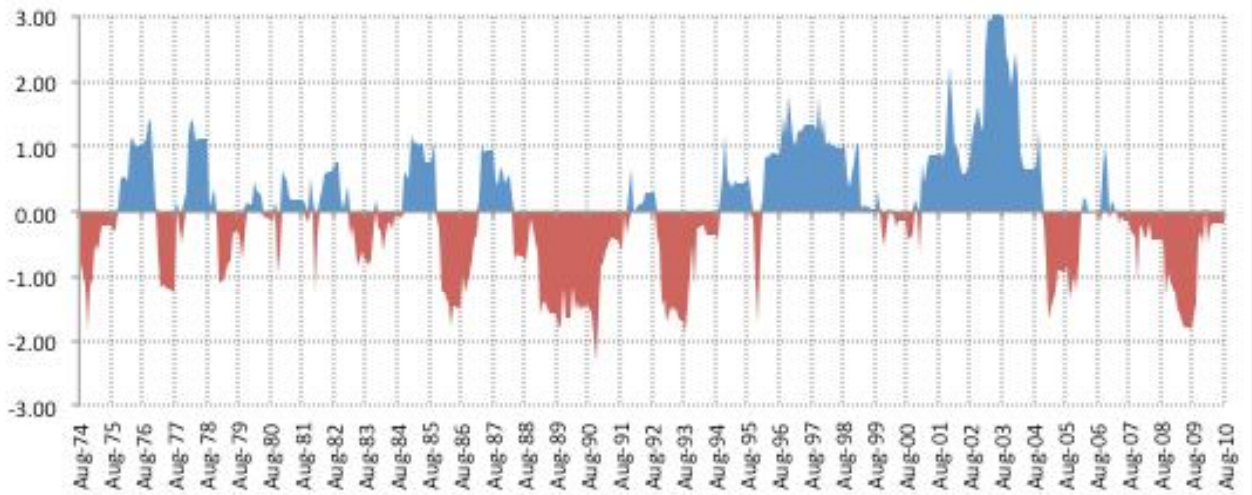
12-month SPI: Pompia



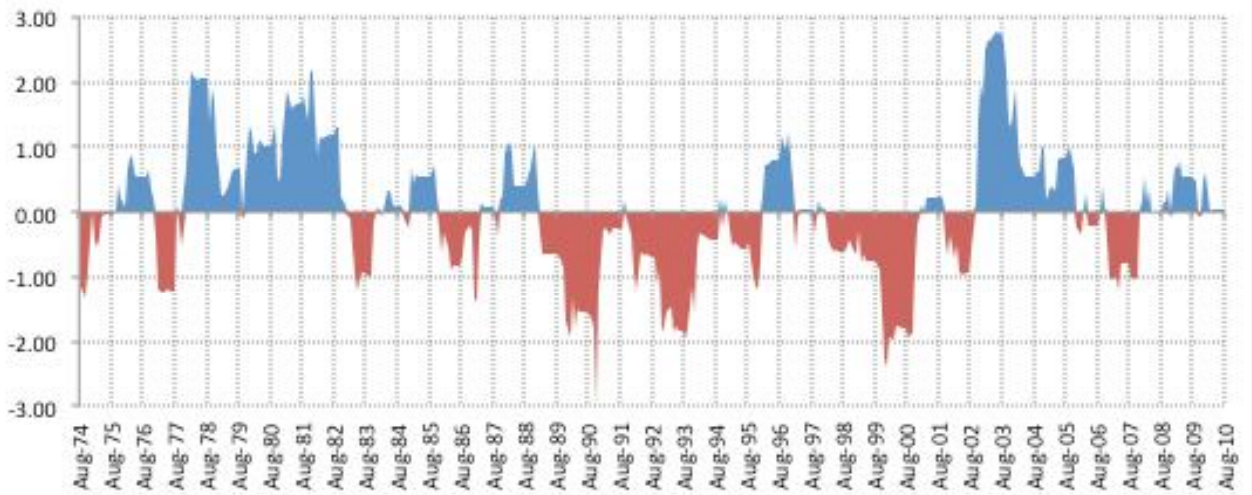
12-month SPI: Pretoria

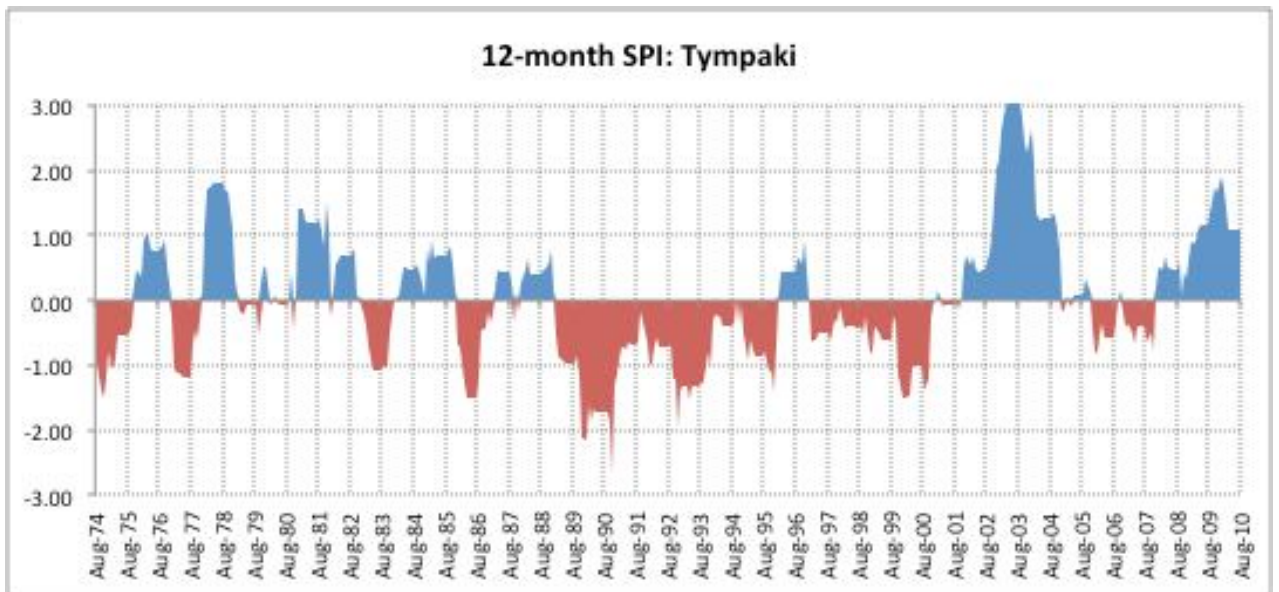
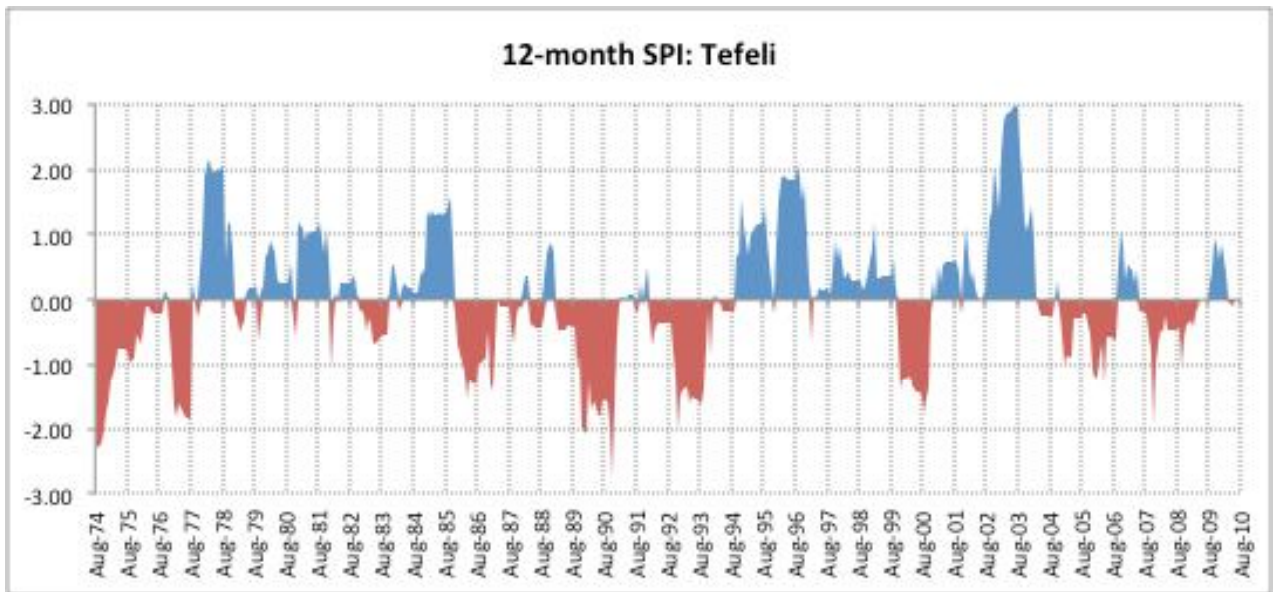


12-month SPI: Profitis Ilias

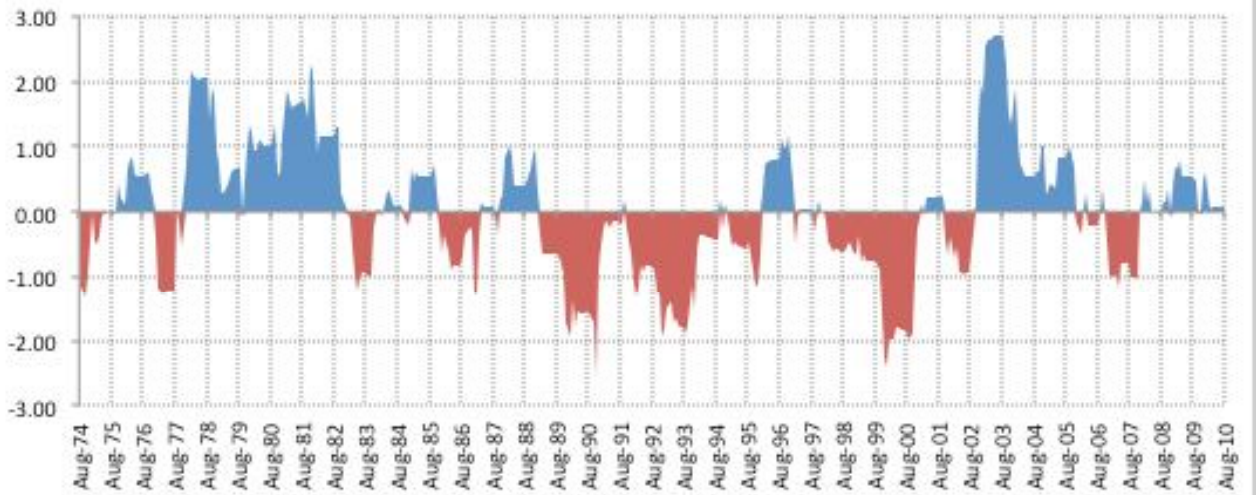


12-month SPI: Sternes

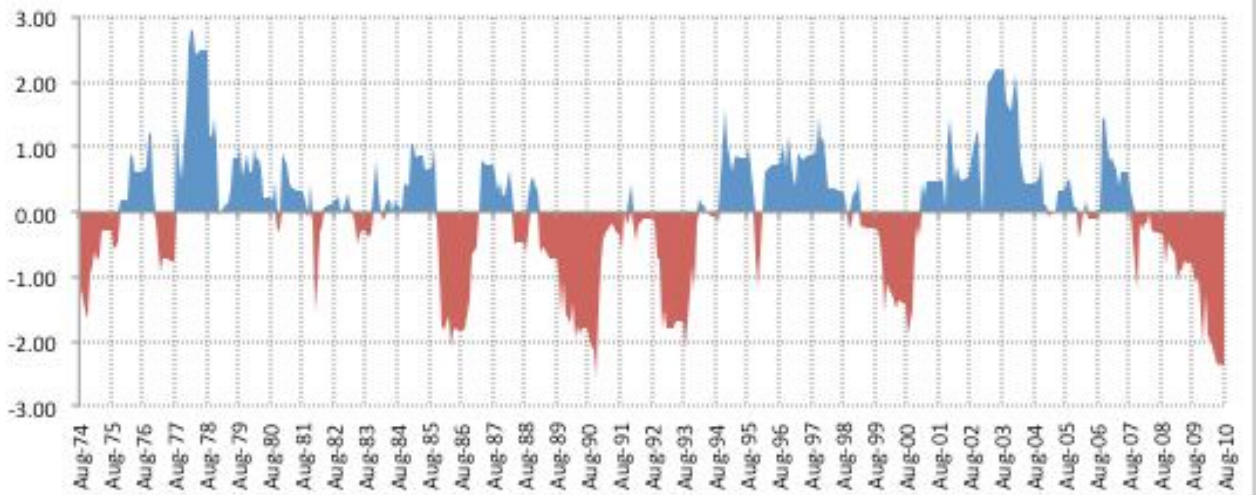




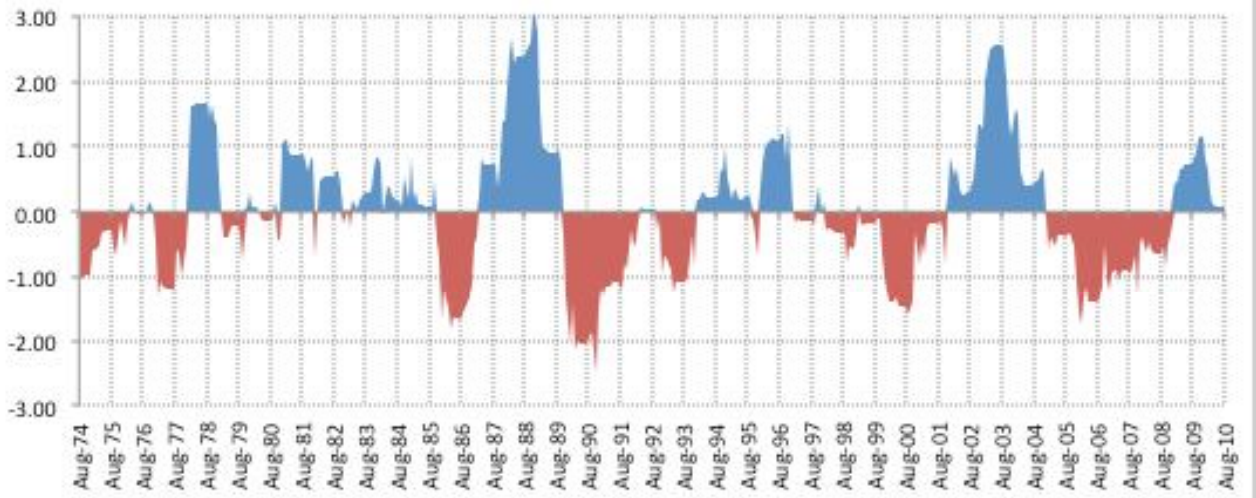
12-month SPI: Vagionia



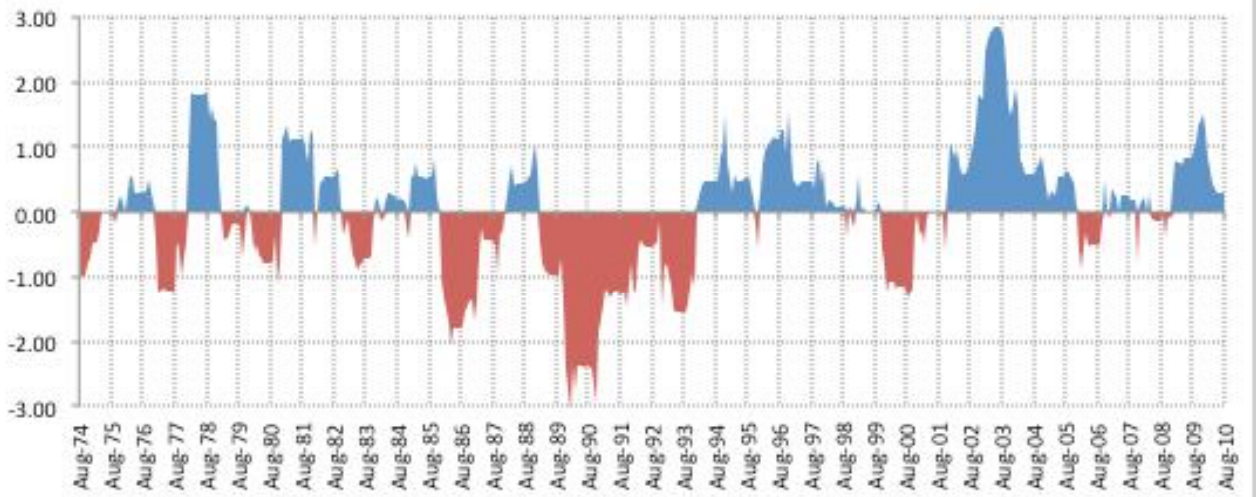
12-month SPI: Voni



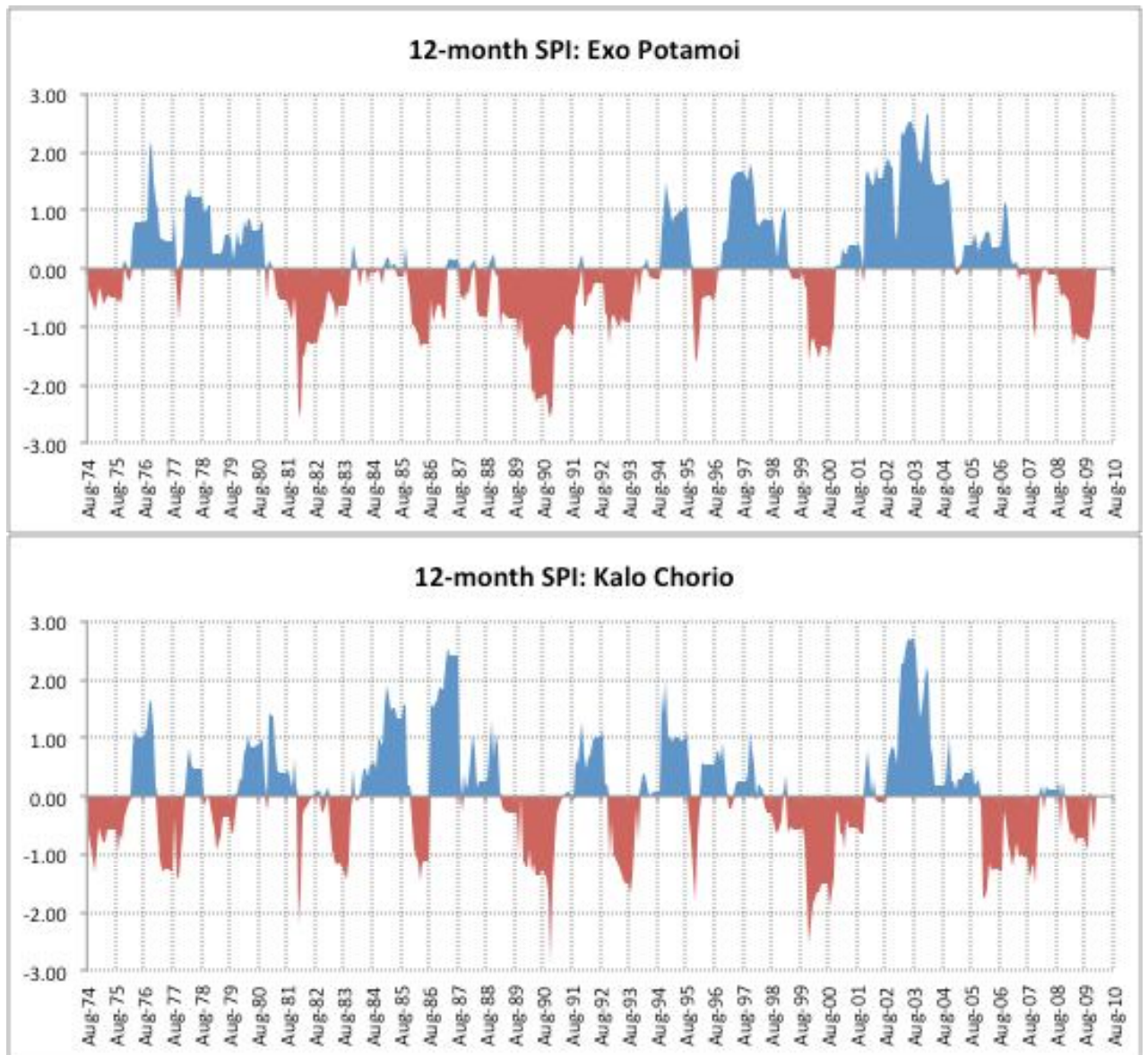
12-month SPI: Vorizia



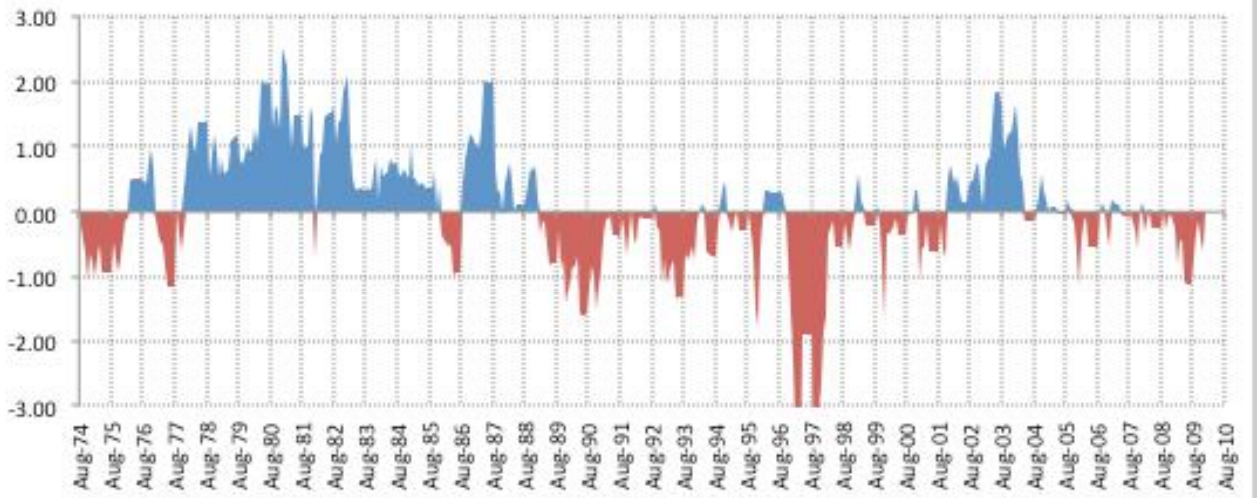
12-month SPI: Zaros



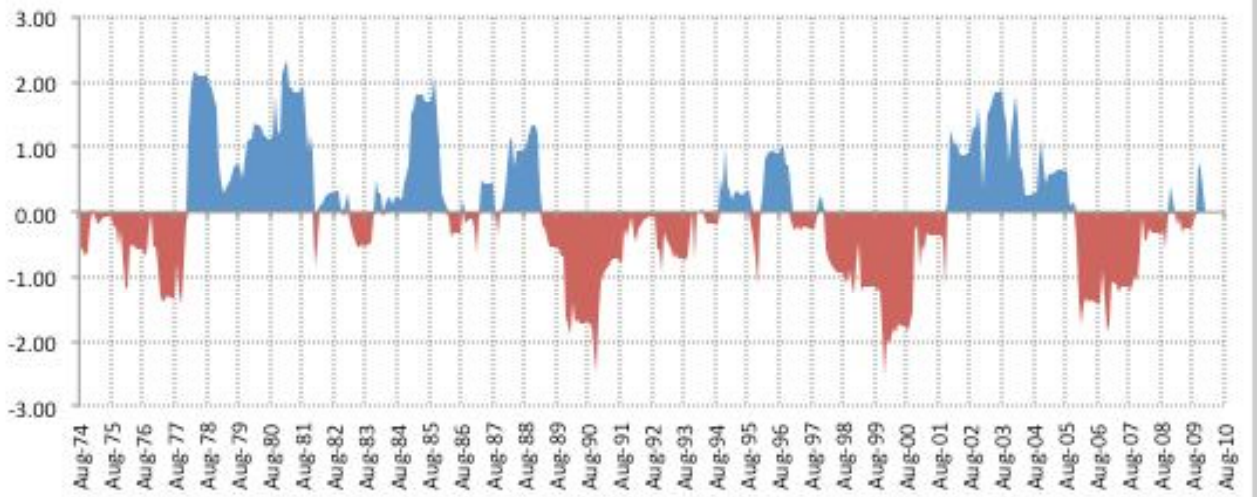
Λασιθι



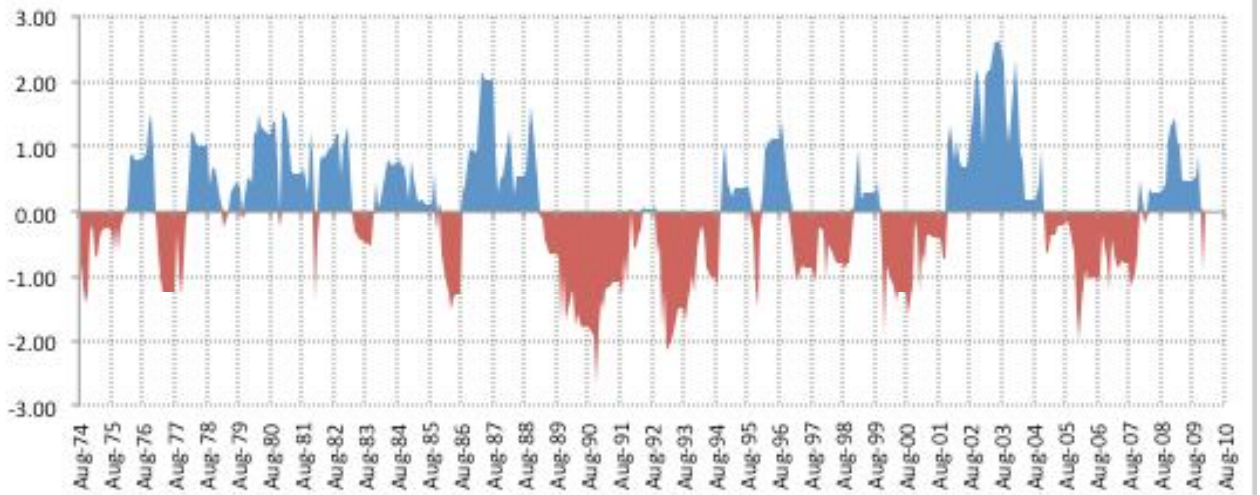
12-month SPI: Katsidoni



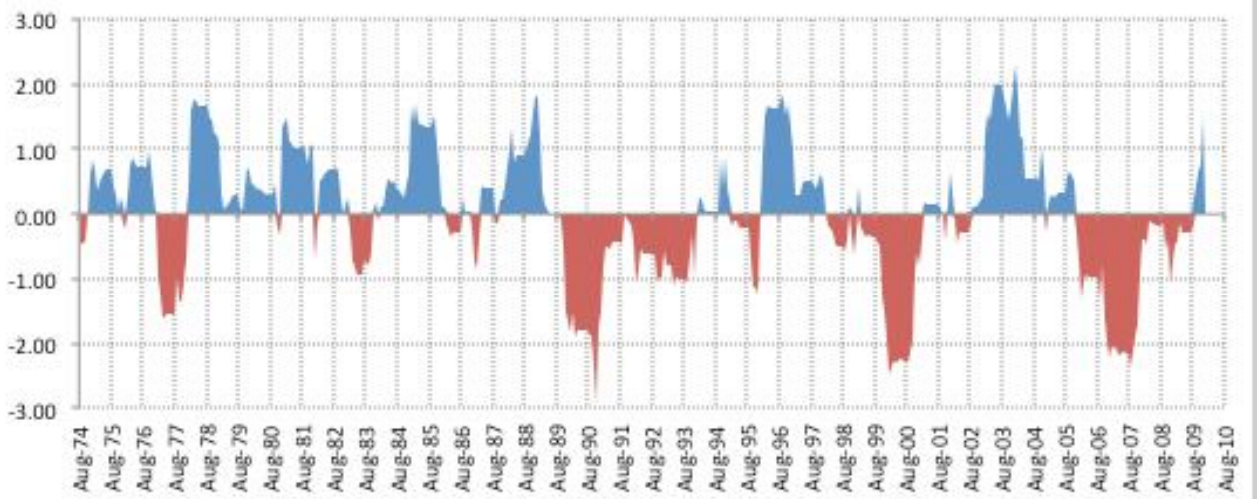
12-month SPI: Malles



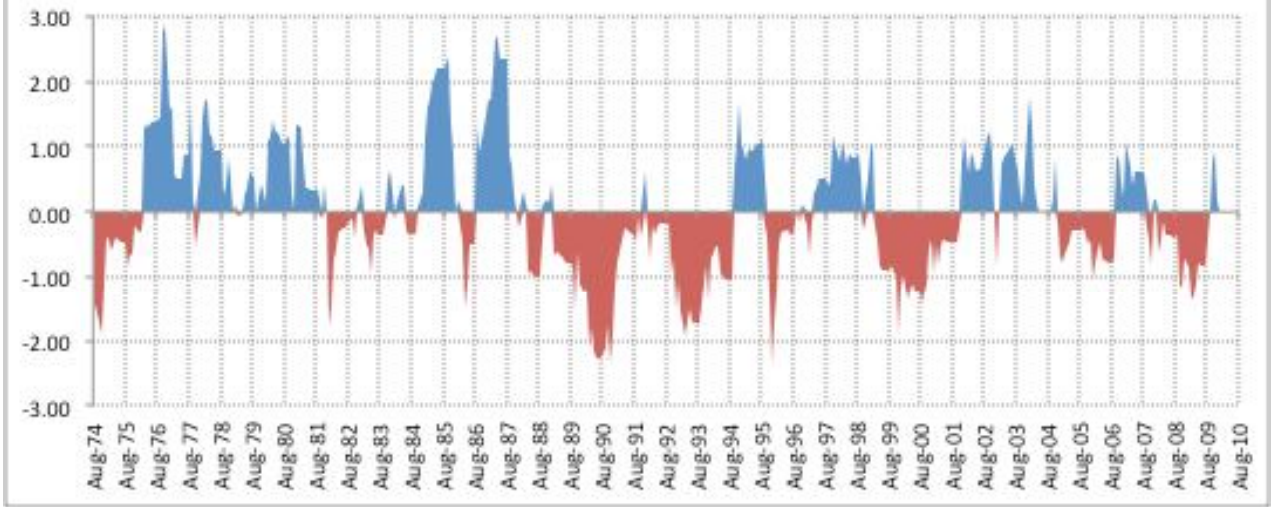
12-month SPI: Maronia



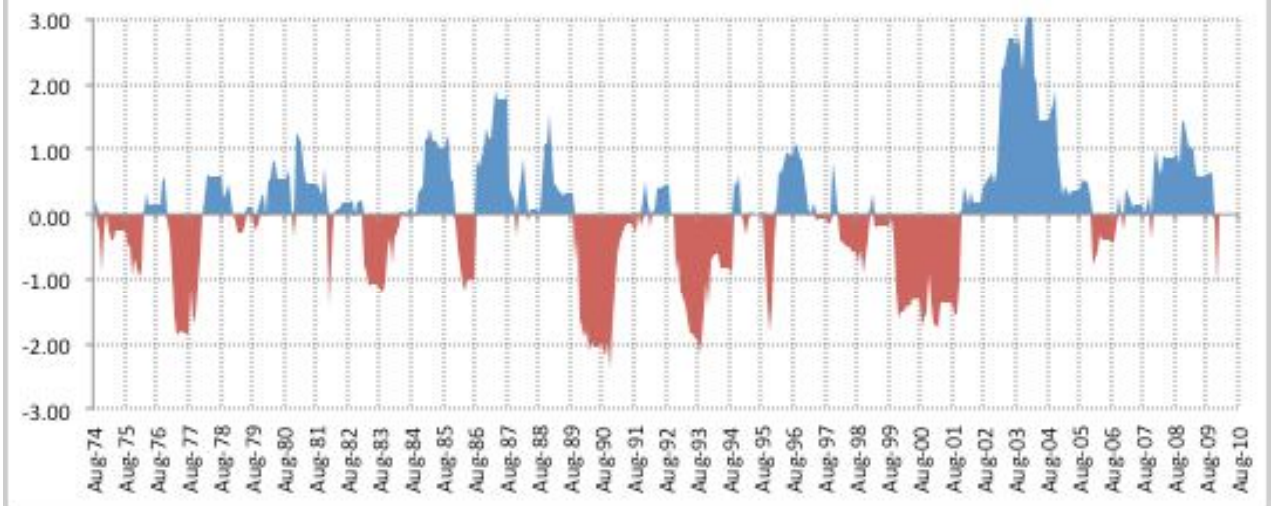
12-month SPI: Mythoi



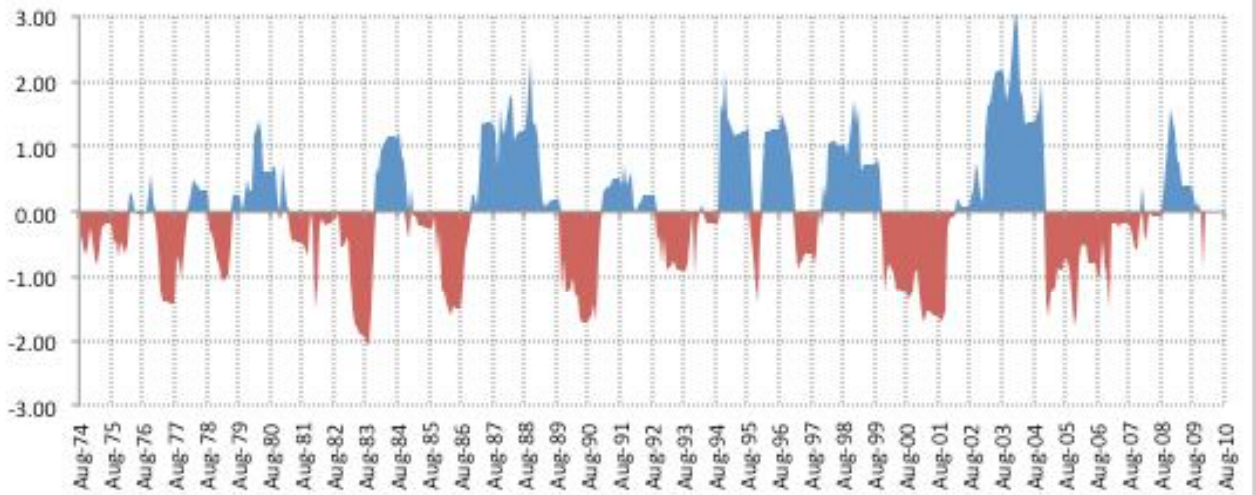
12-month SPI: Neapoli



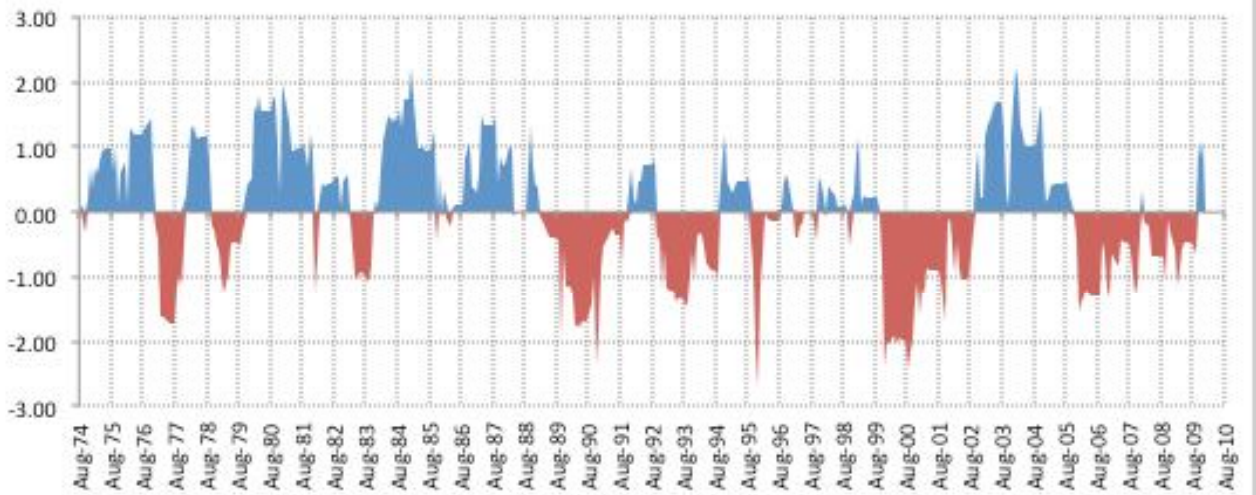
12-month SPI: Pachia Ammos



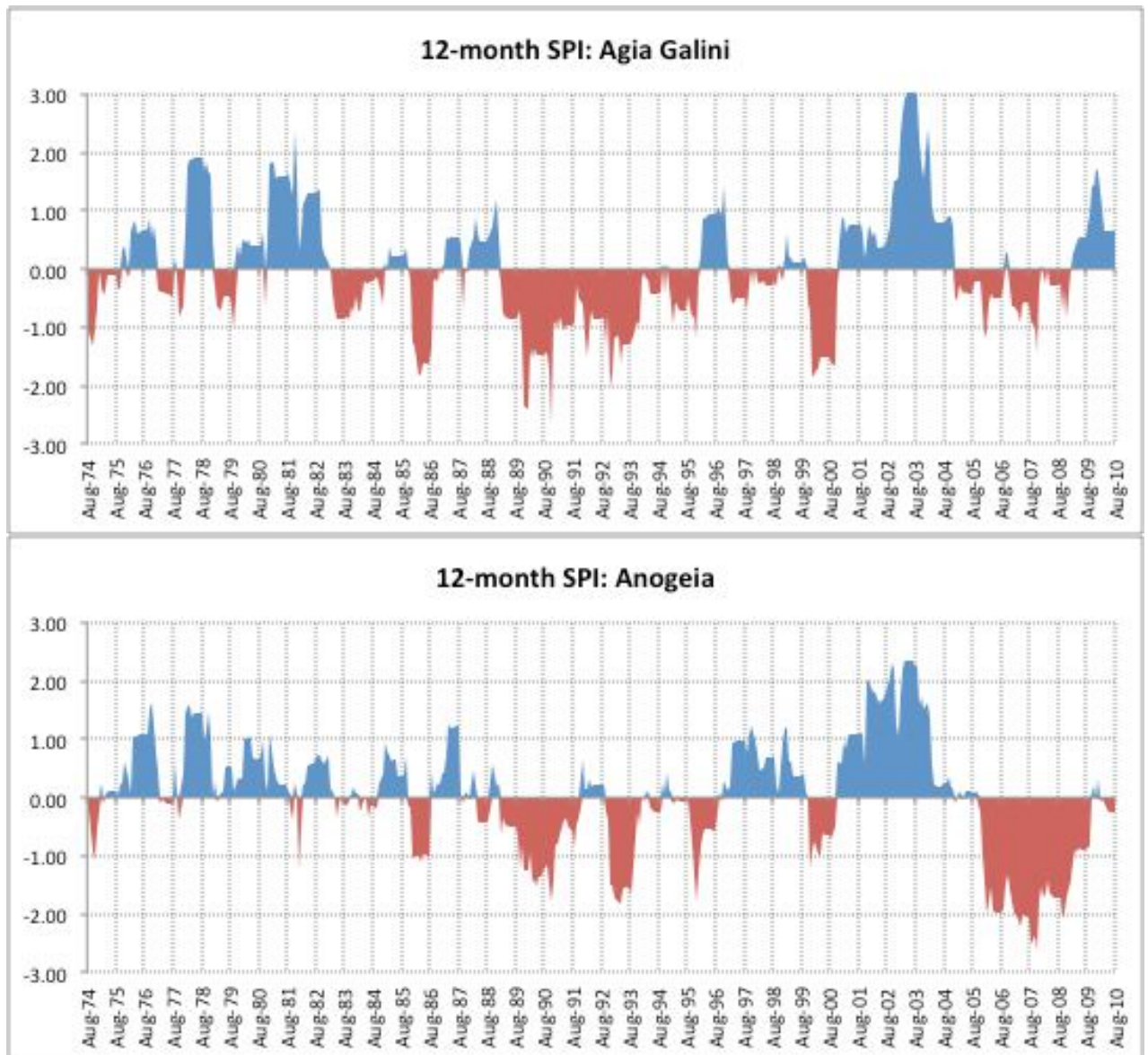
12-month SPI: Palaiokastro

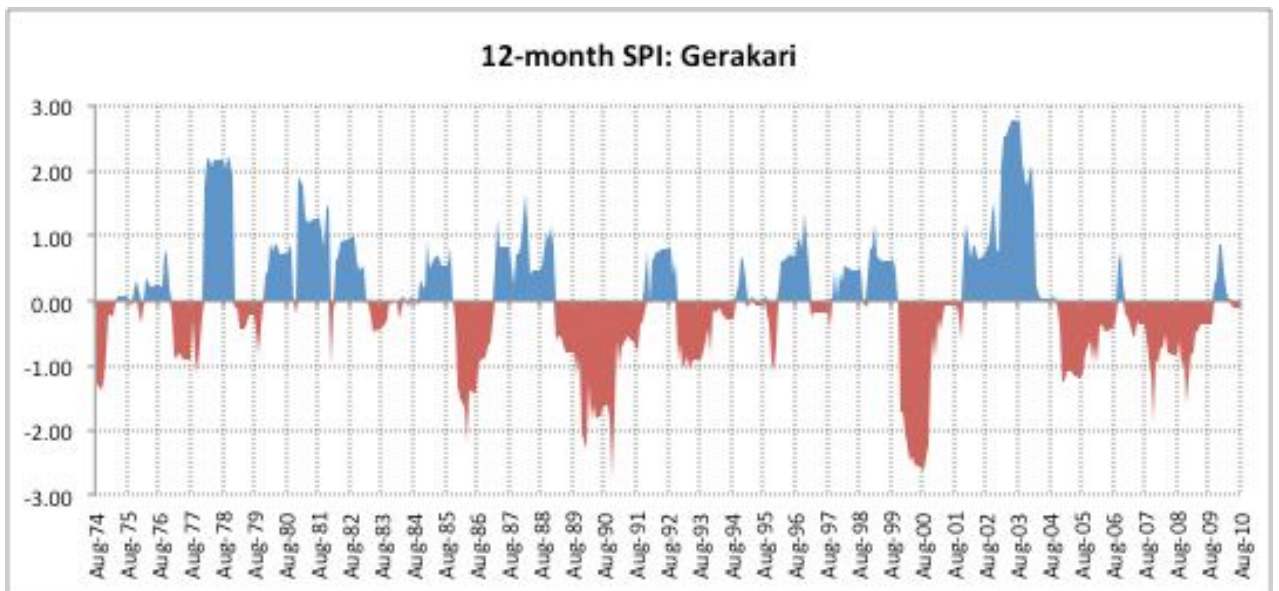
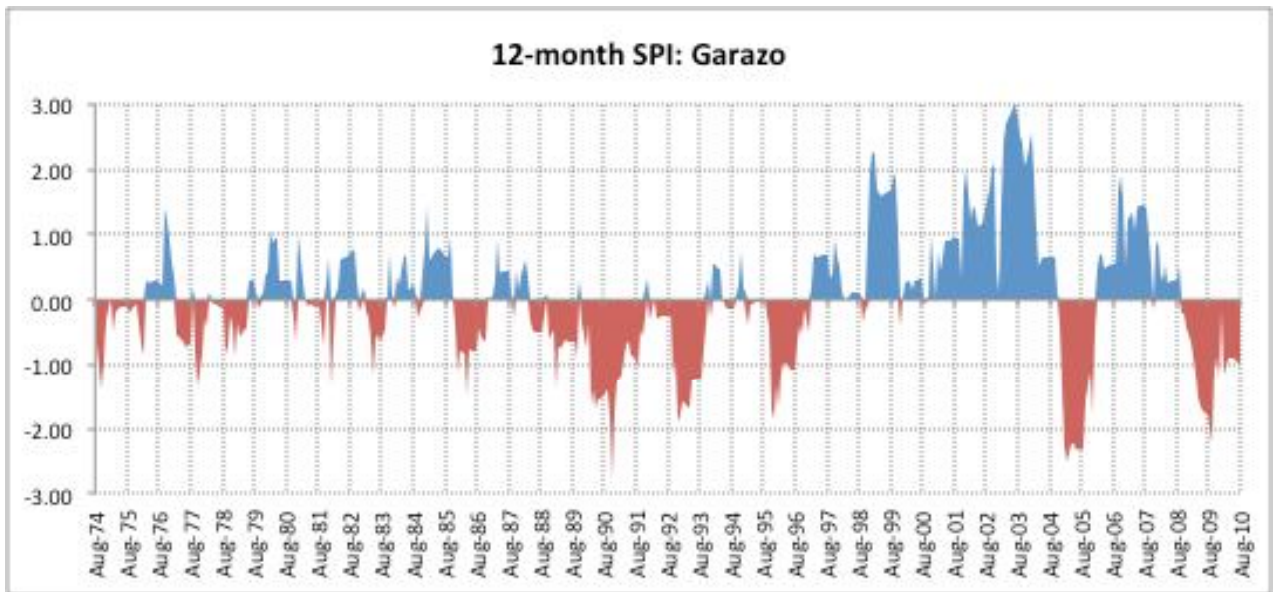


12-month SPI: Siteia

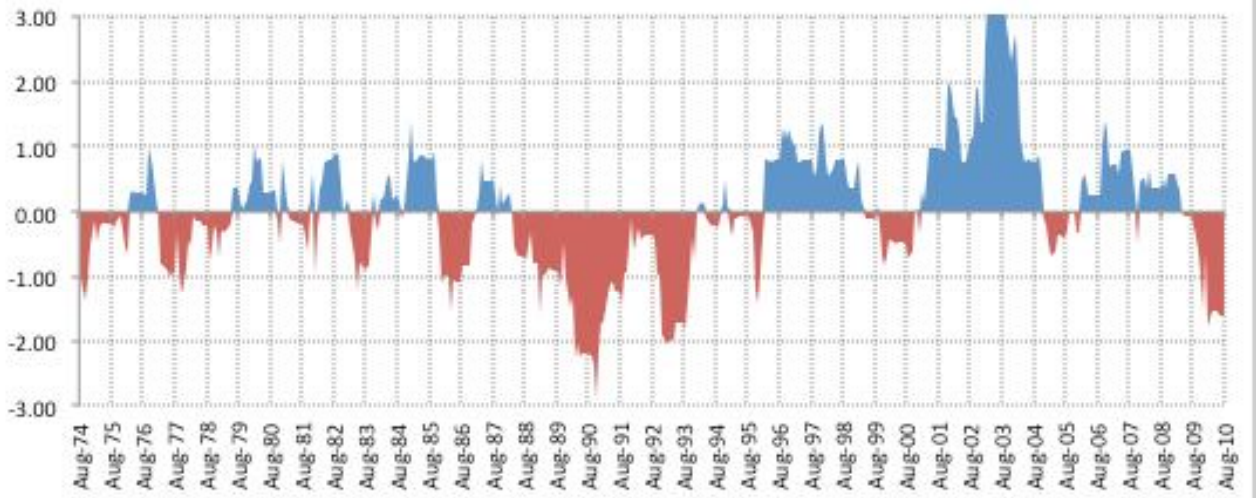


Ρέθυμνο

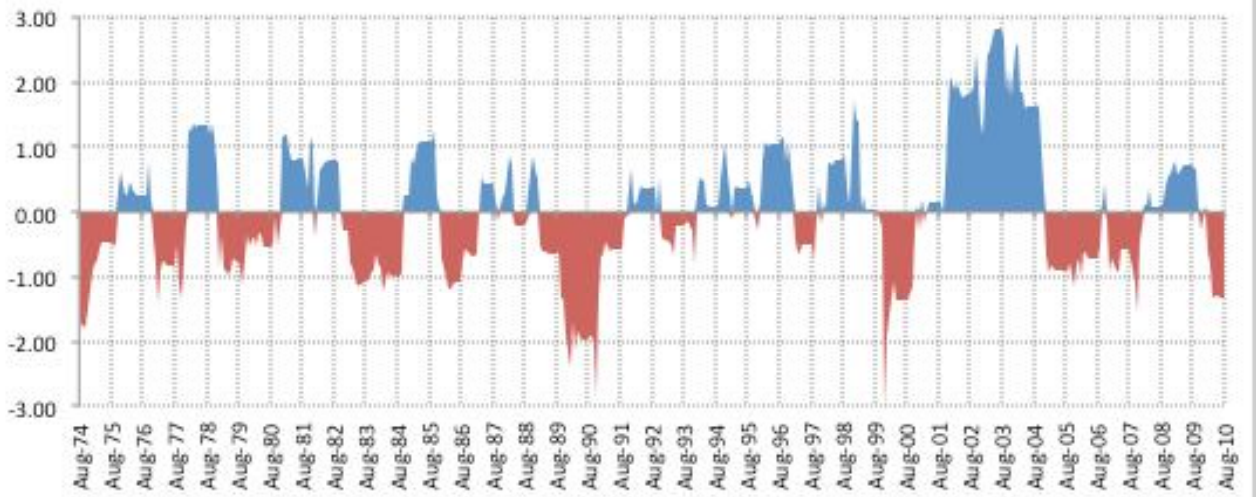




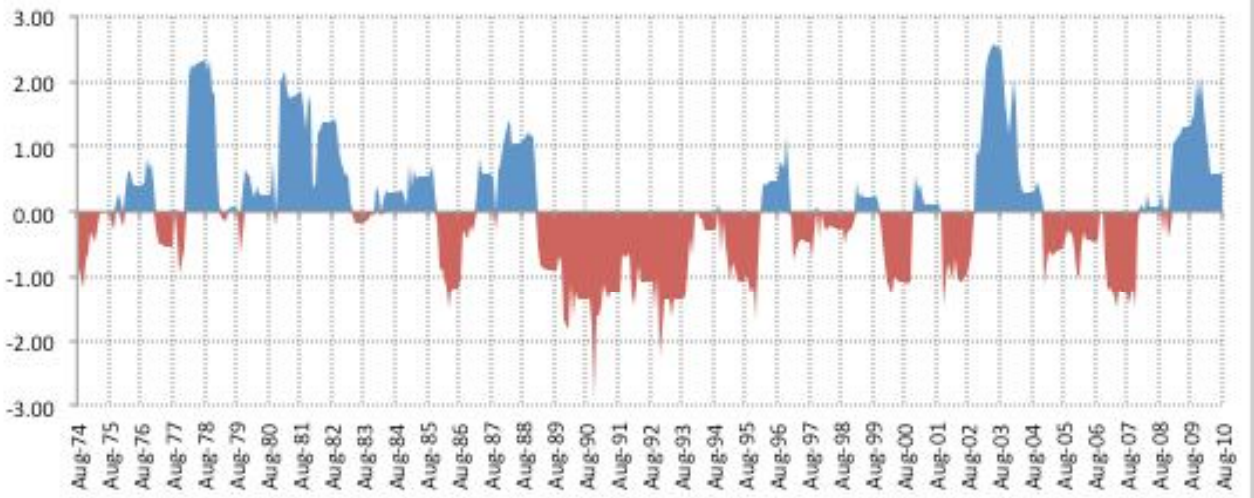
12-month SPI: Kavousi



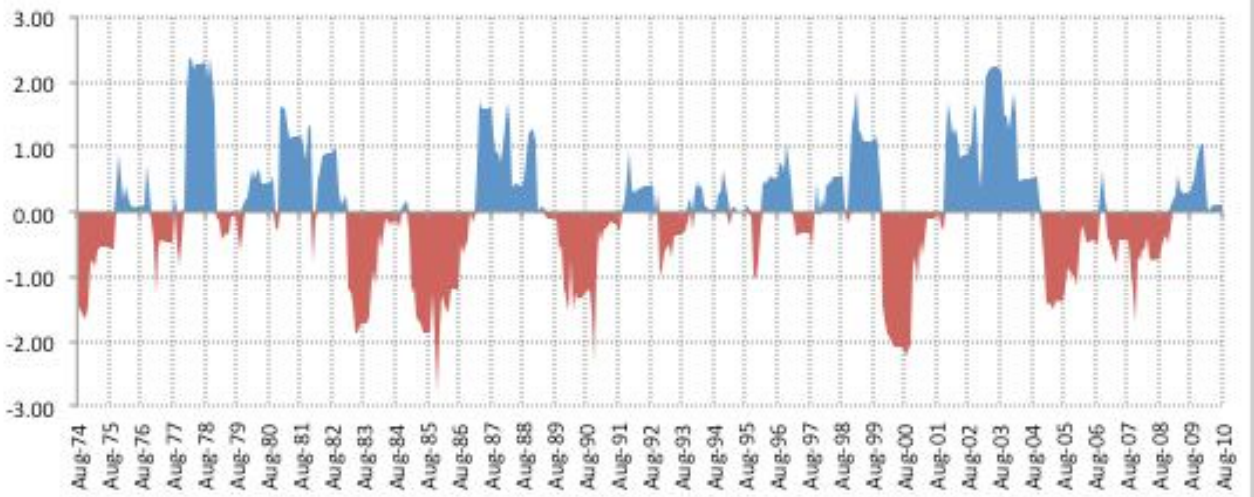
12-month SPI: Lefkogia



12-month SPI: Malabes



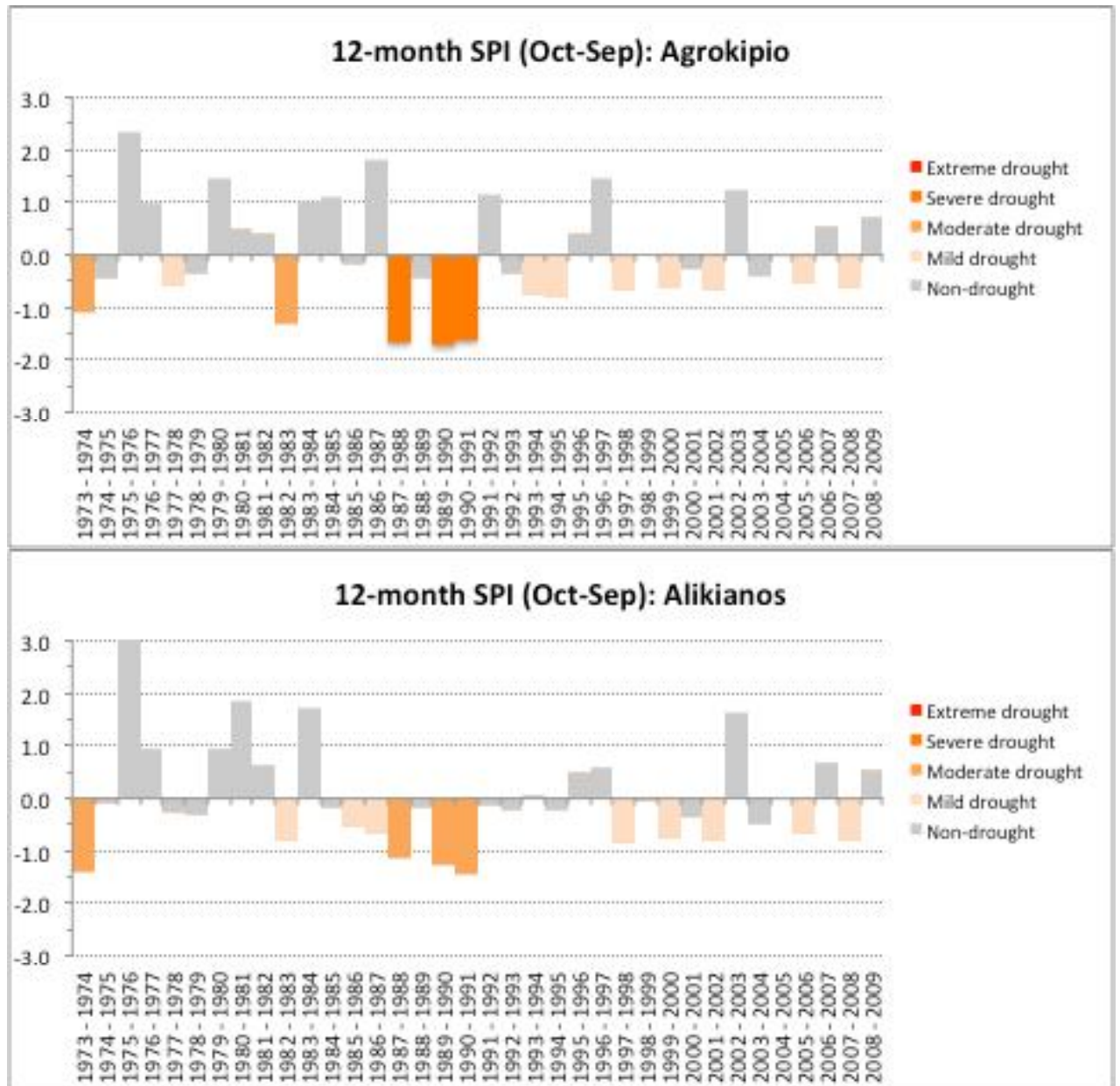
12-month SPI: Spili

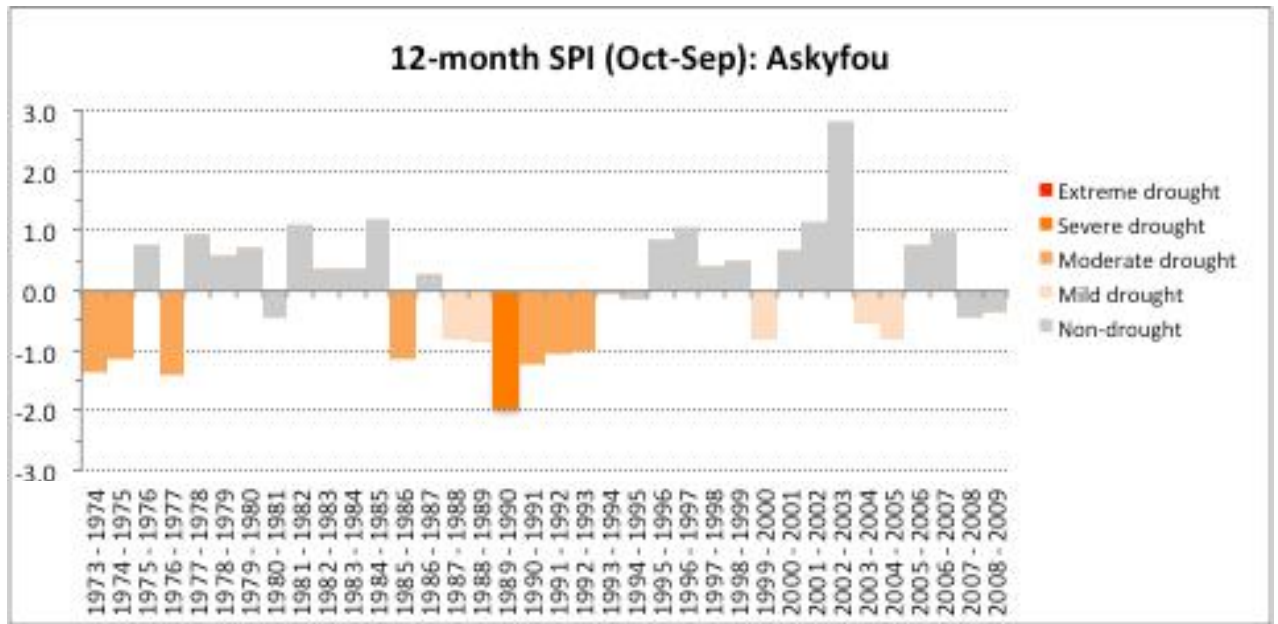


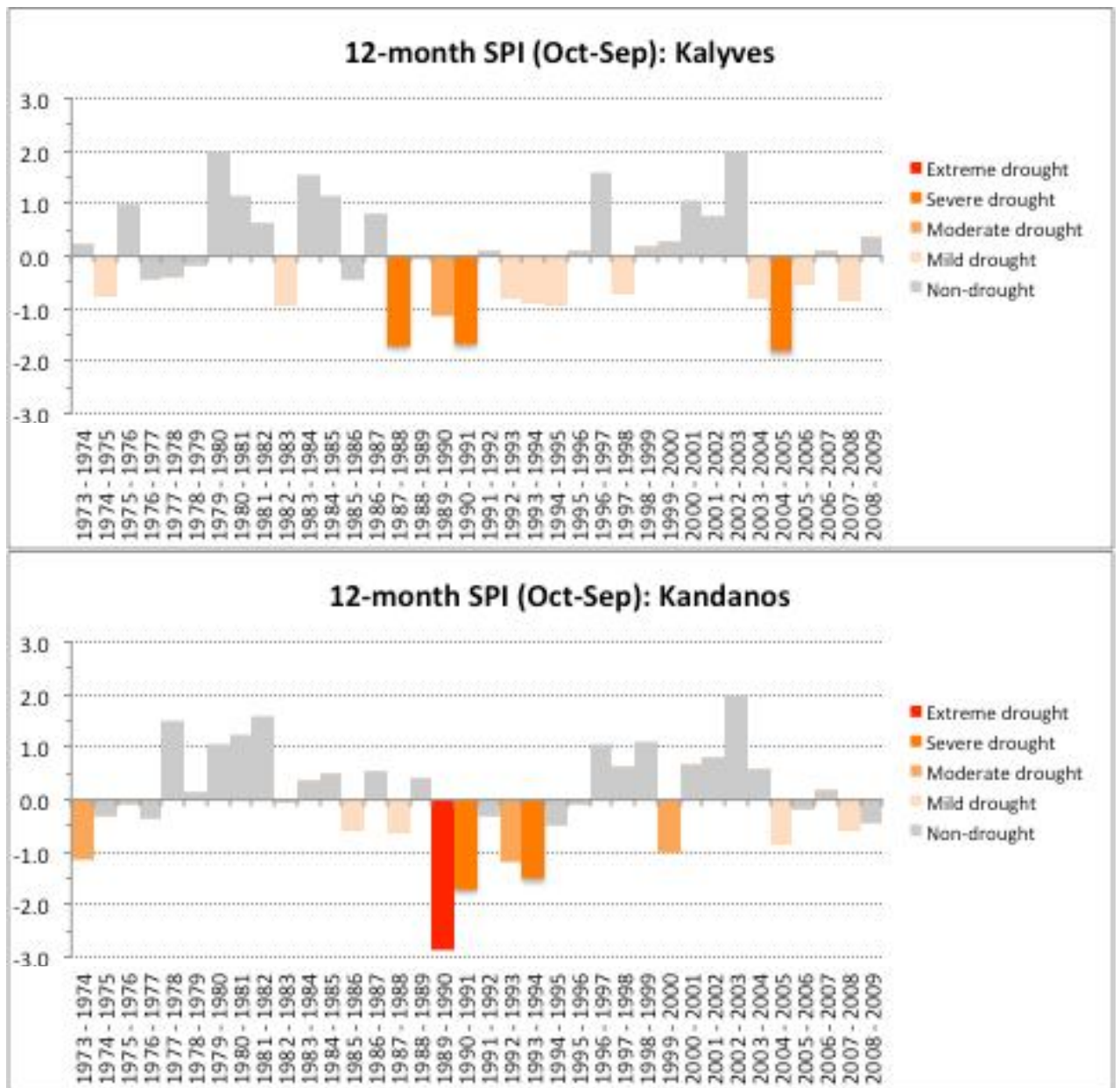
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

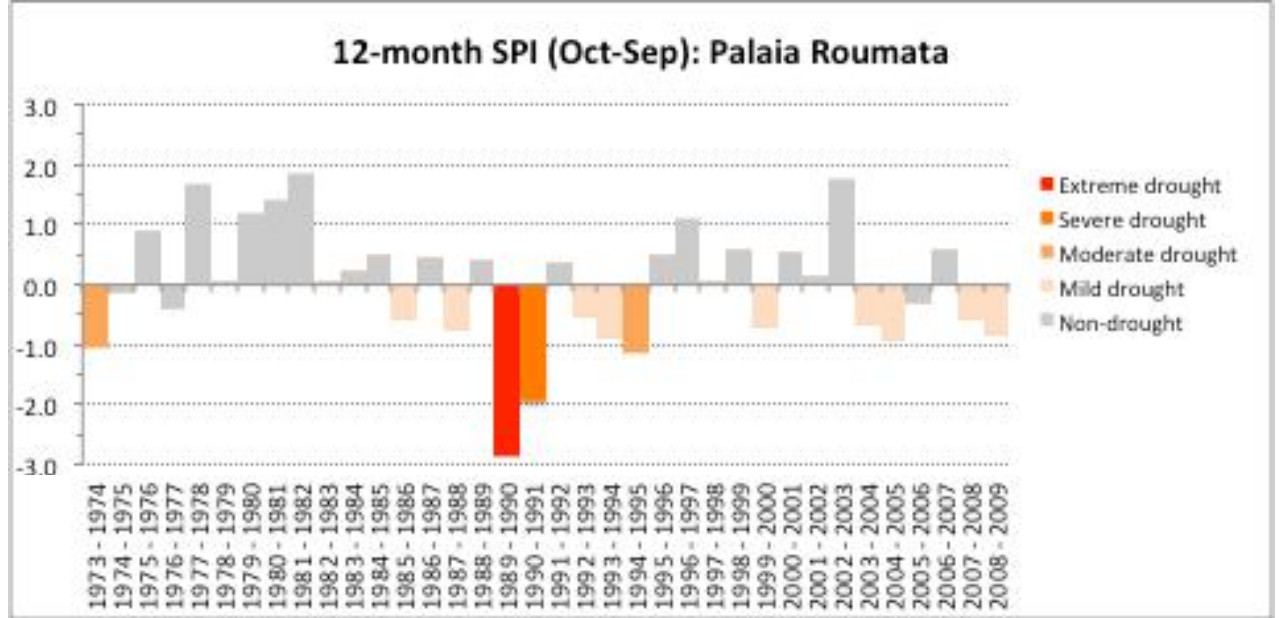
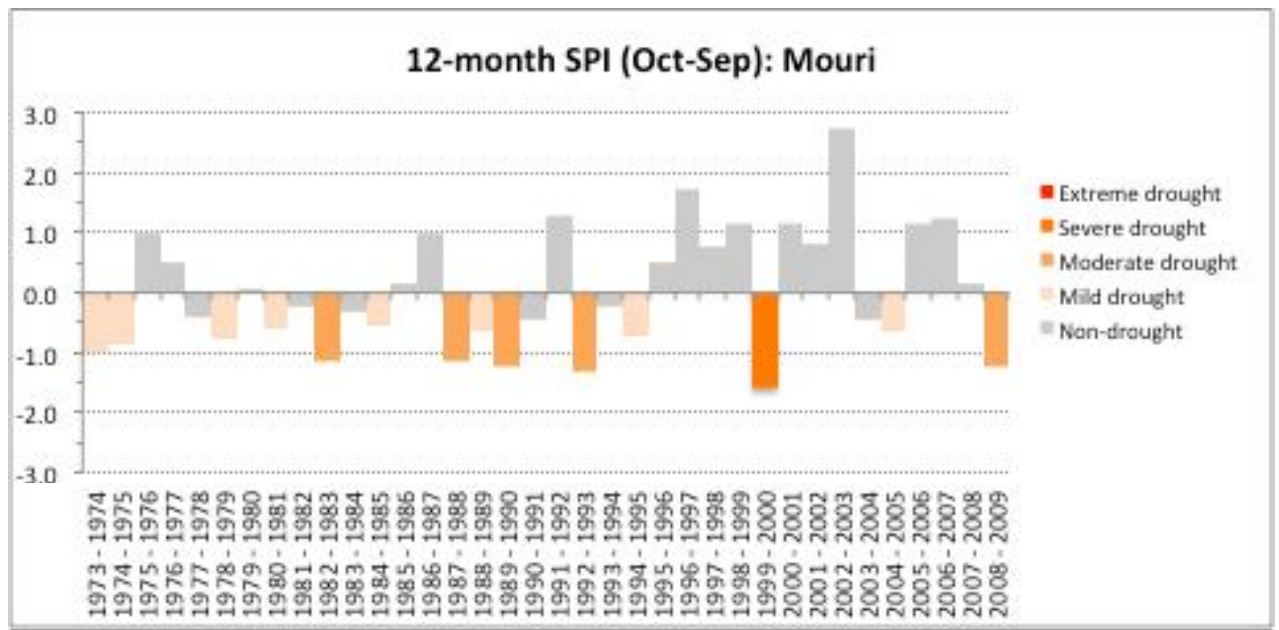
Δείκτης SPI - ετήσιο χρονικό βήμα, 12-μηνιαία χρονική κλίμακα (περίοδος αναφοράς Οκτ. - Σεπτ.)

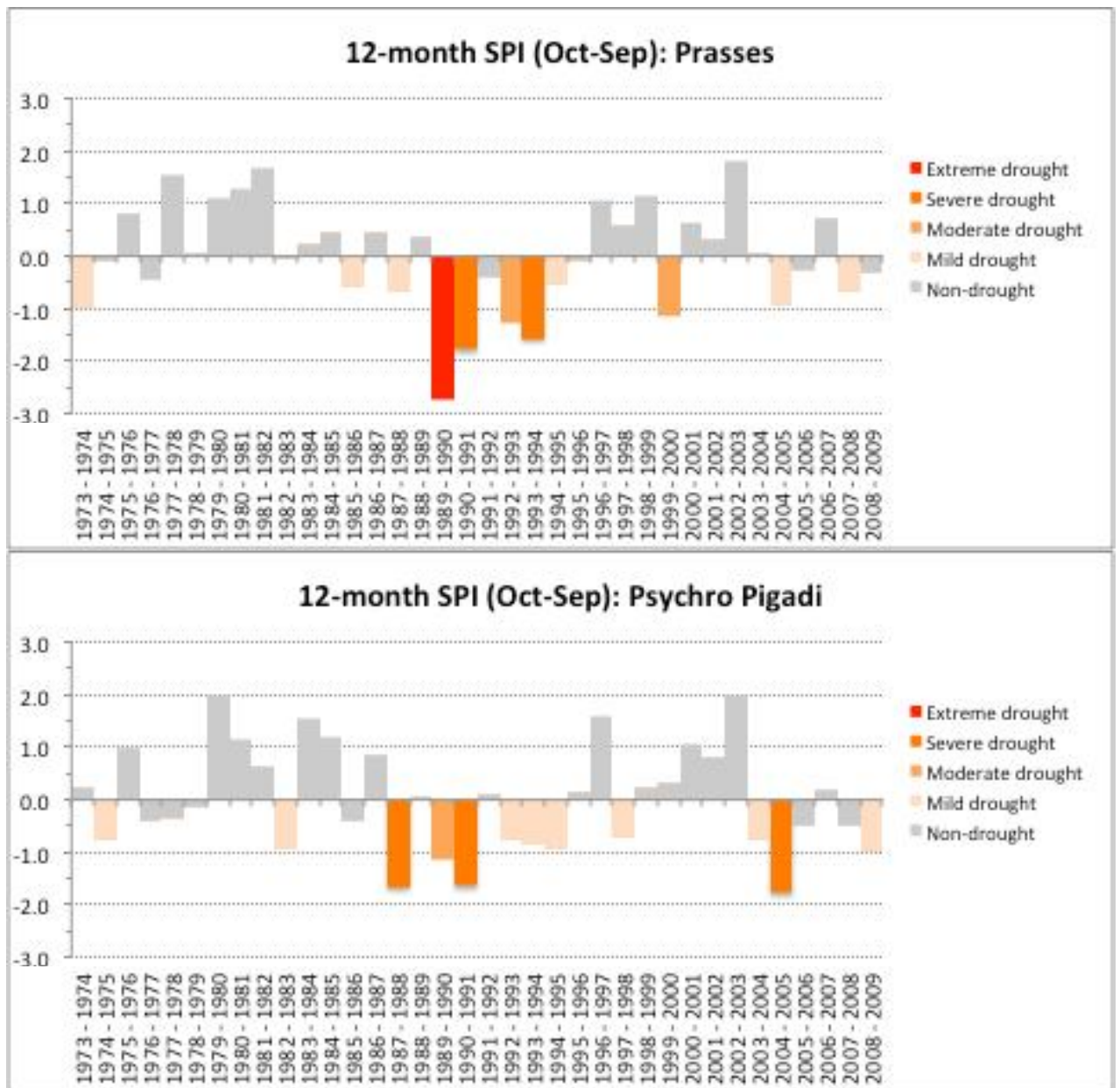
Χανιά

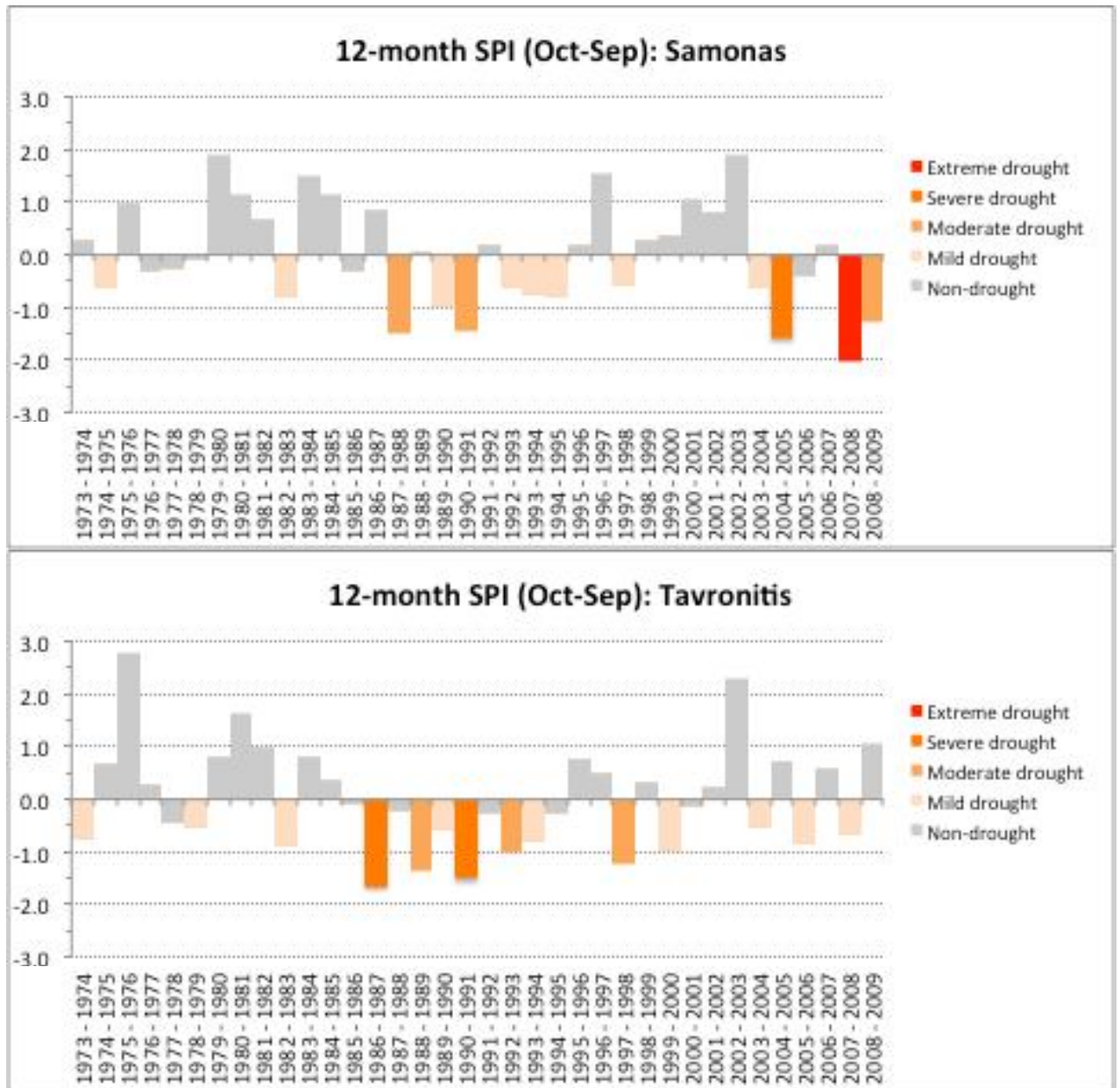


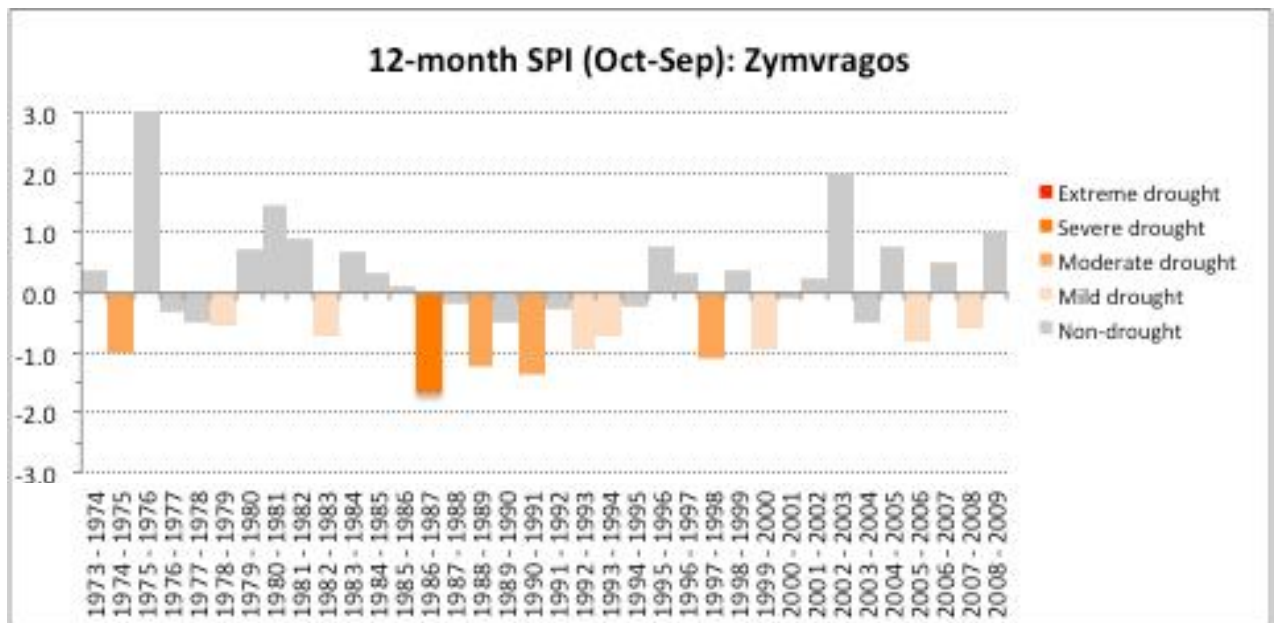




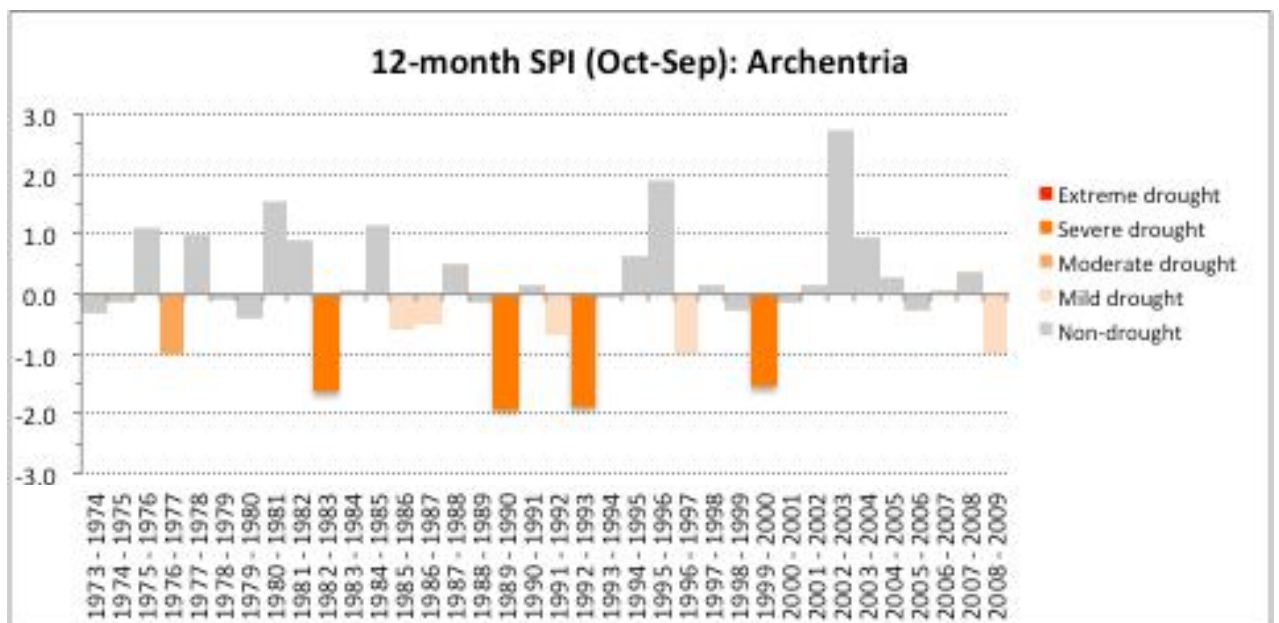


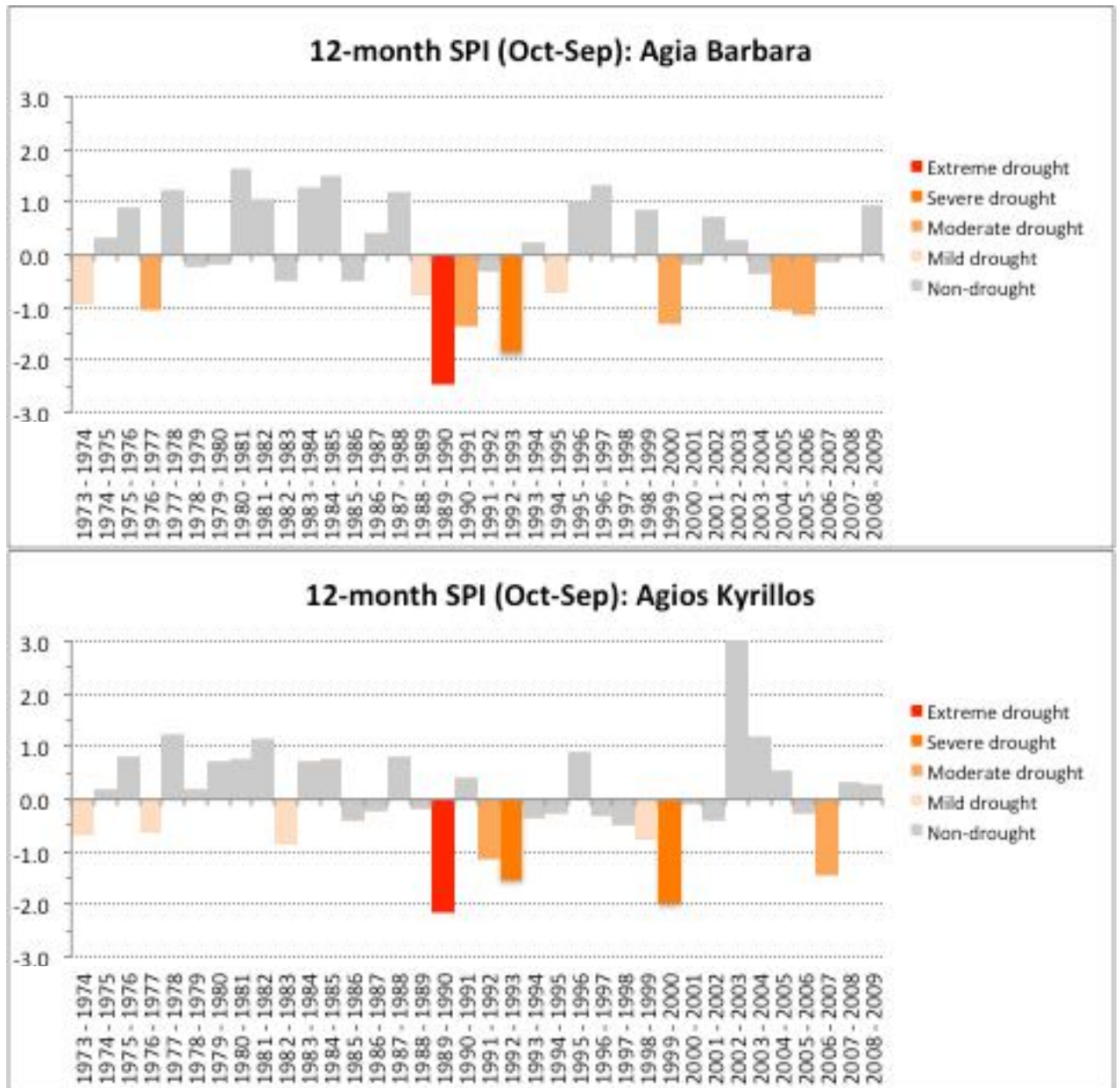


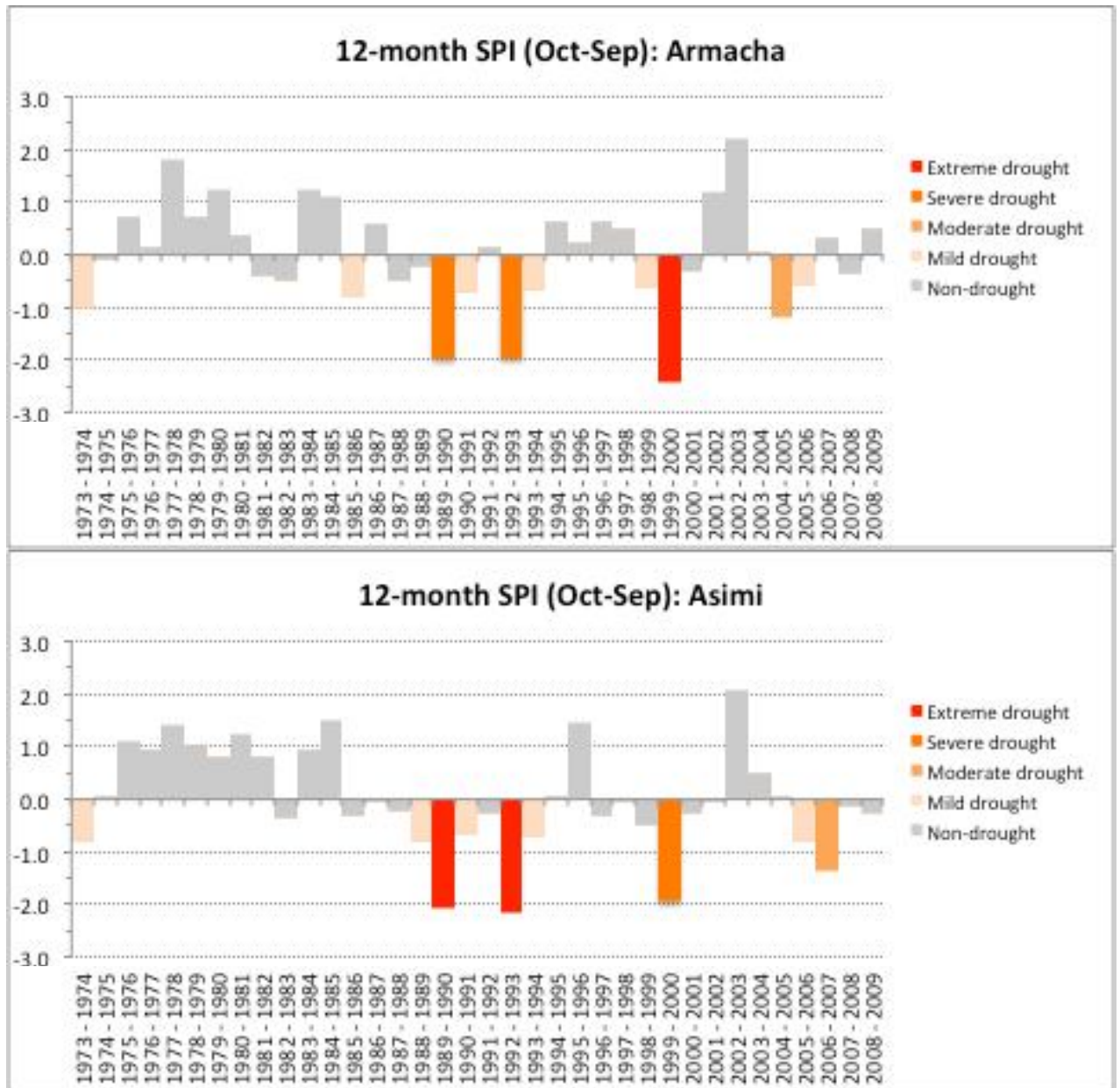


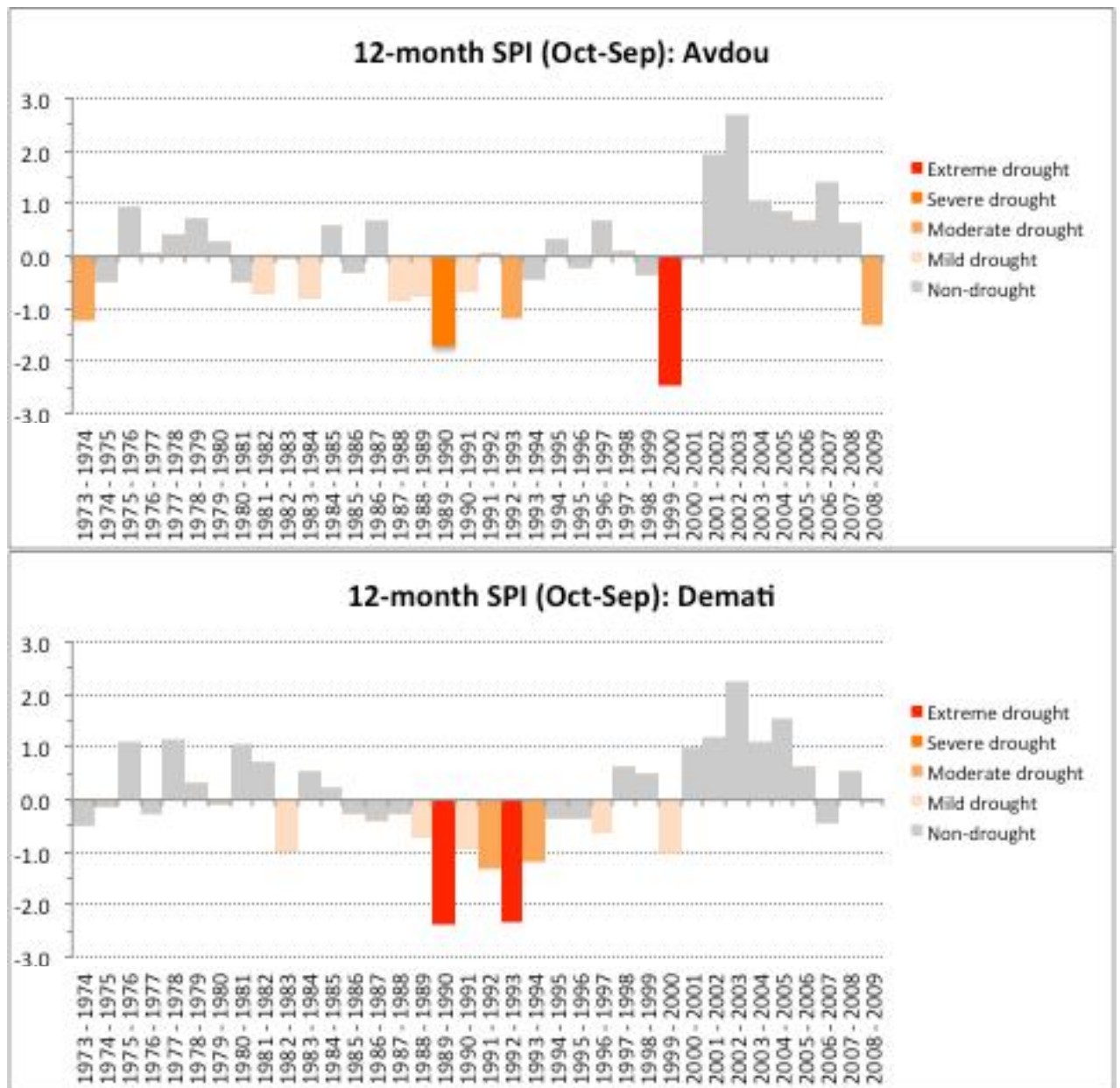


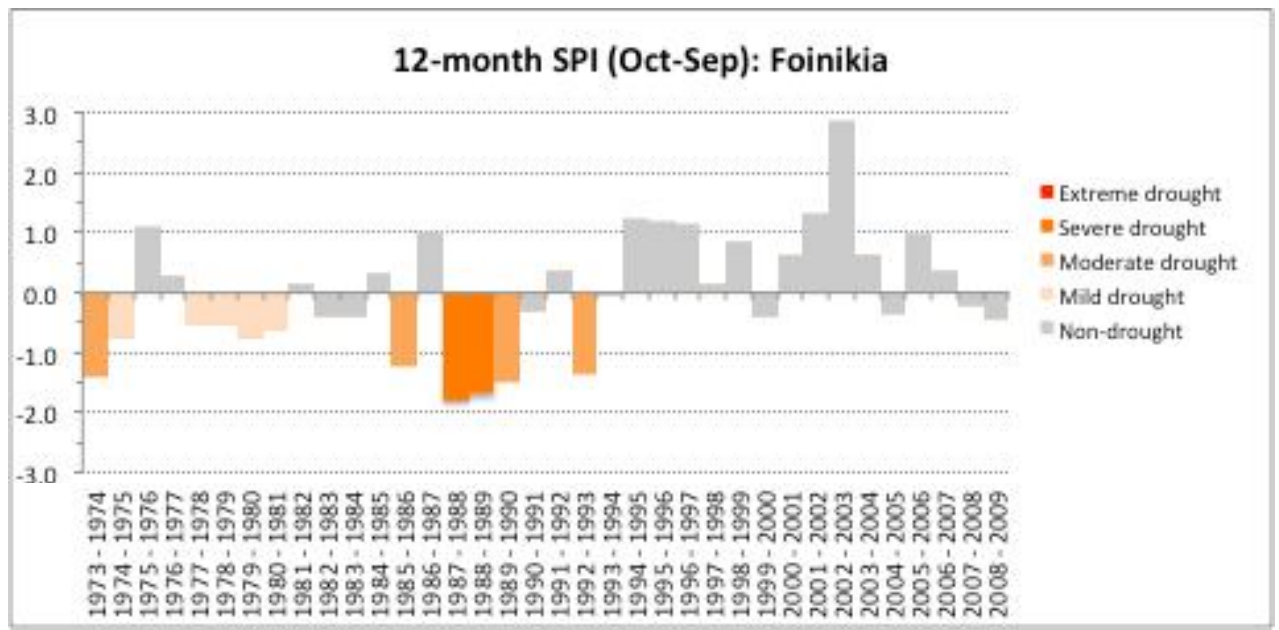
Ηράκλειο

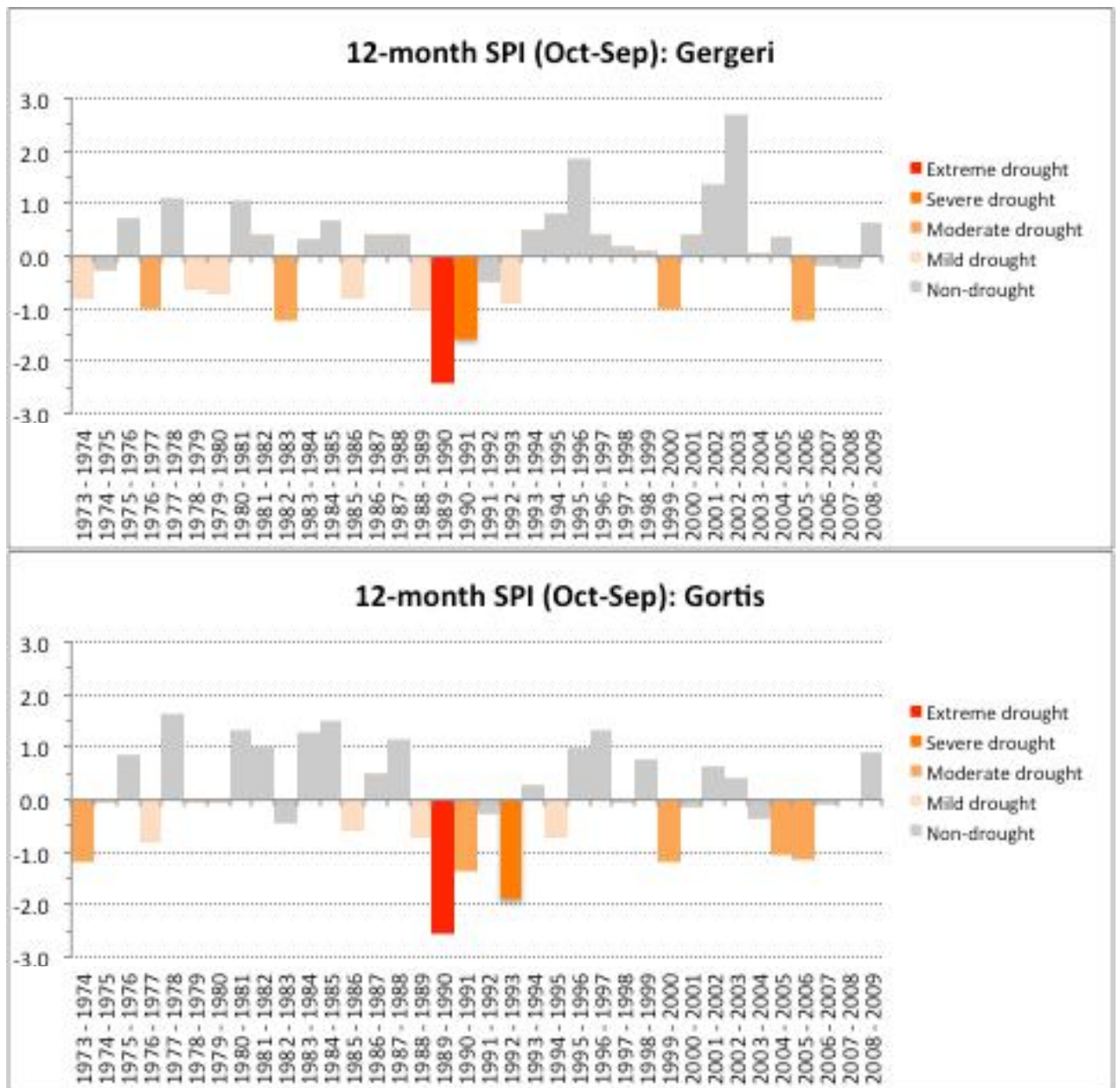


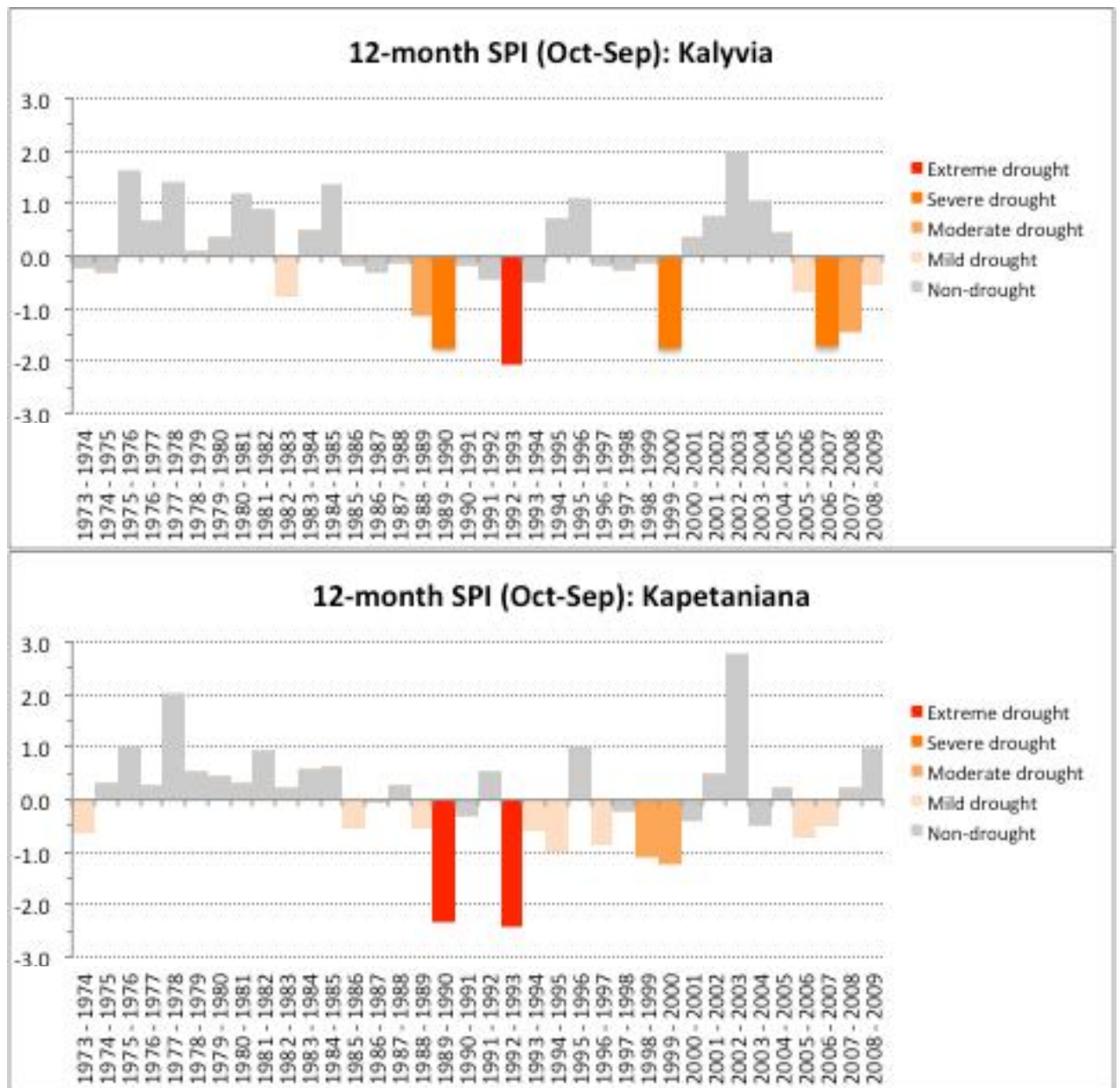


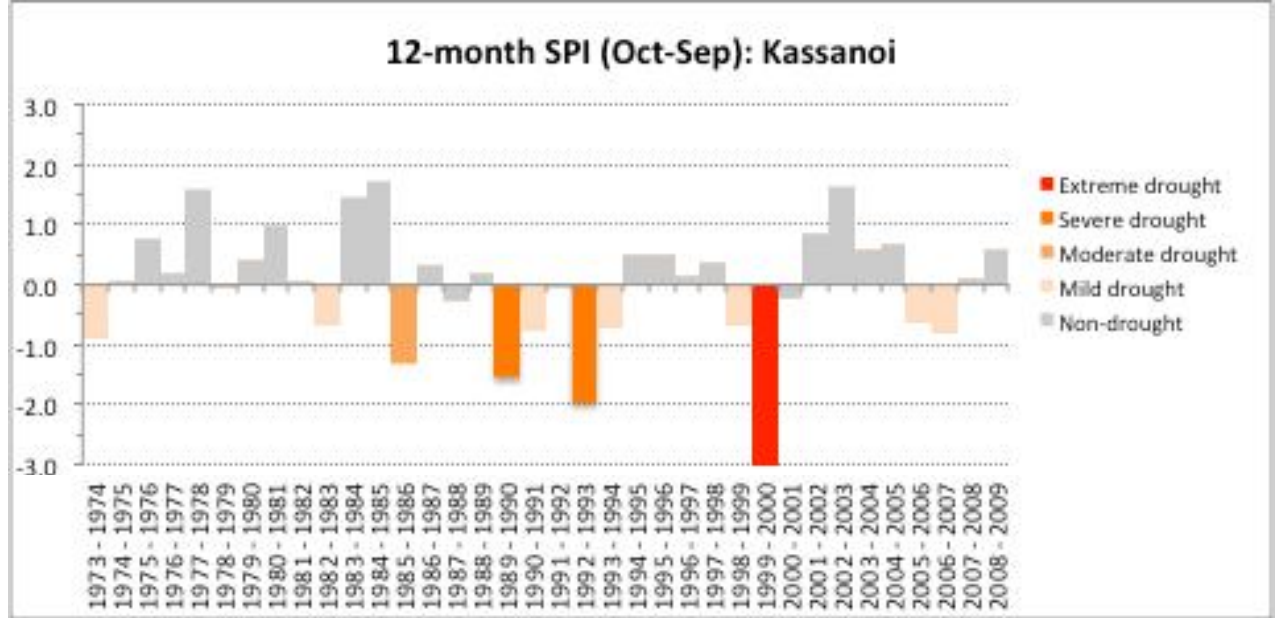
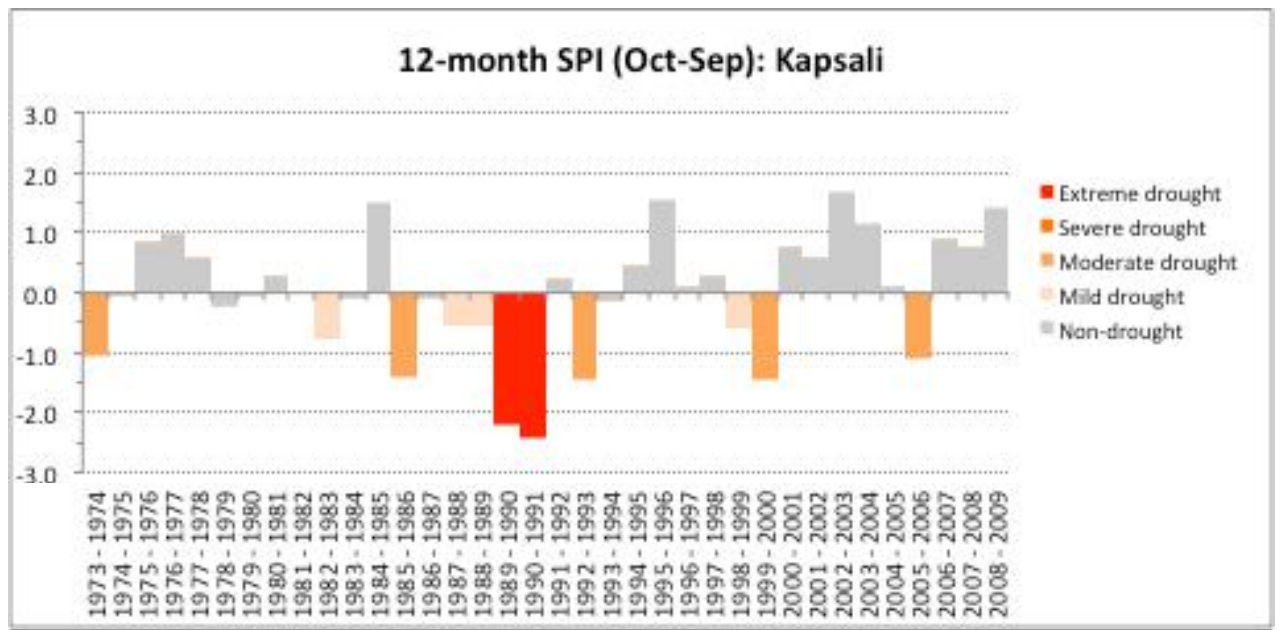


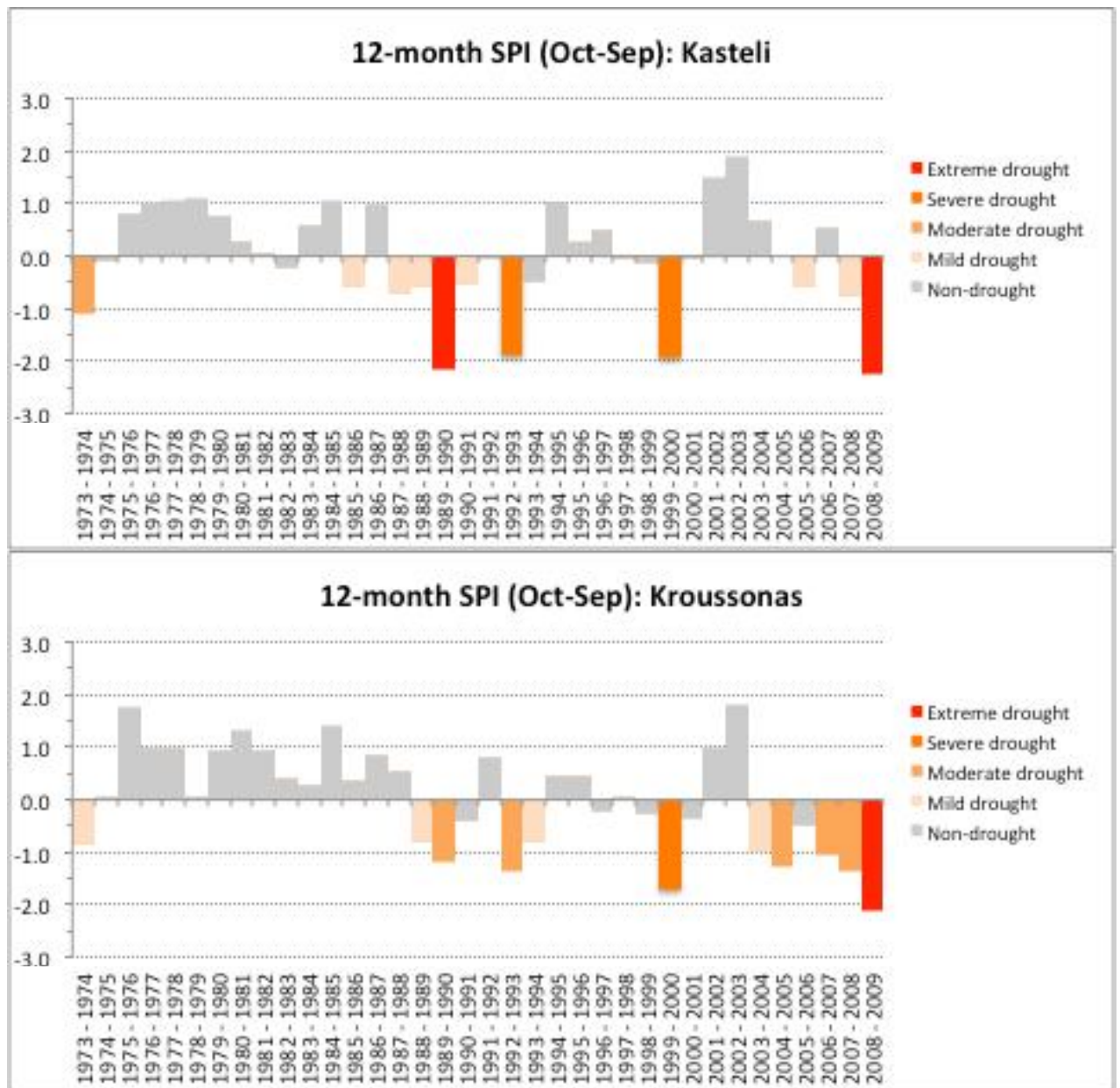


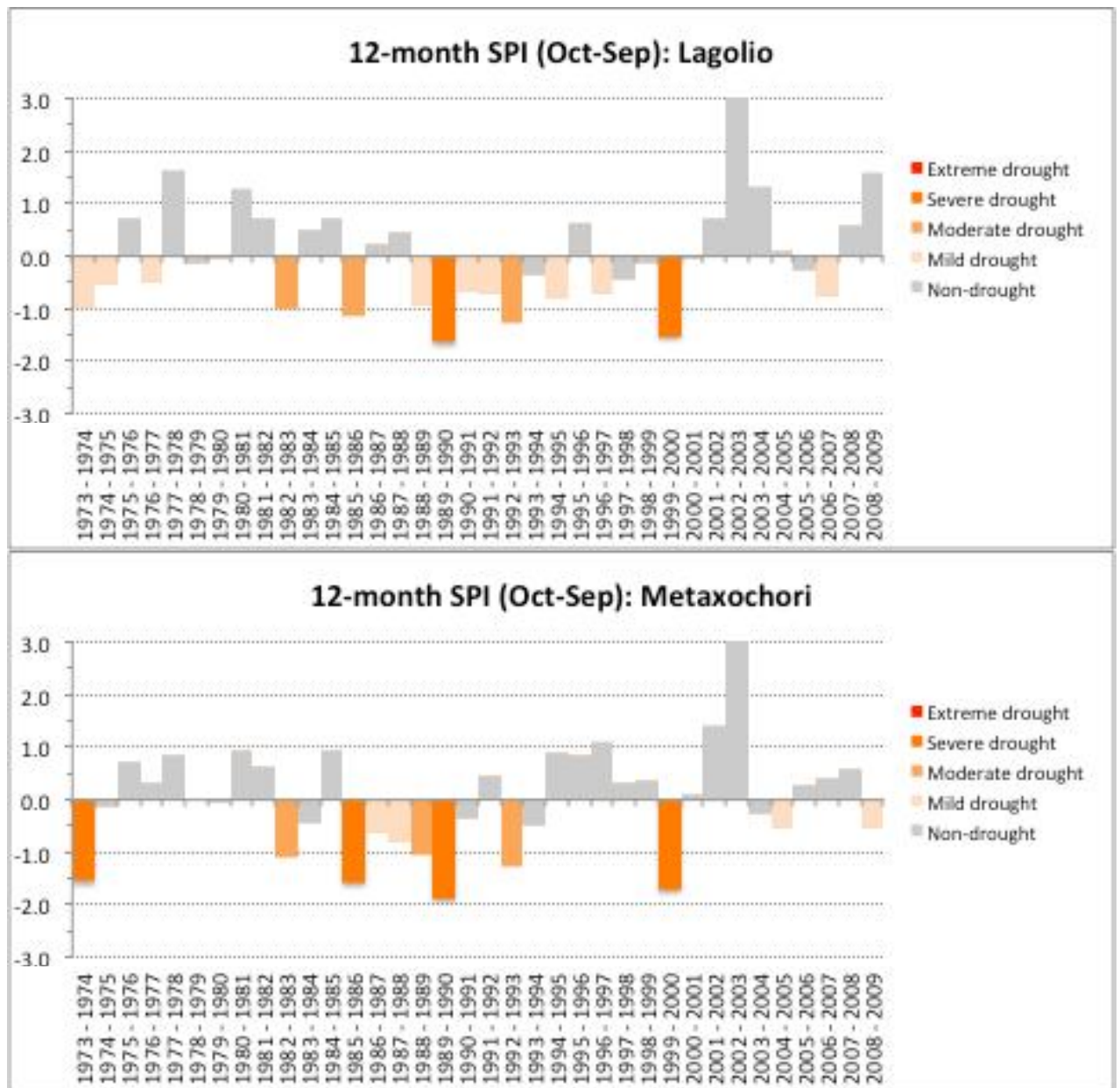


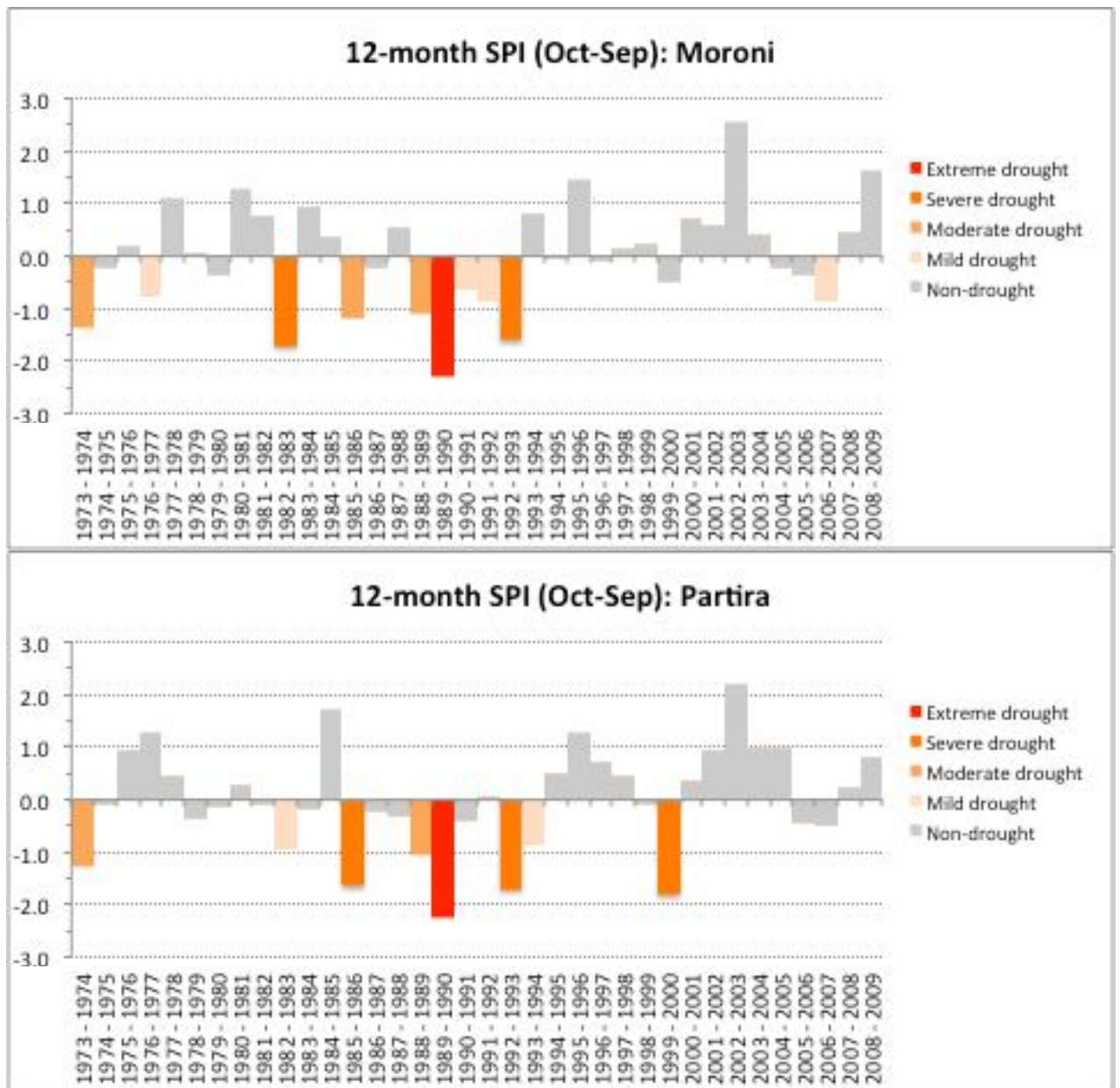


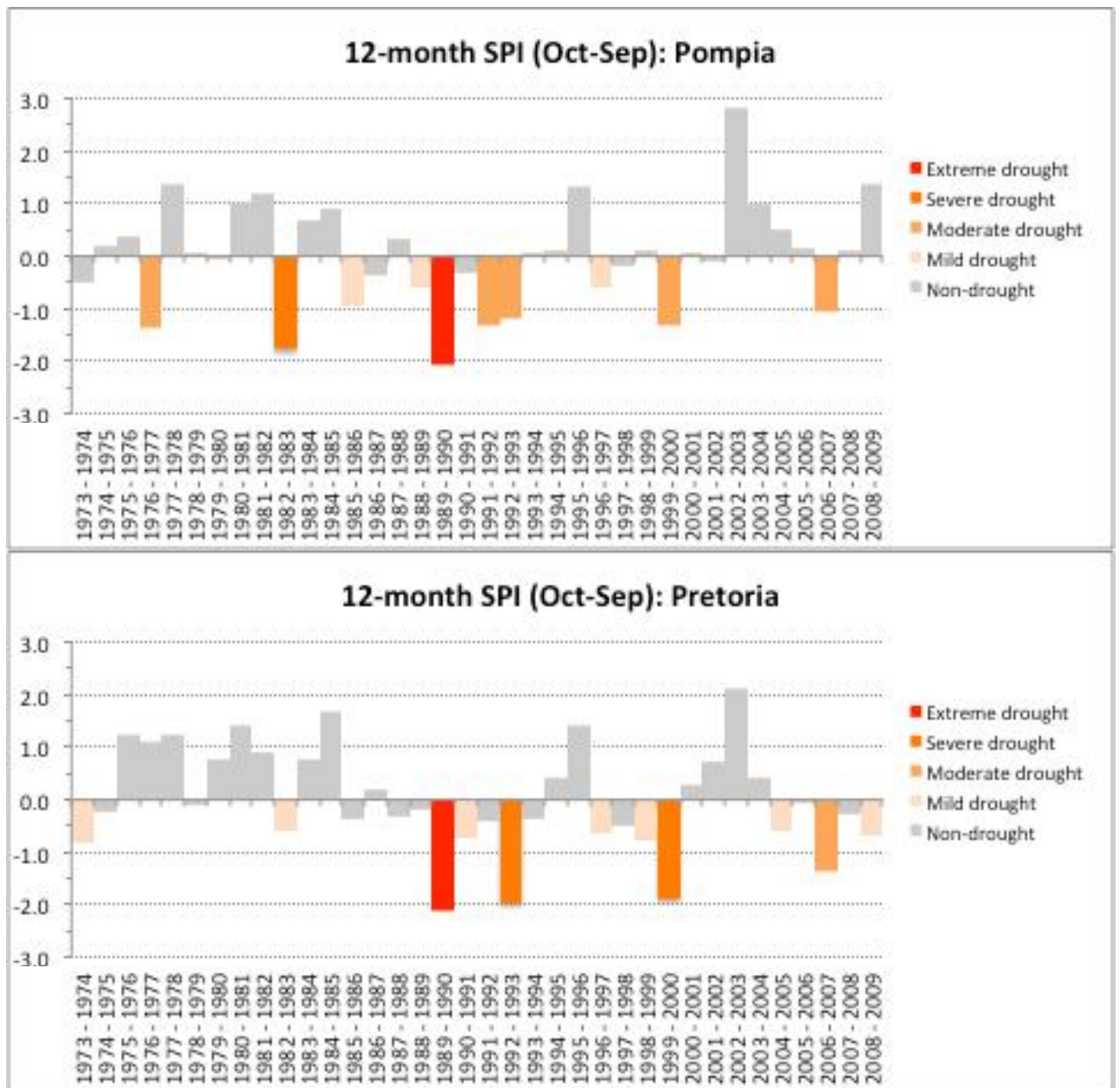


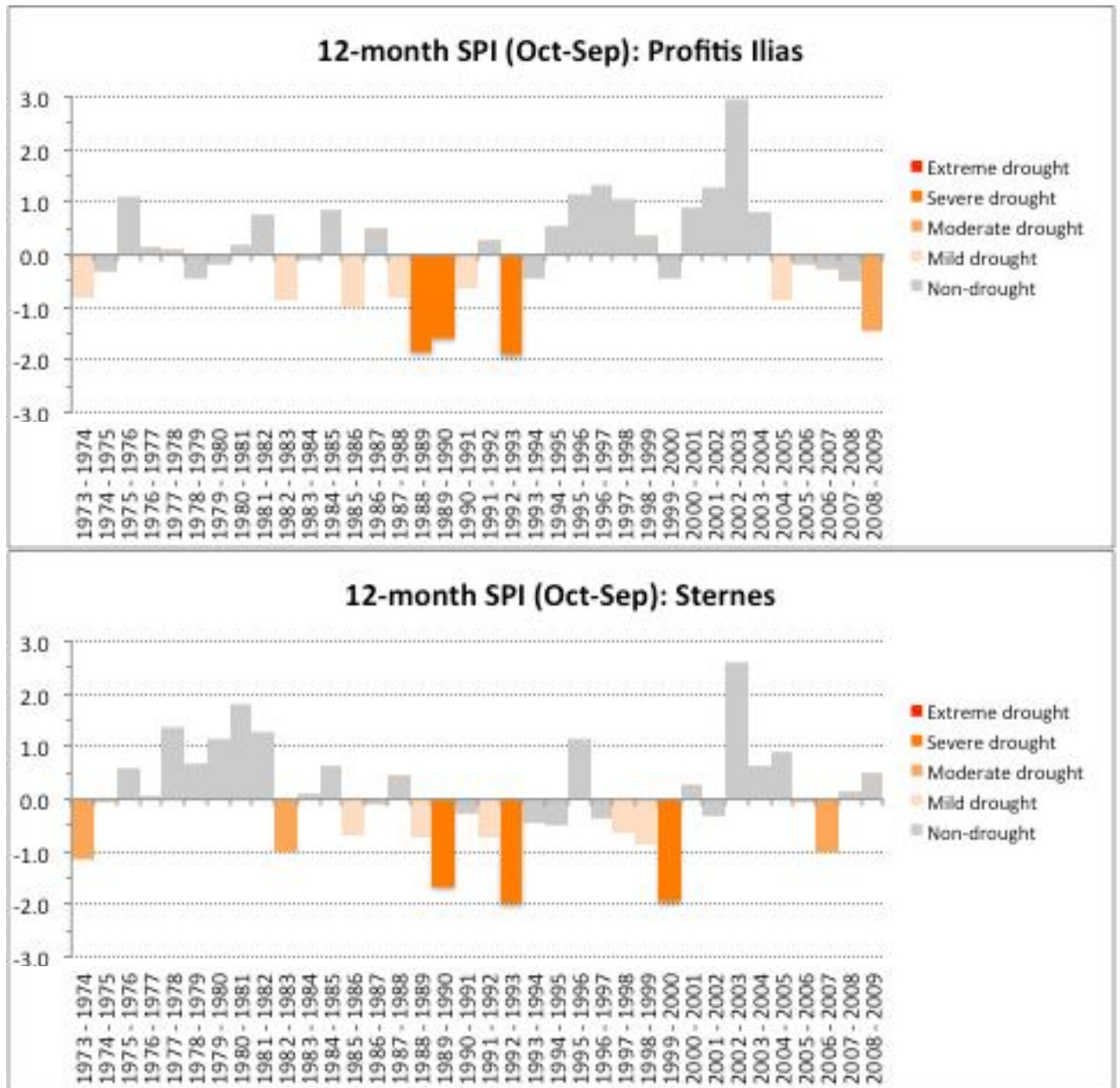


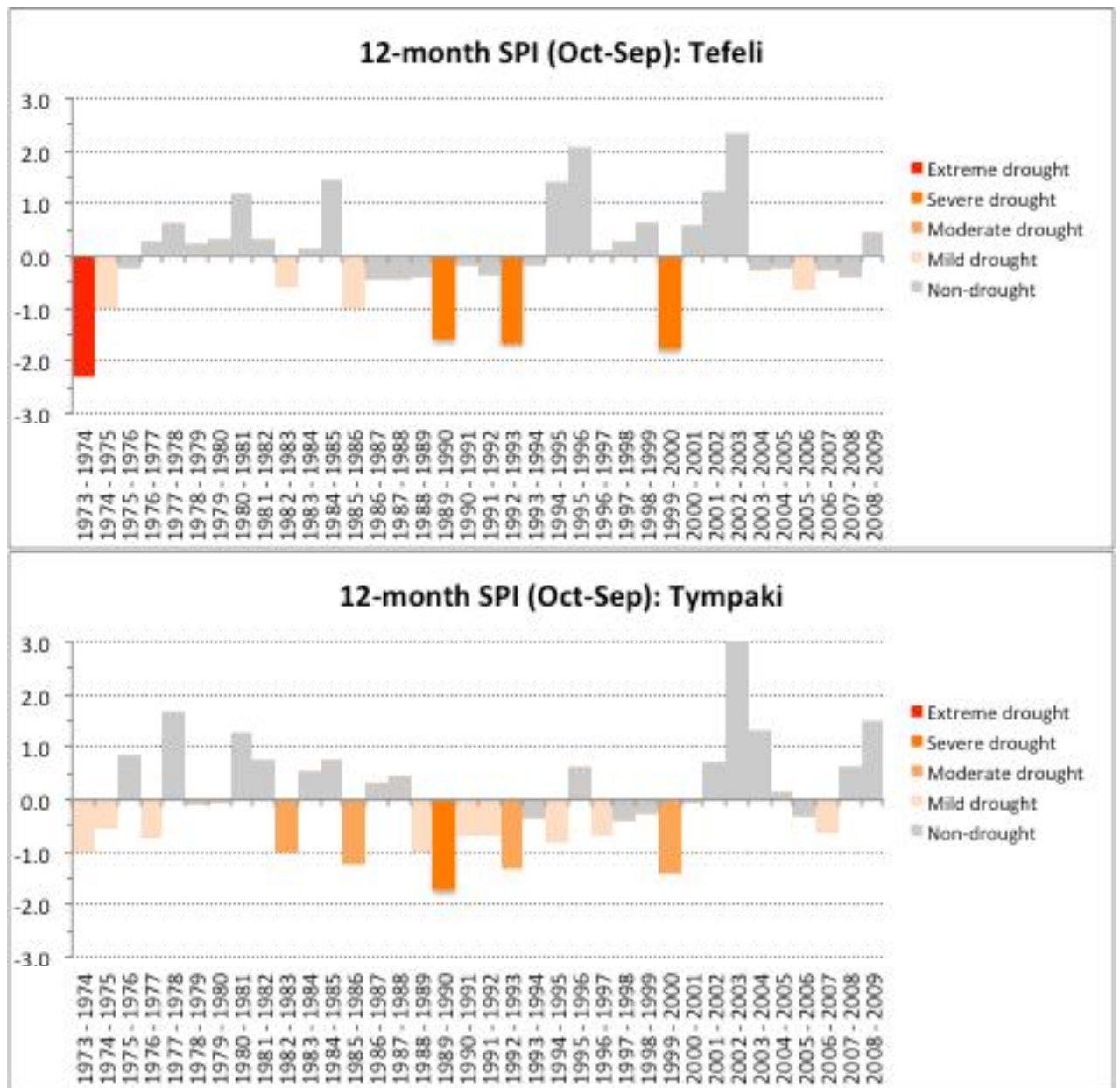


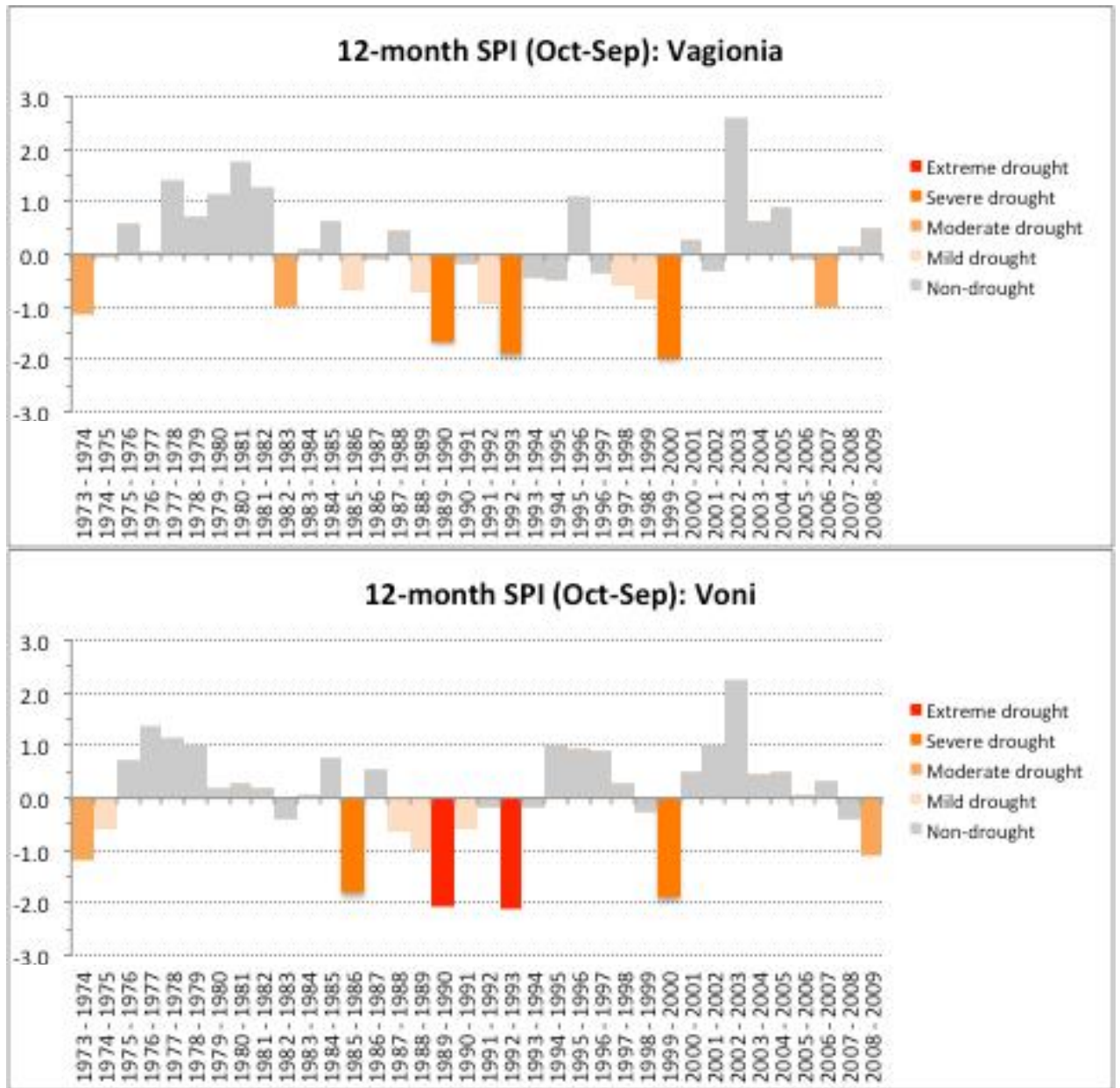


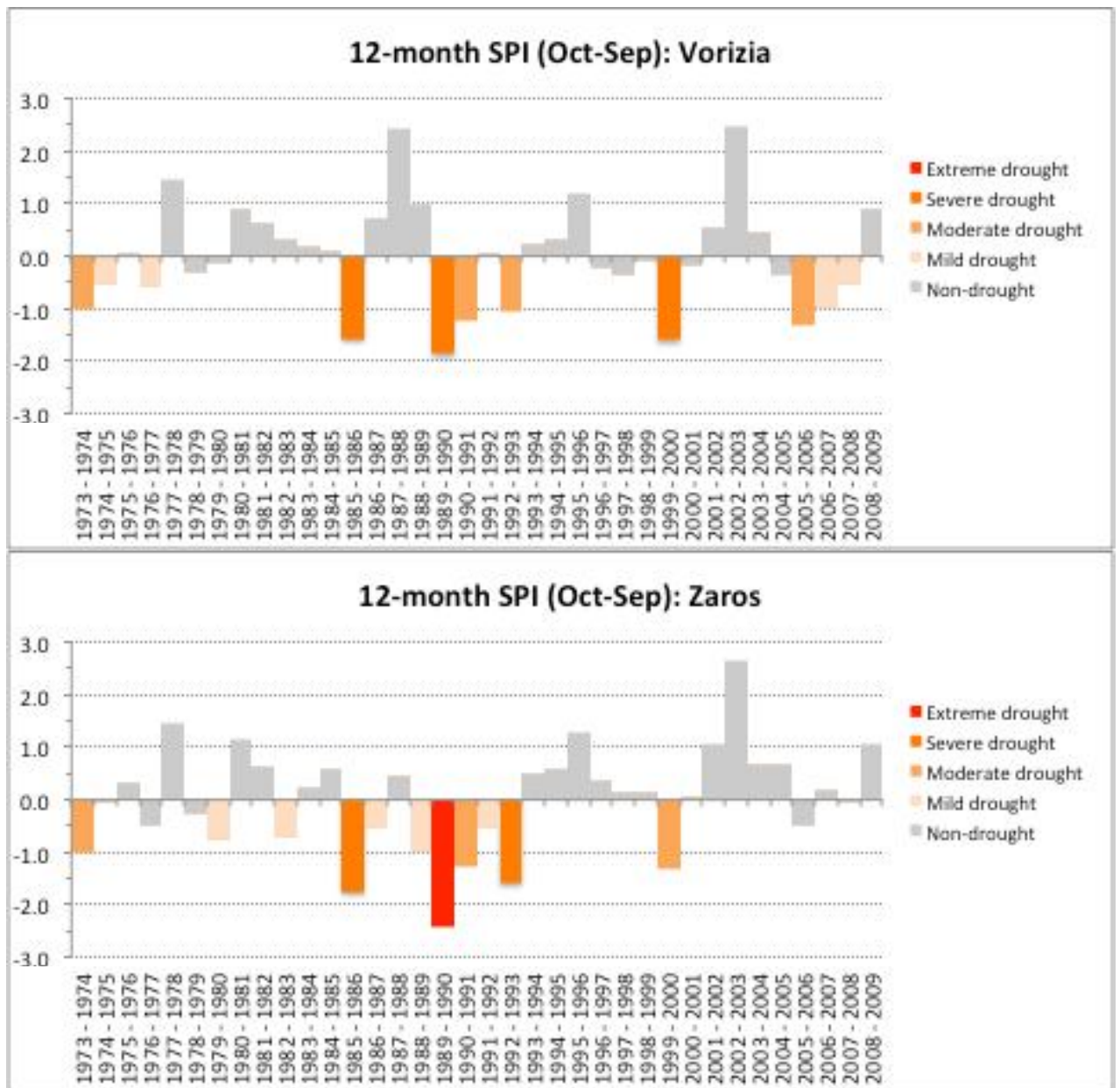




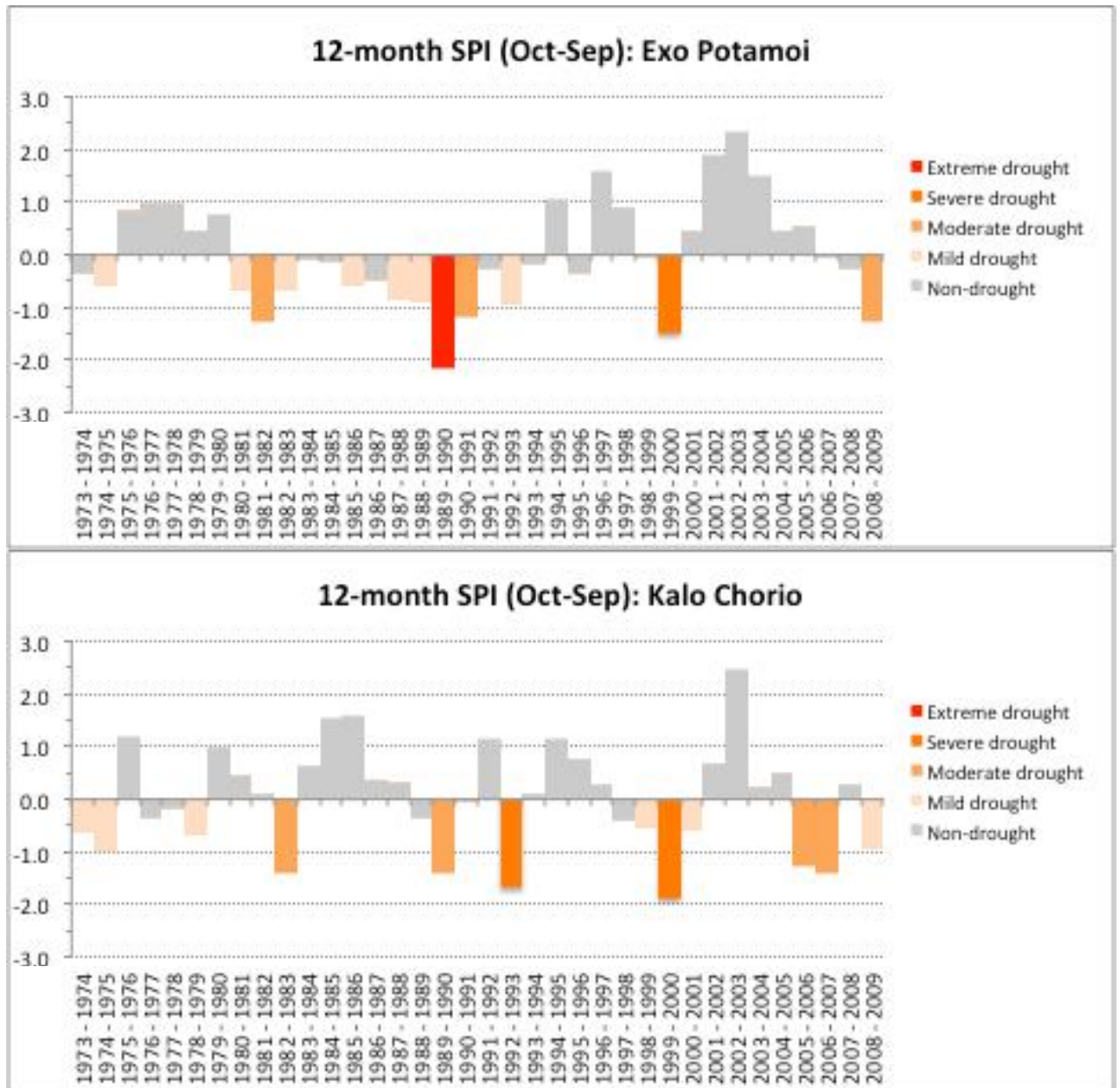


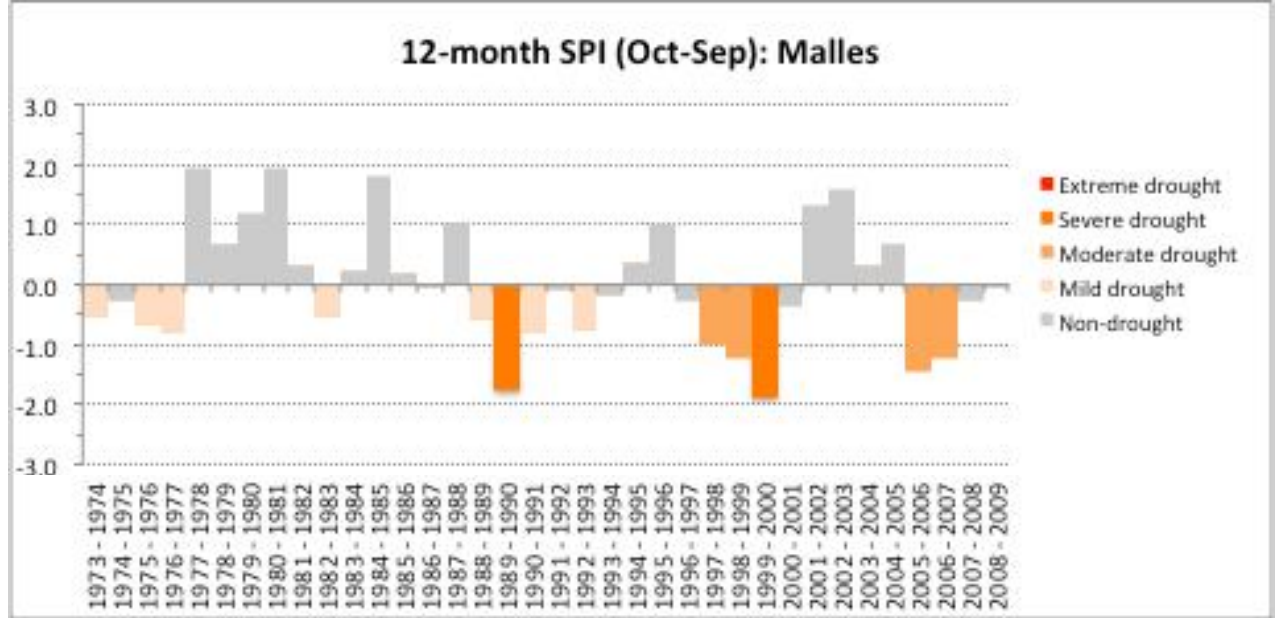
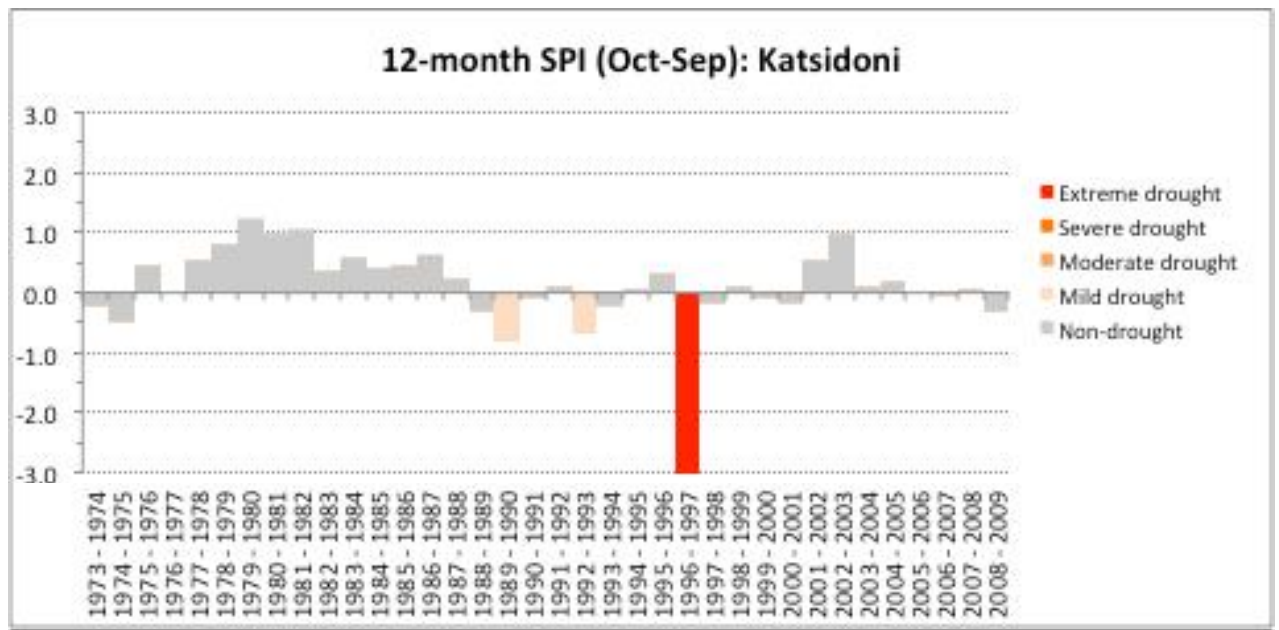


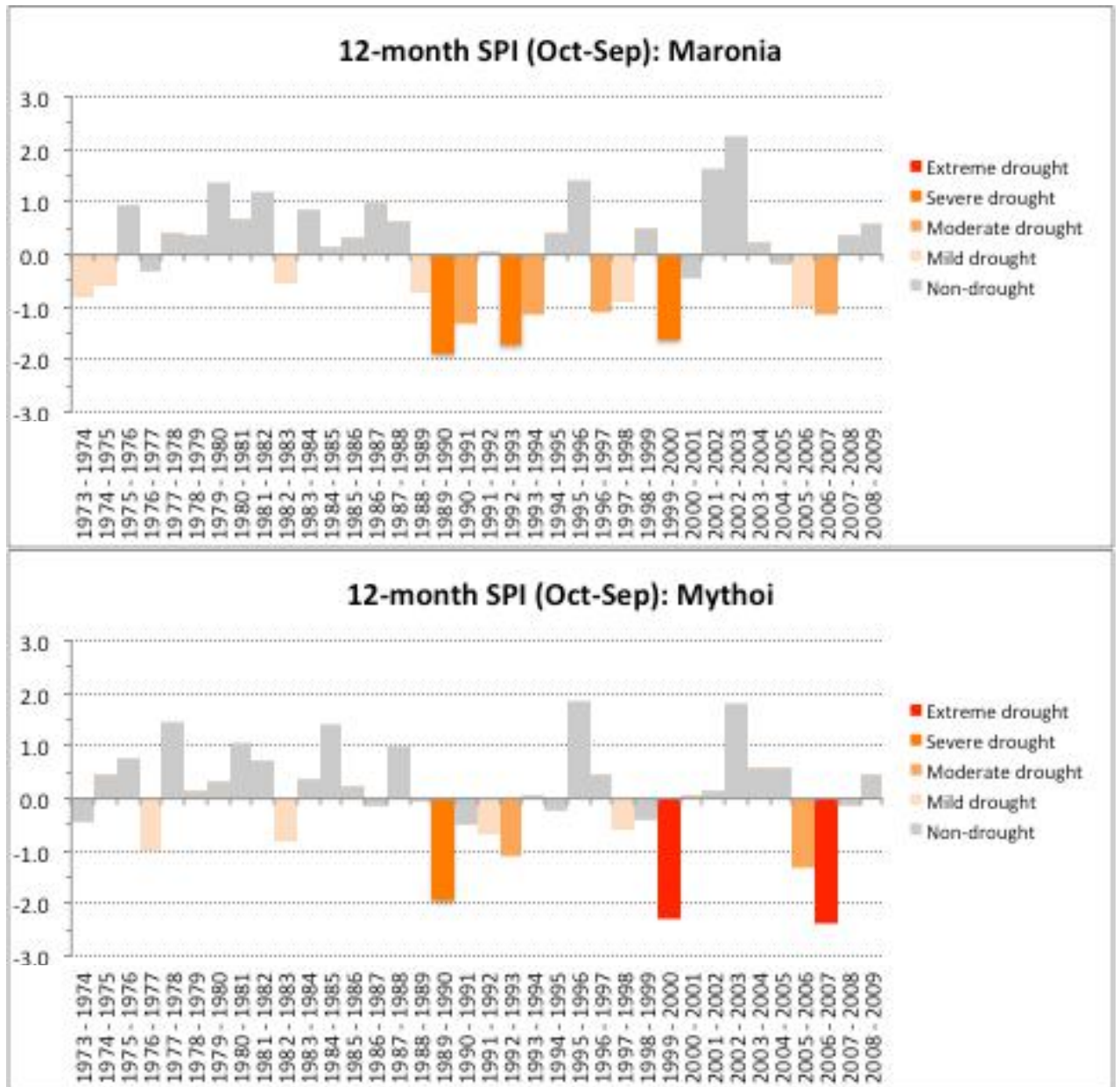


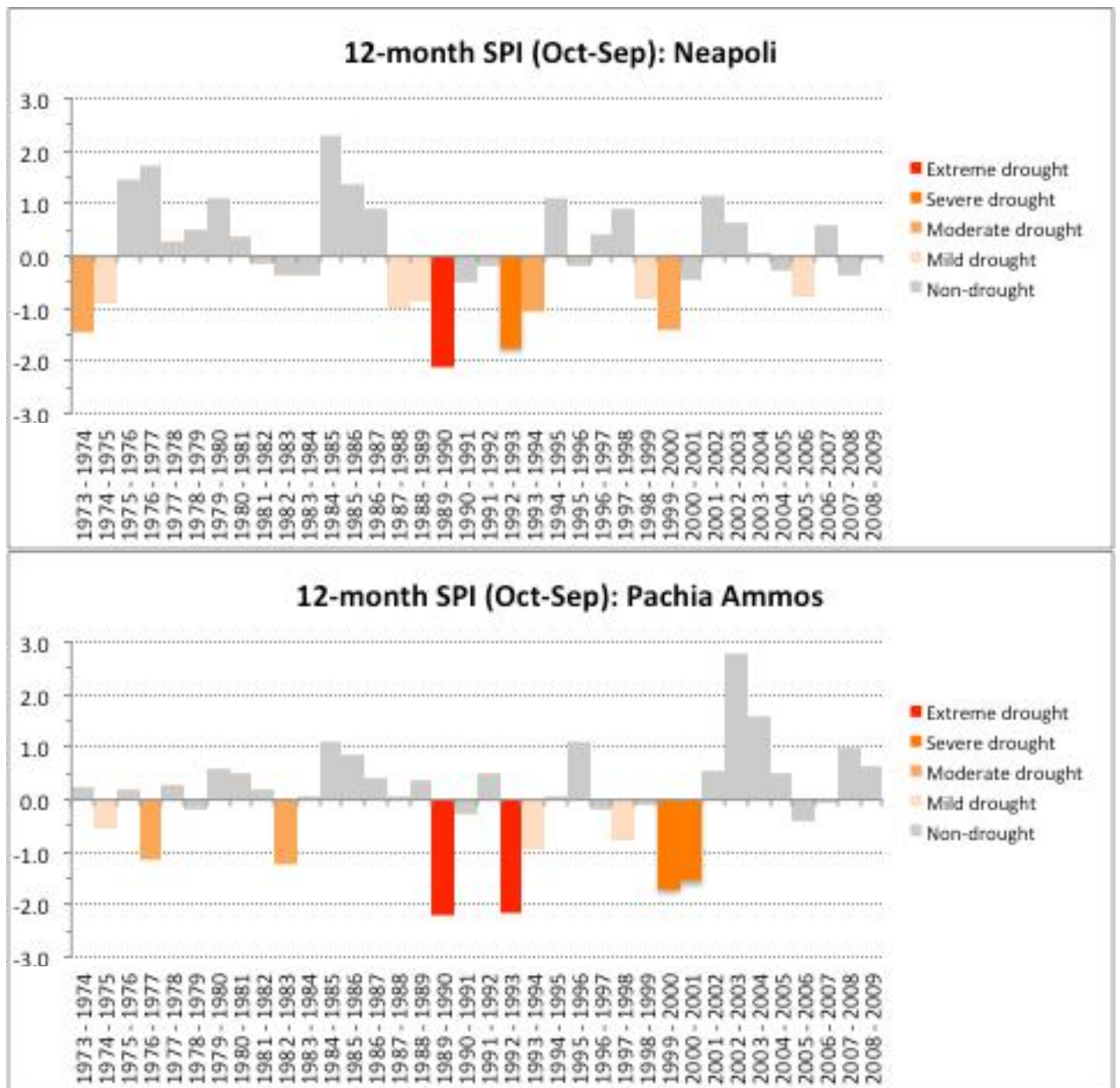


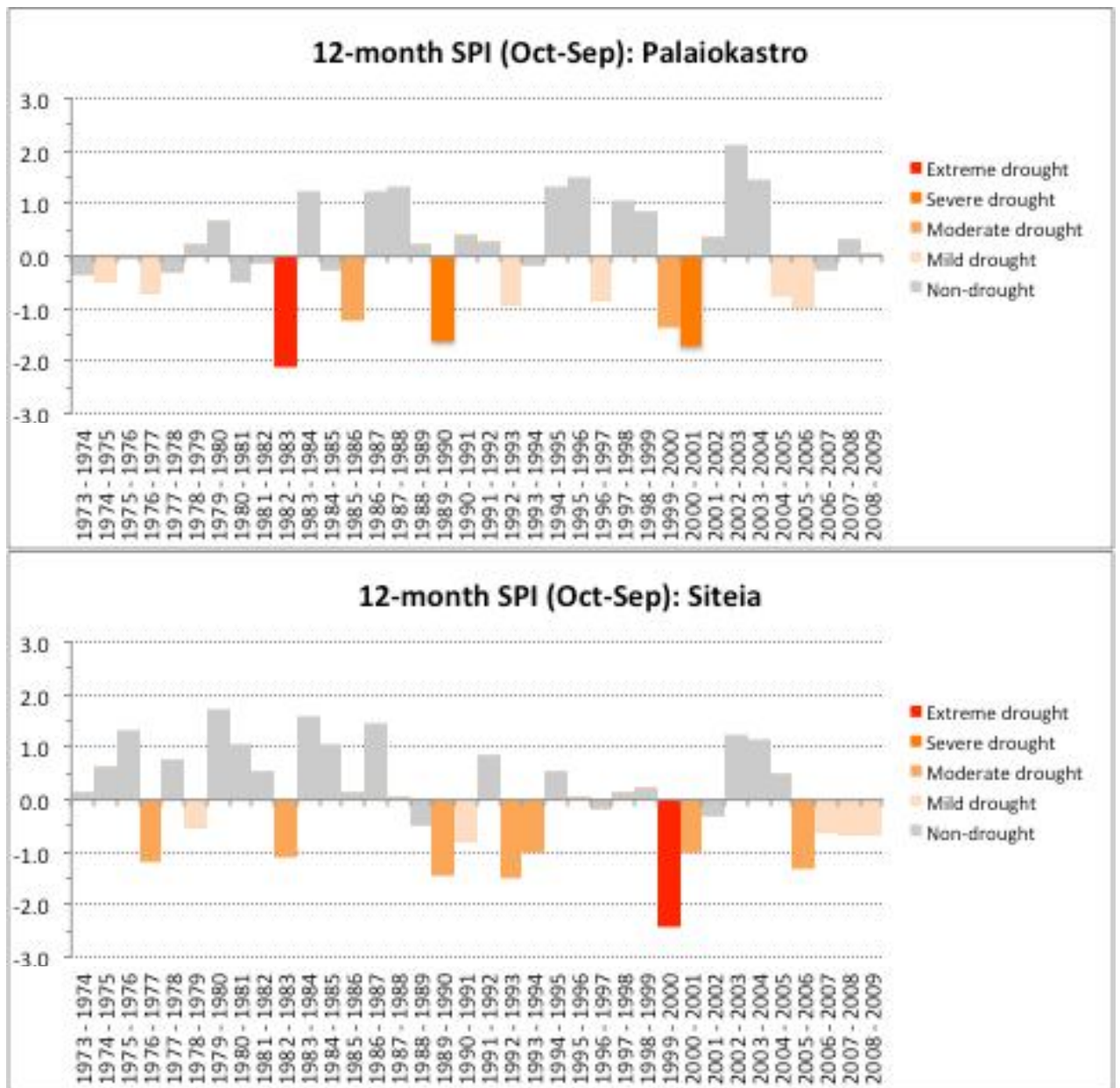
Λασιθι



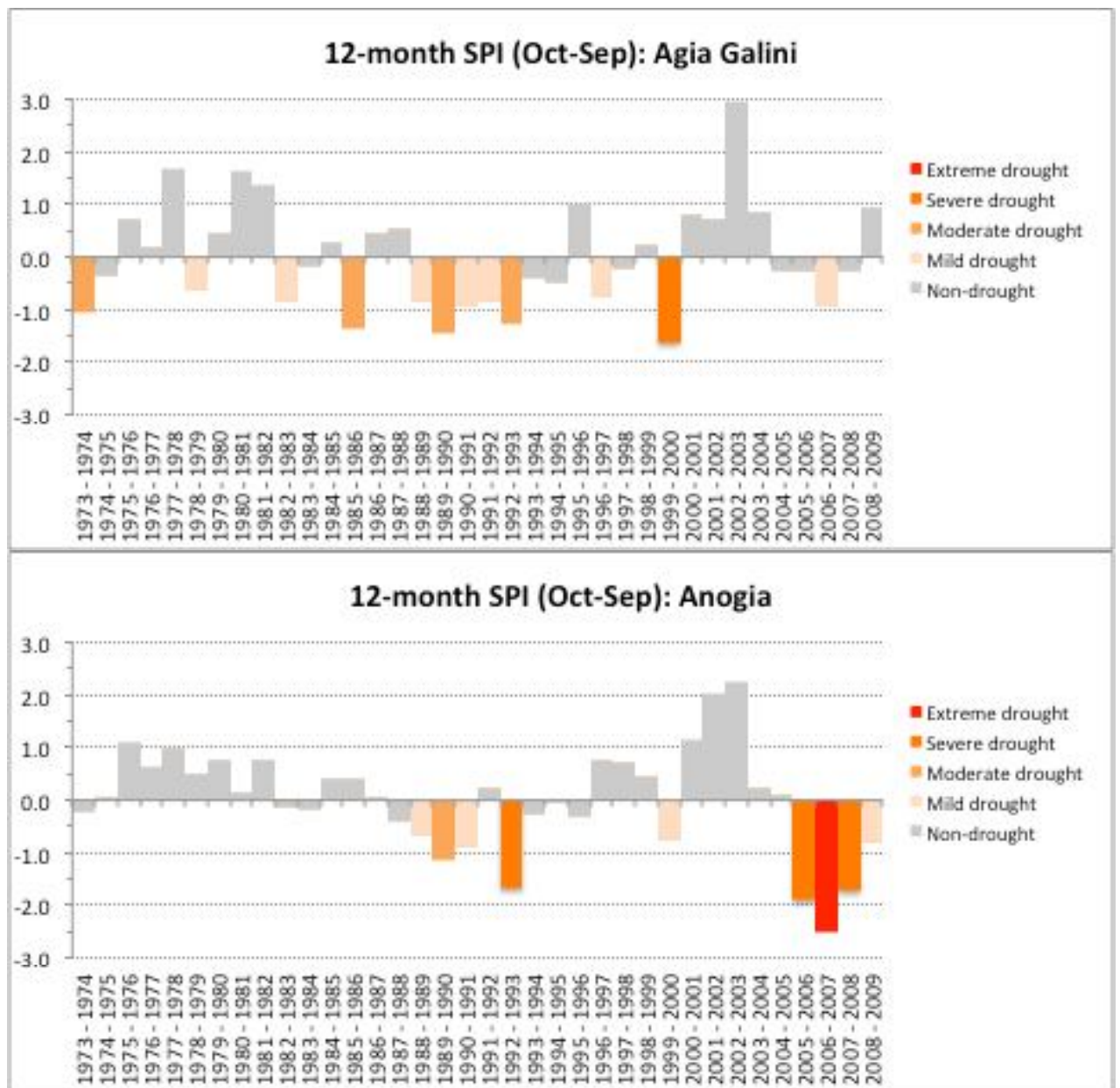


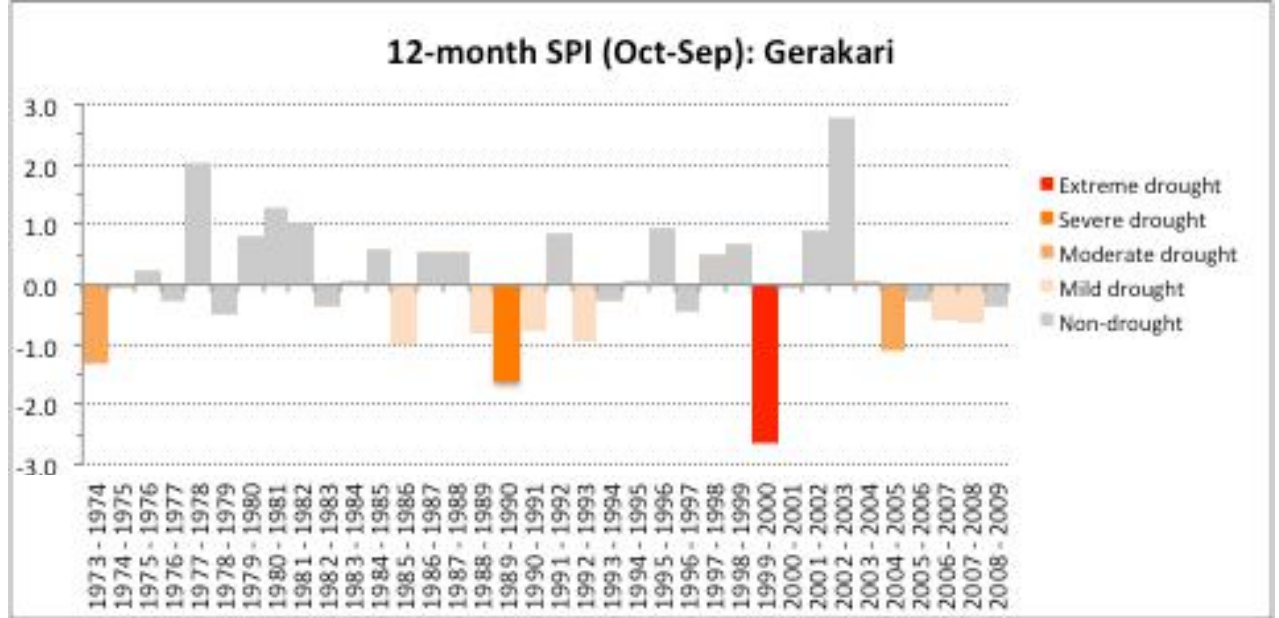
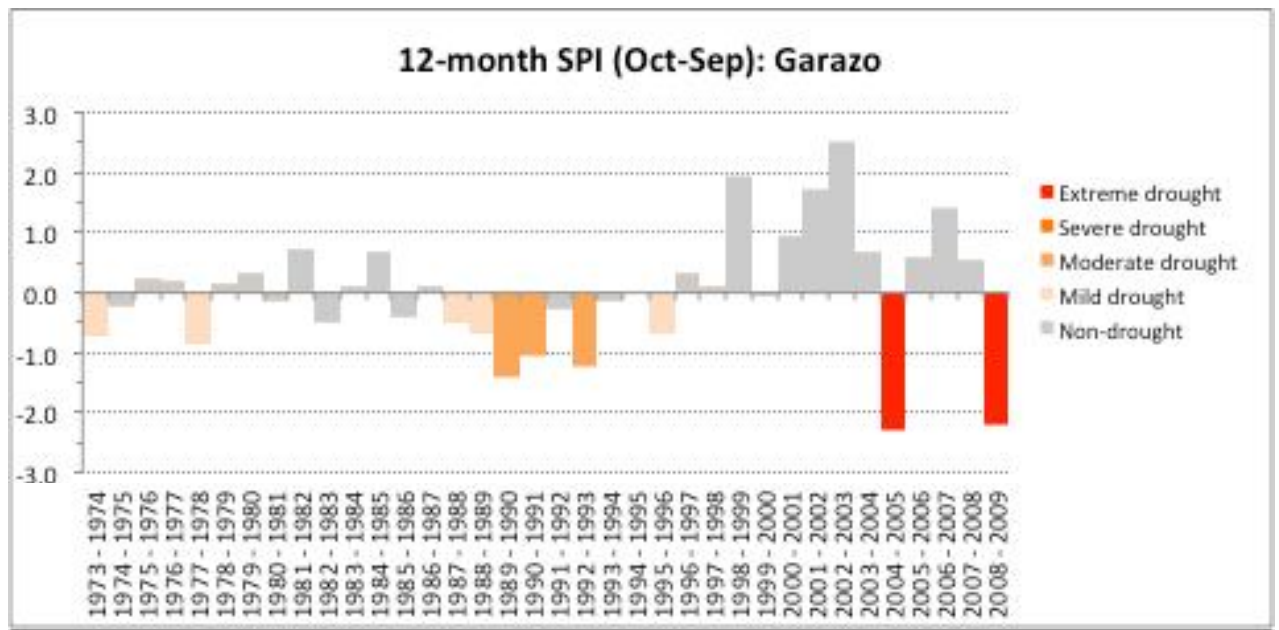


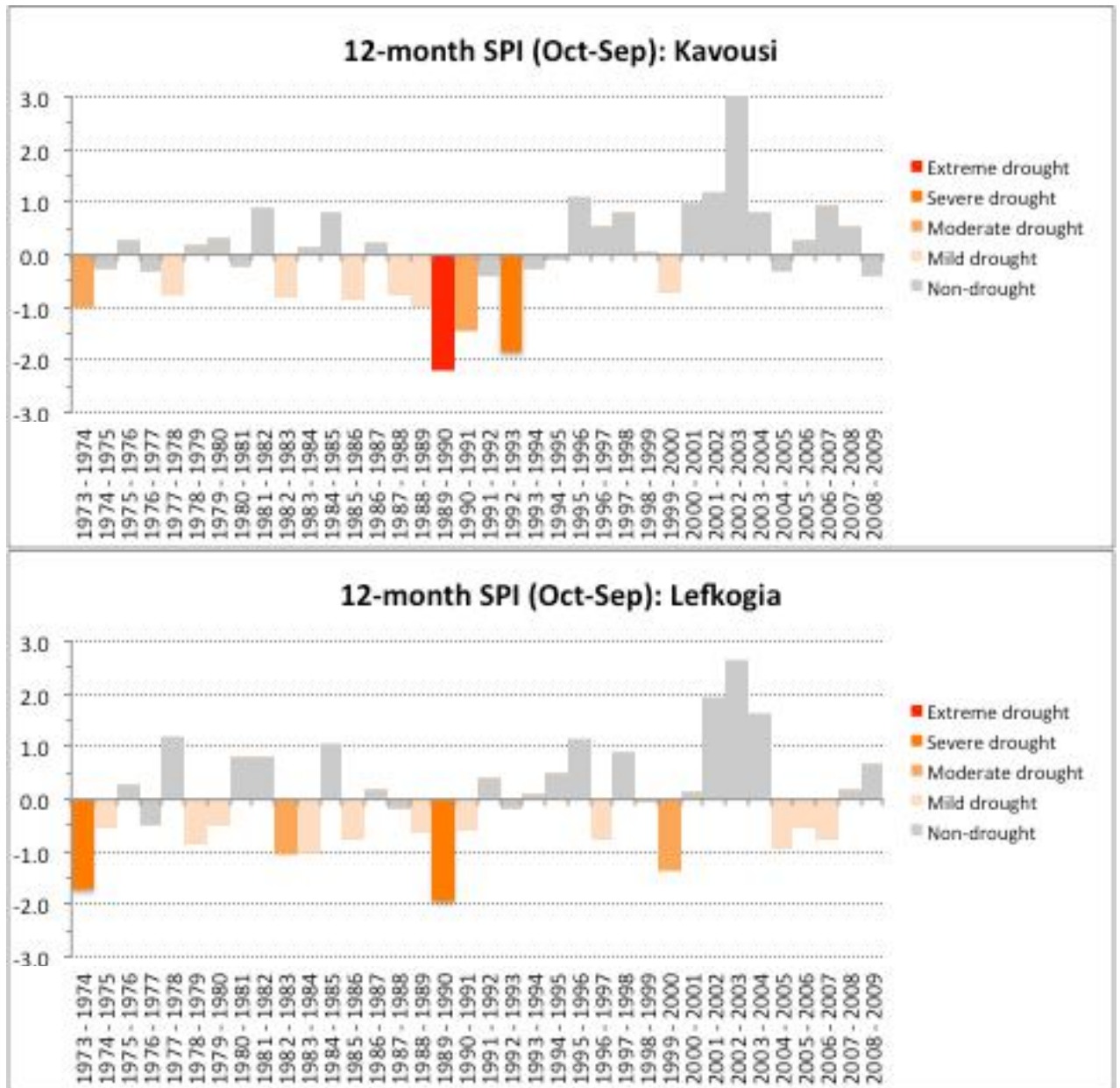


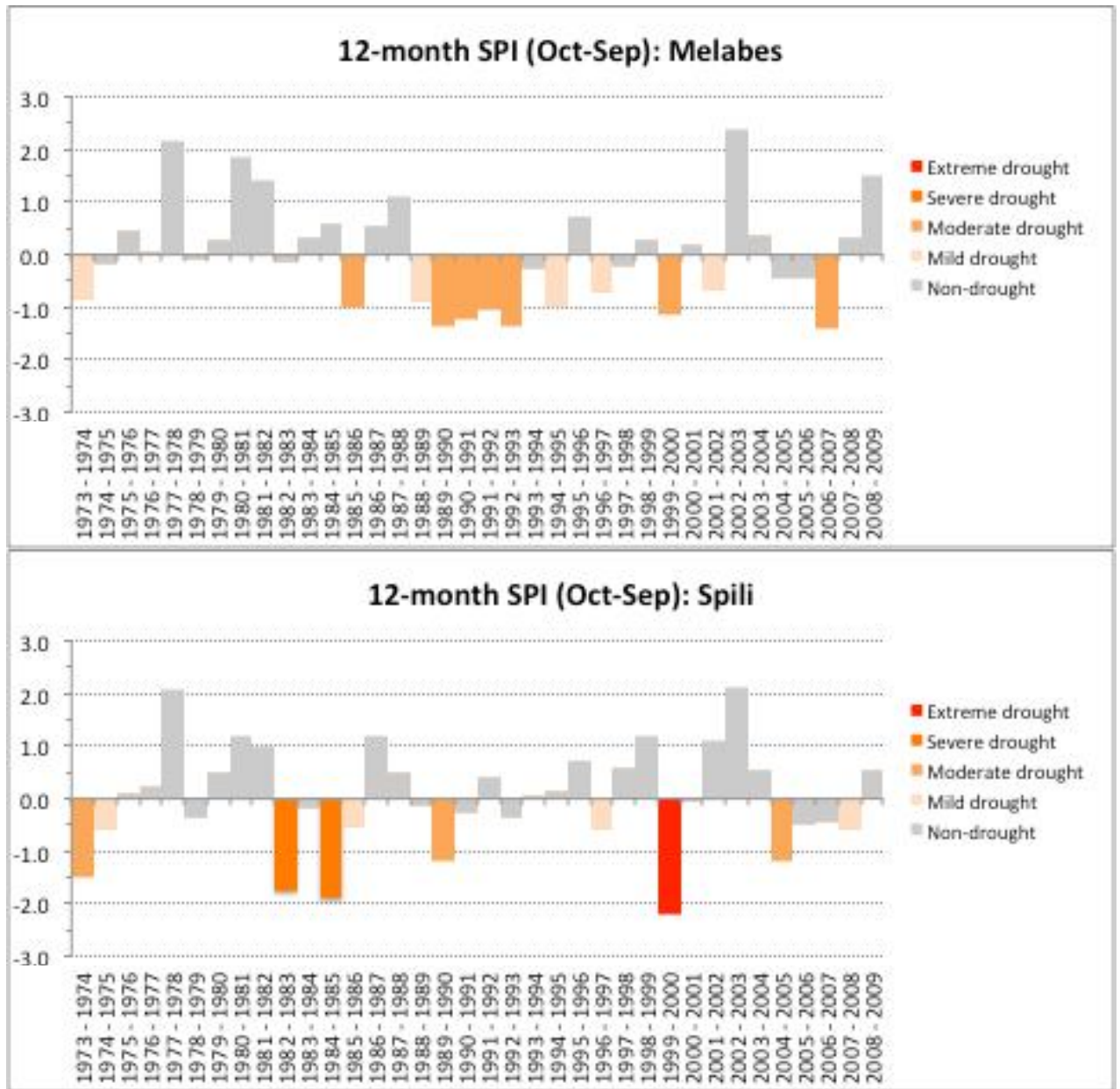


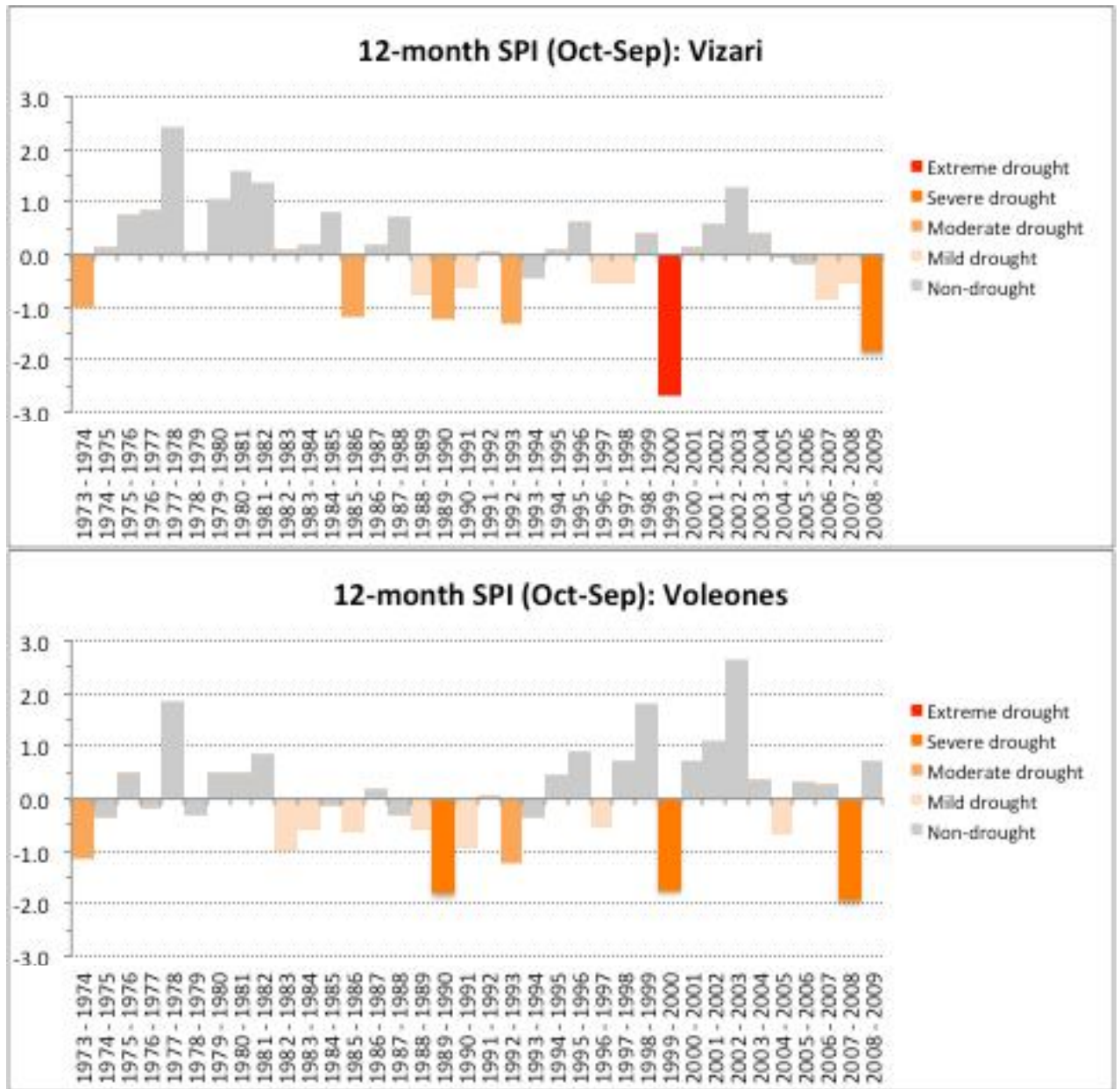
Ρέθυμνο







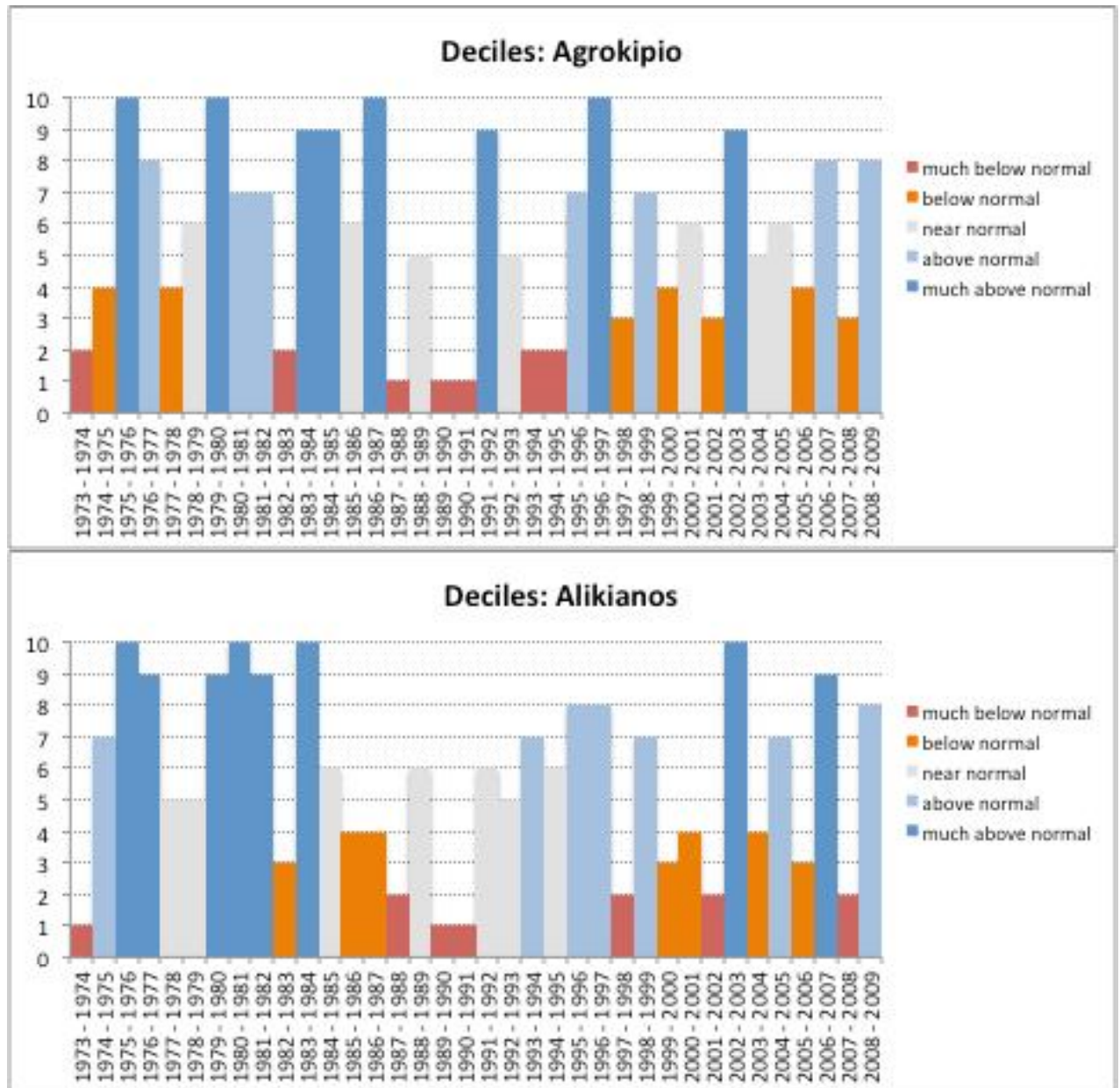


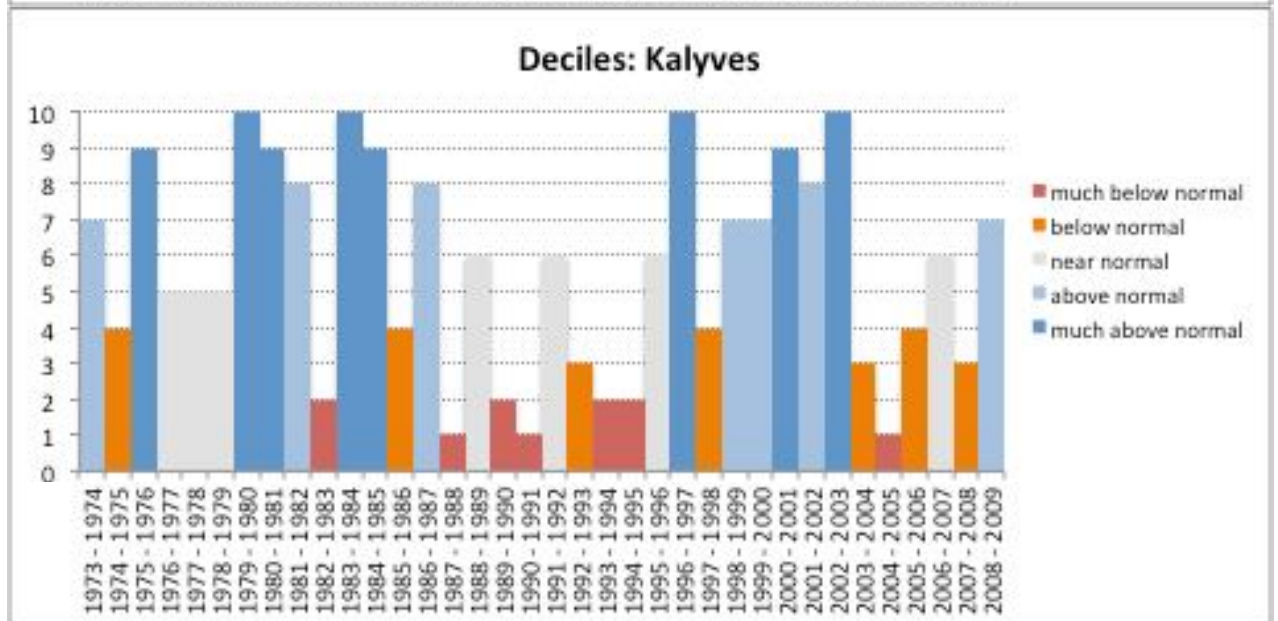
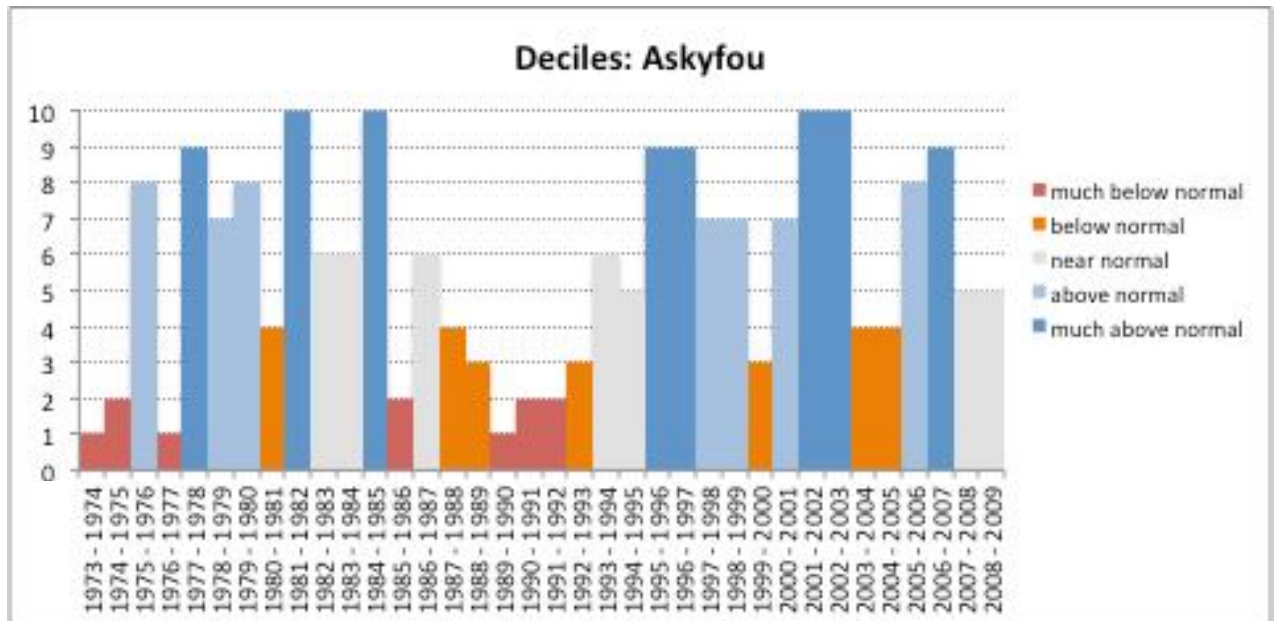


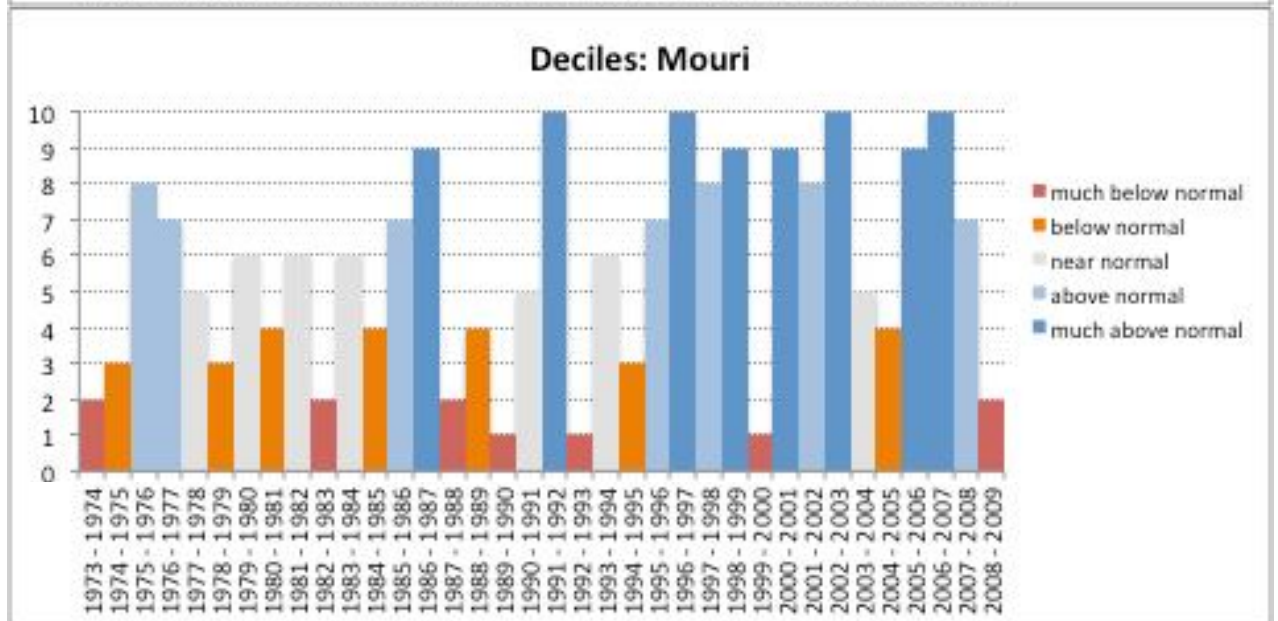
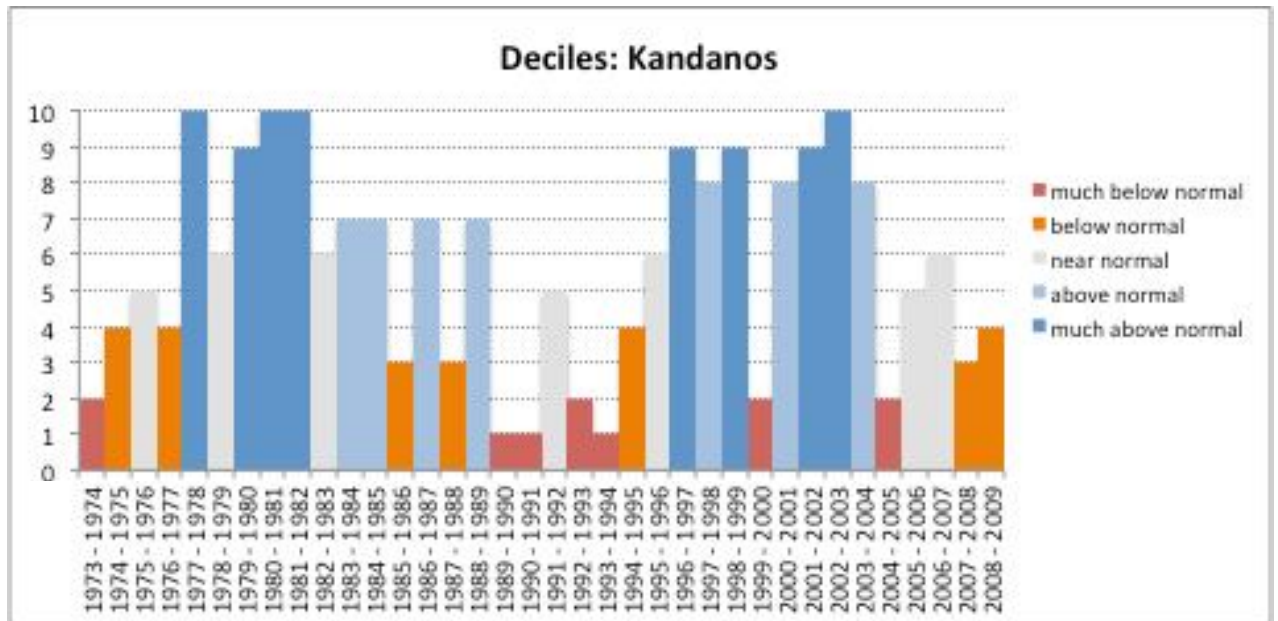
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Δείκτης *Precipitation Deciles* - ετήσιο χρονικό βήμα, 12-μηνιαία χρονική κλίμακα (περίοδος αναφοράς Οκτ. - Σεπτ.)

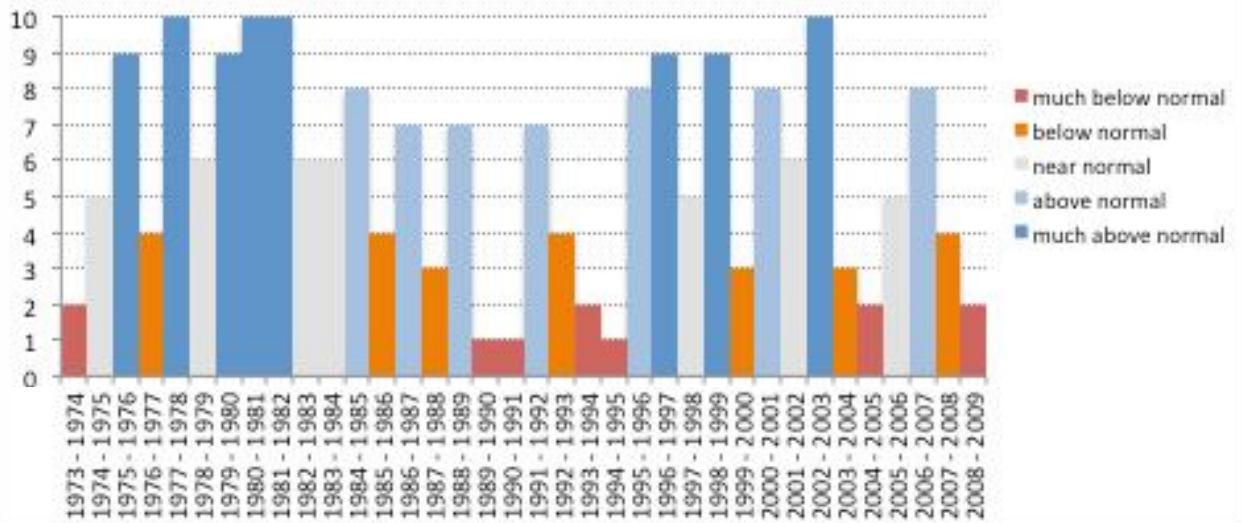
Χανιά



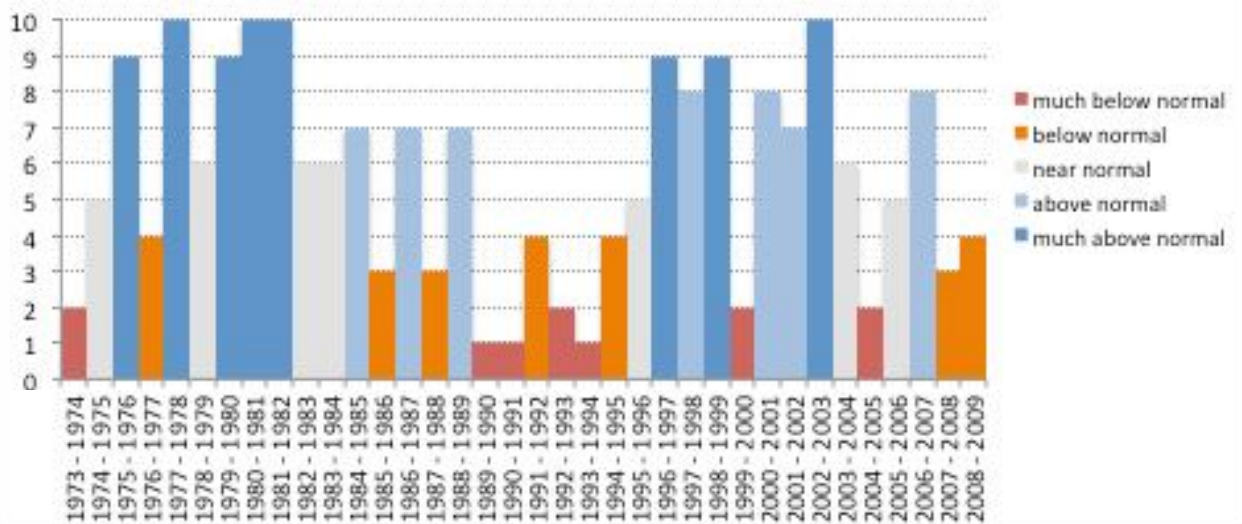




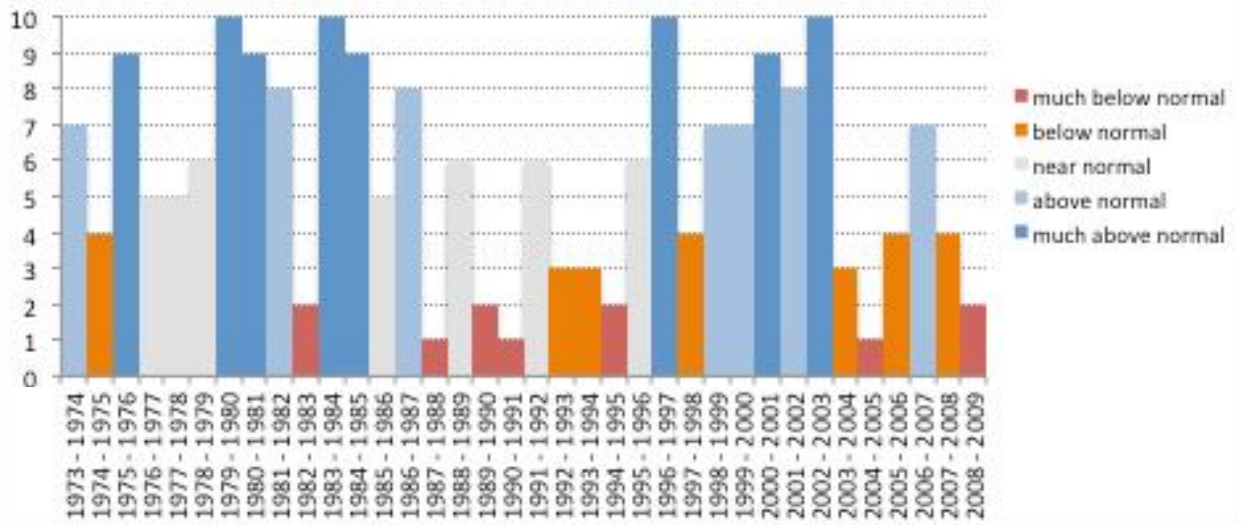
Deciles: Palaia Roumata



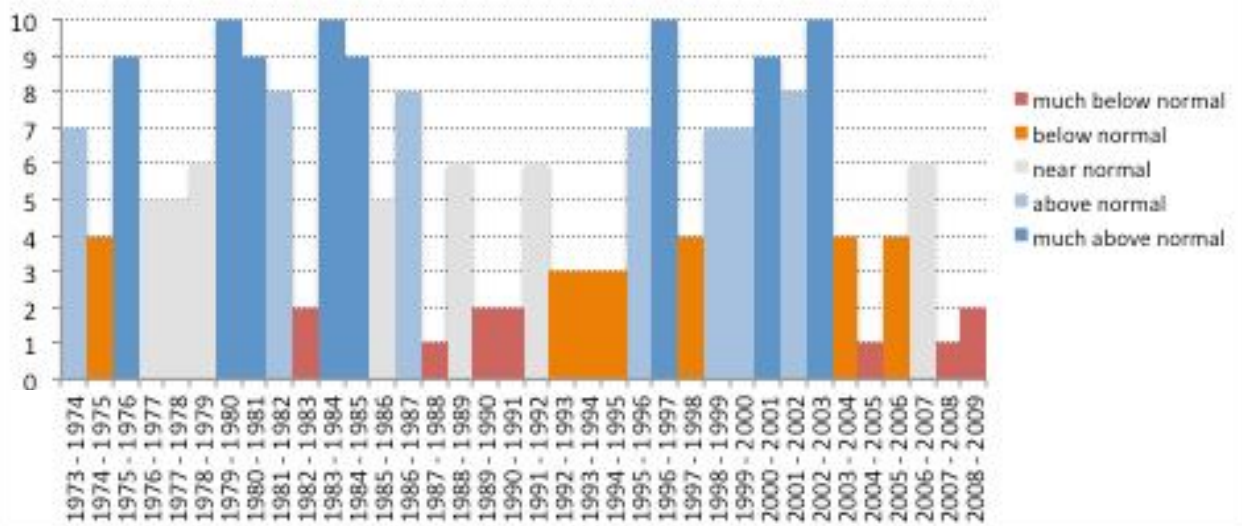
Deciles: Prasses

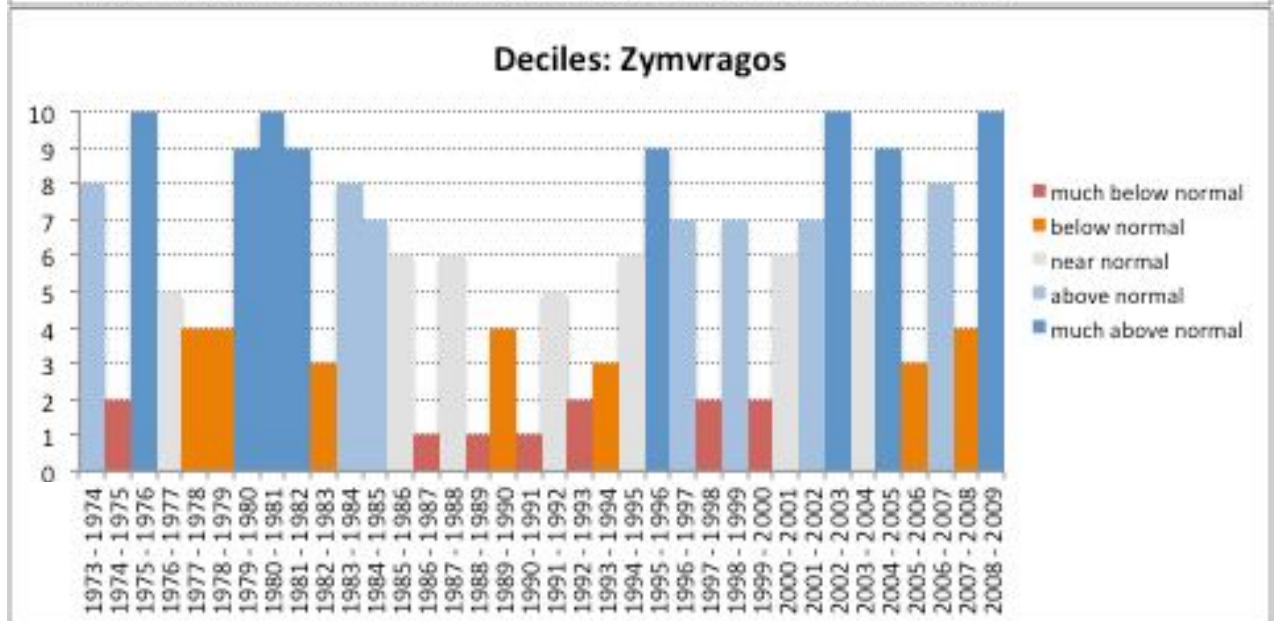
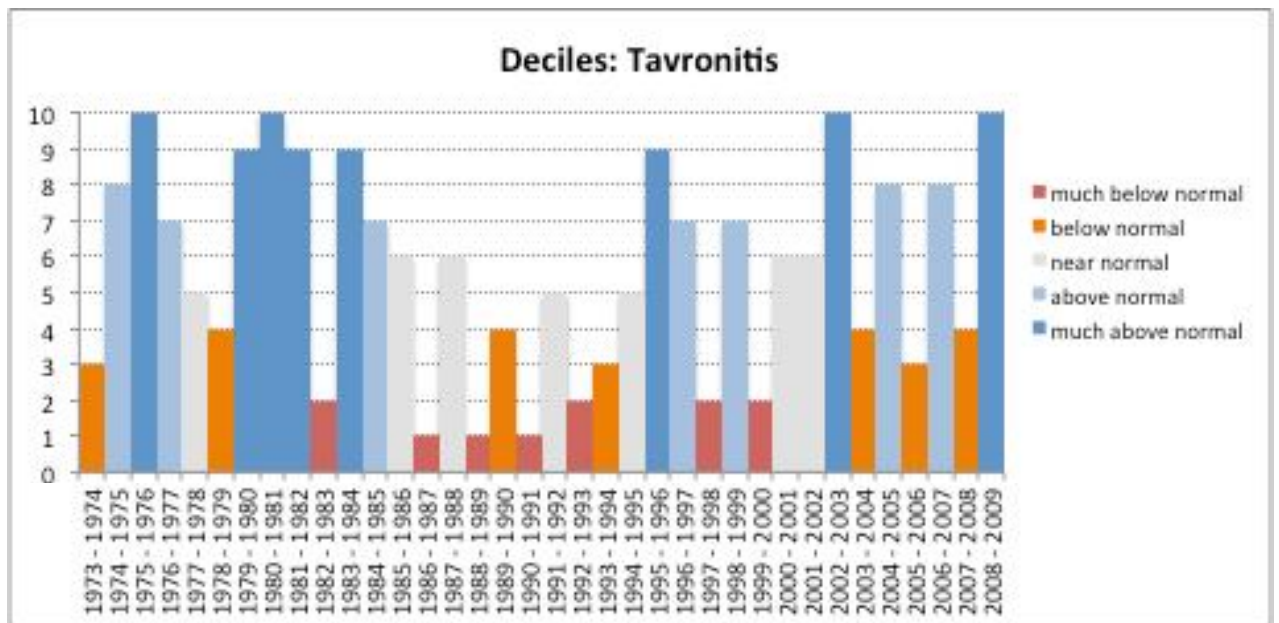


Deciles: Psychro Pigadi

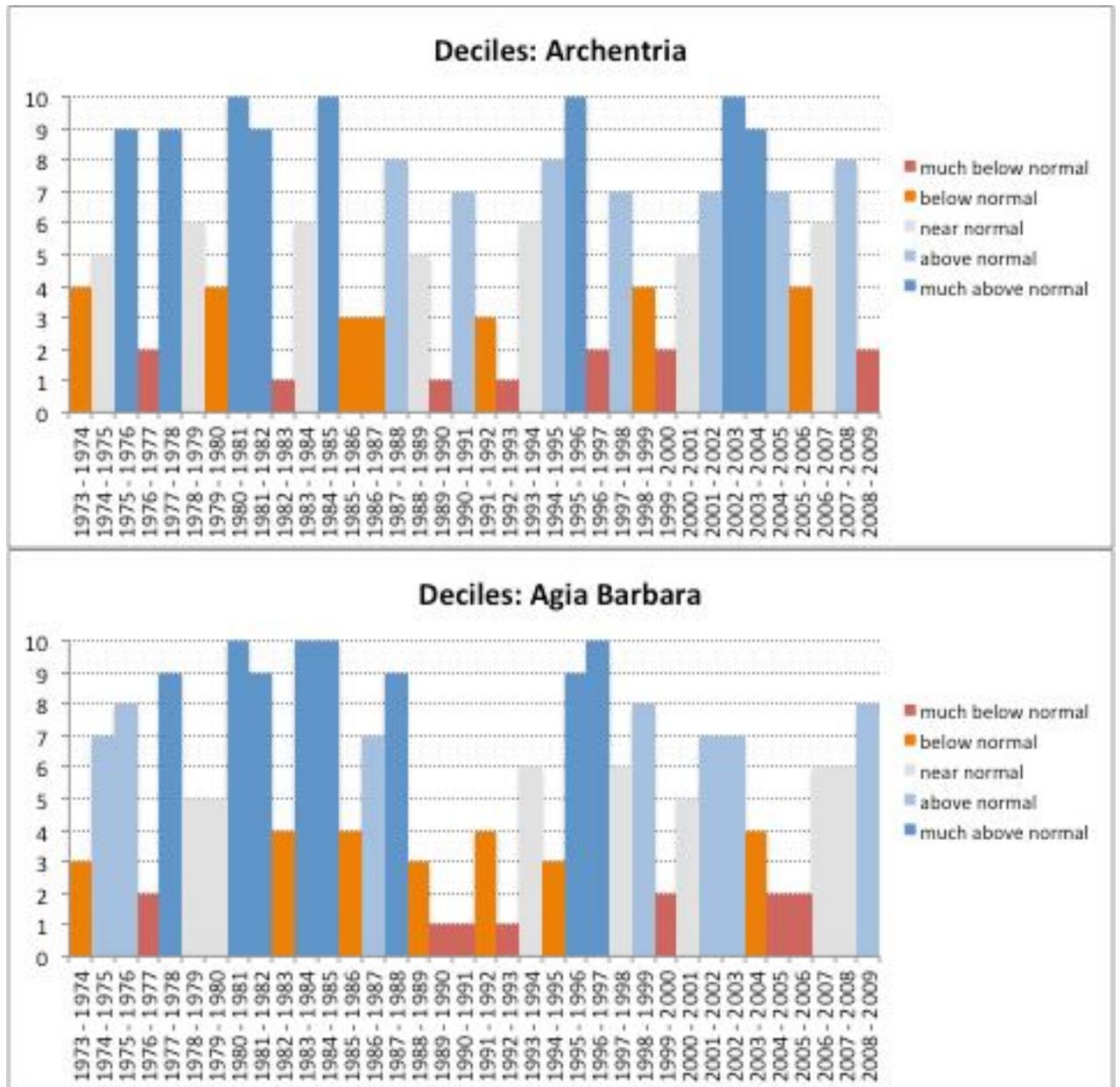


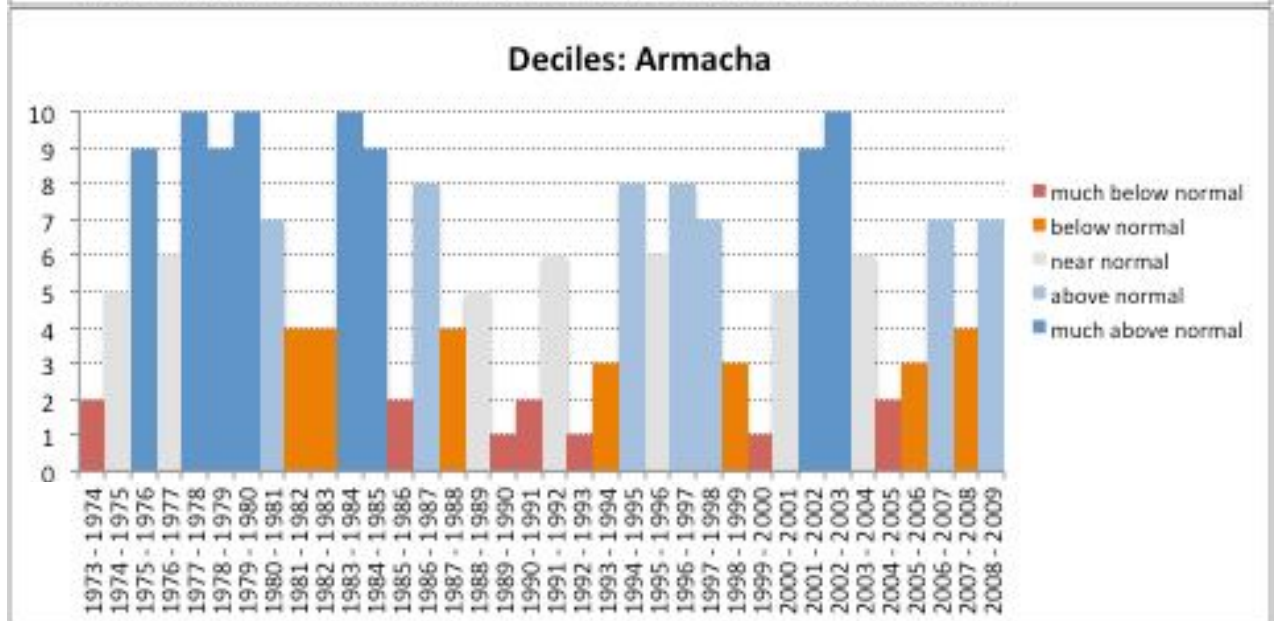
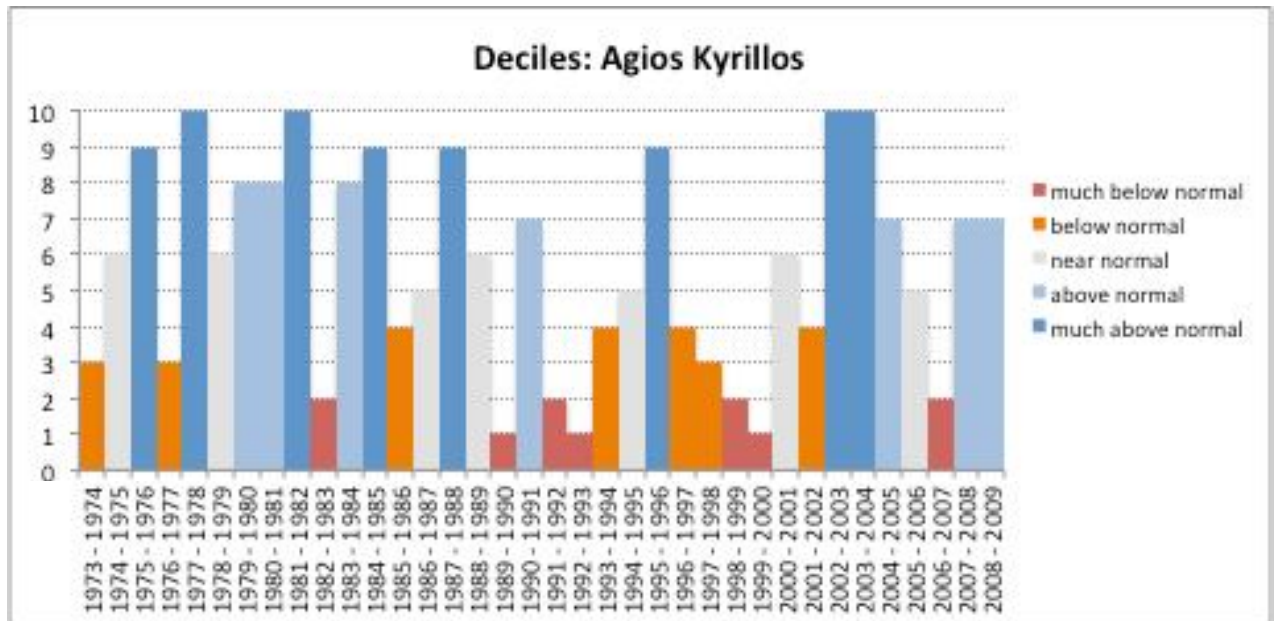
Deciles: Samonas

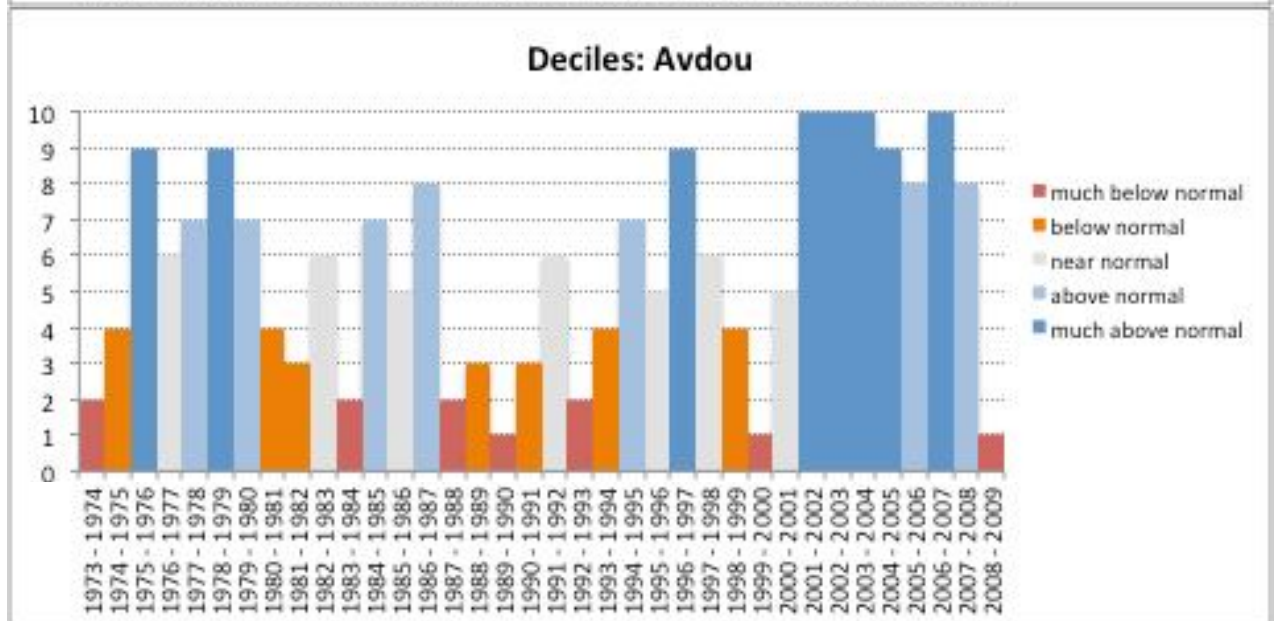
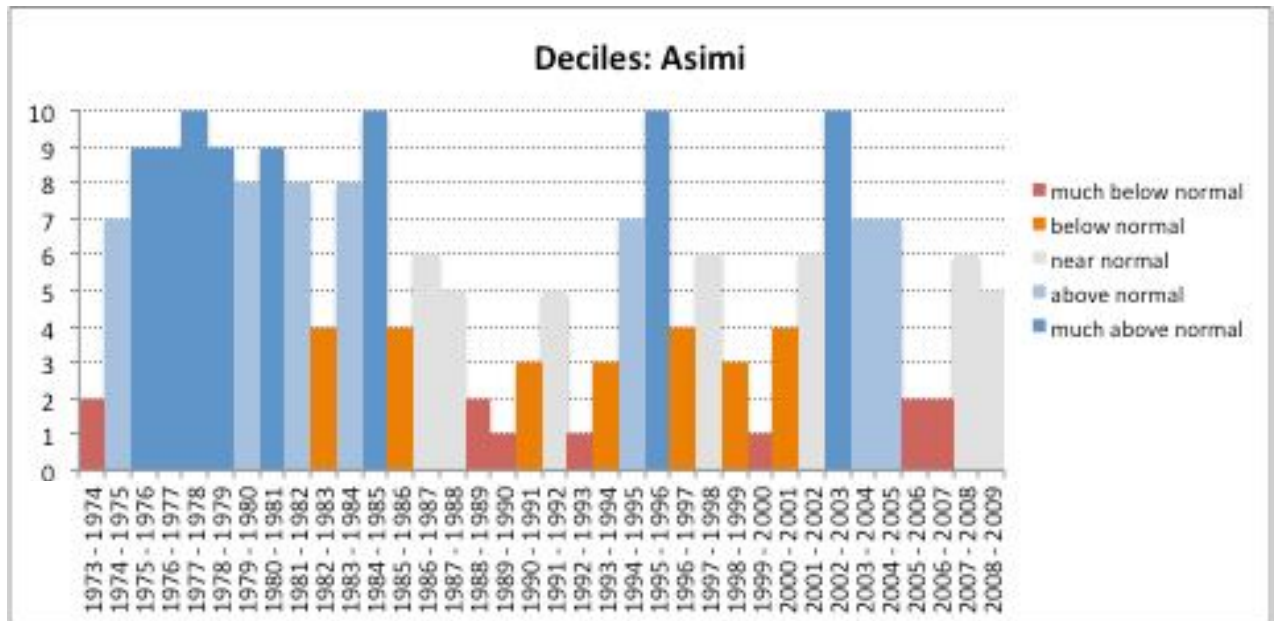


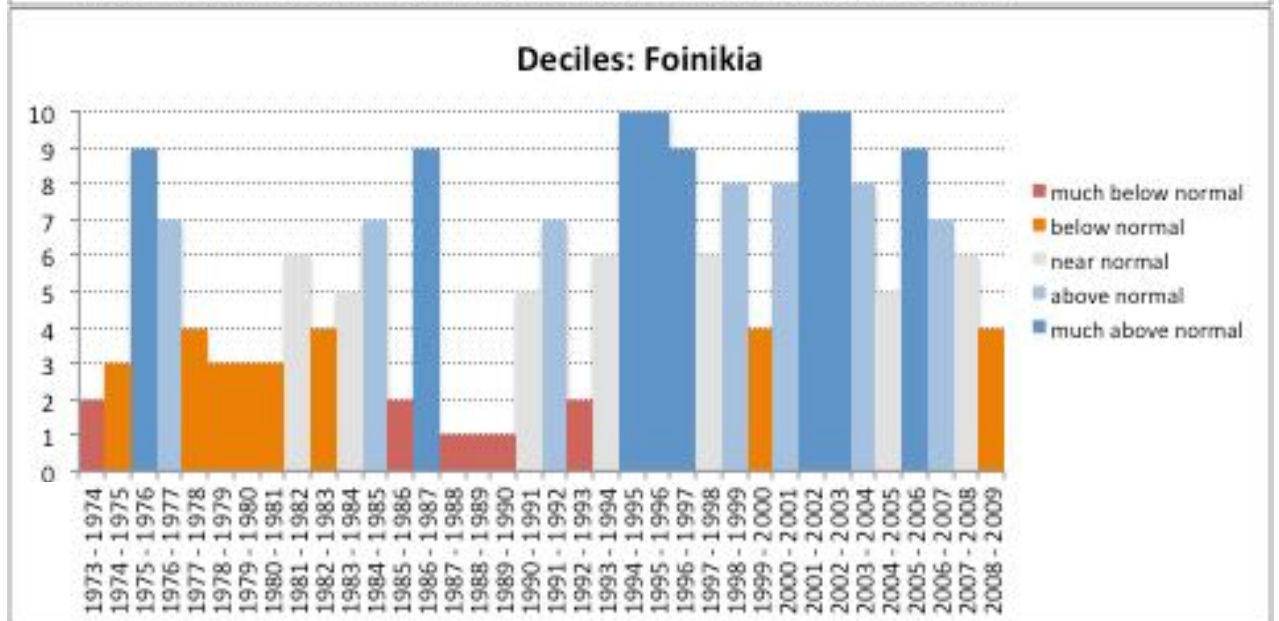
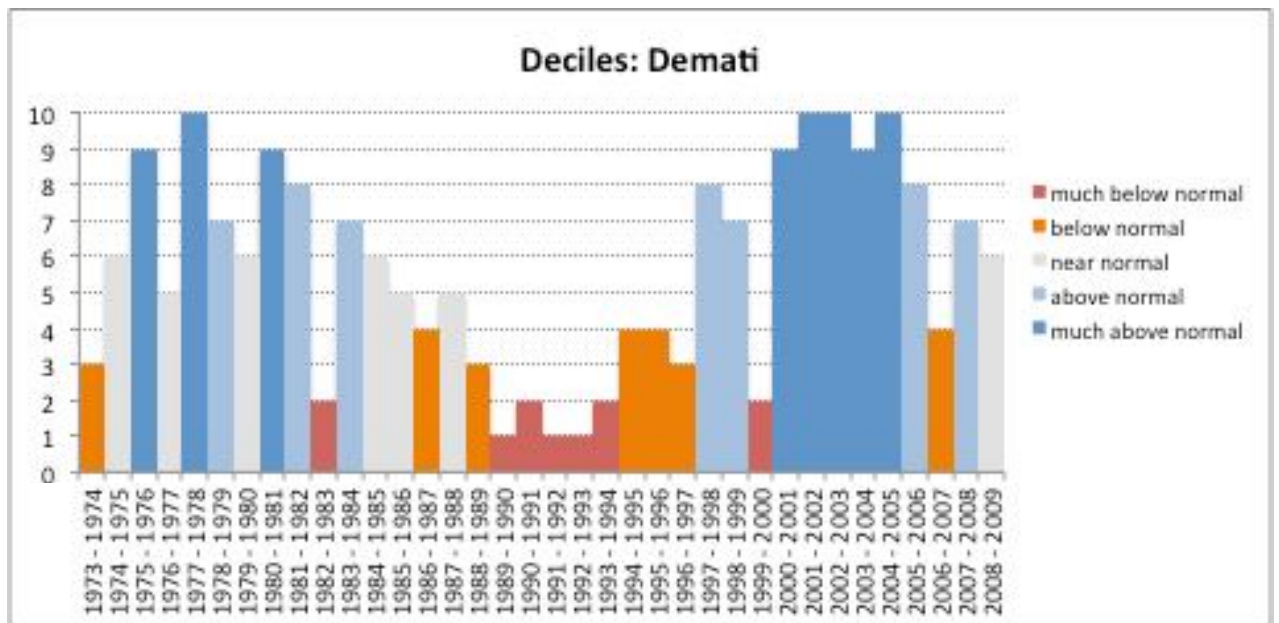


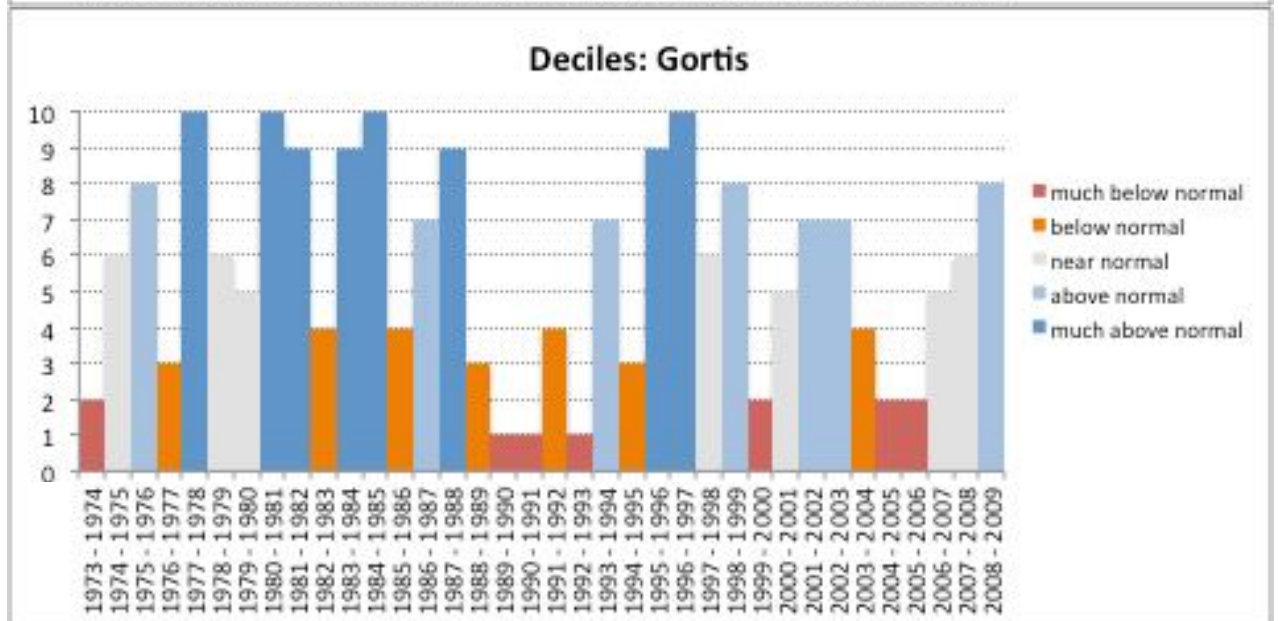
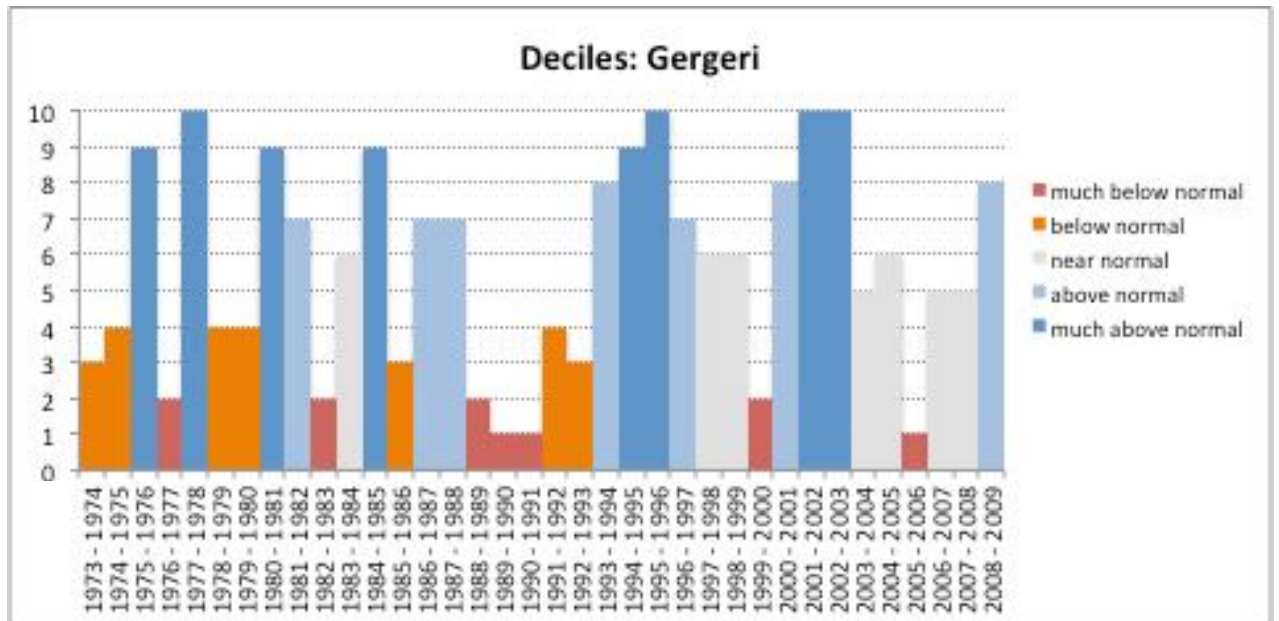
Ηράκλειο

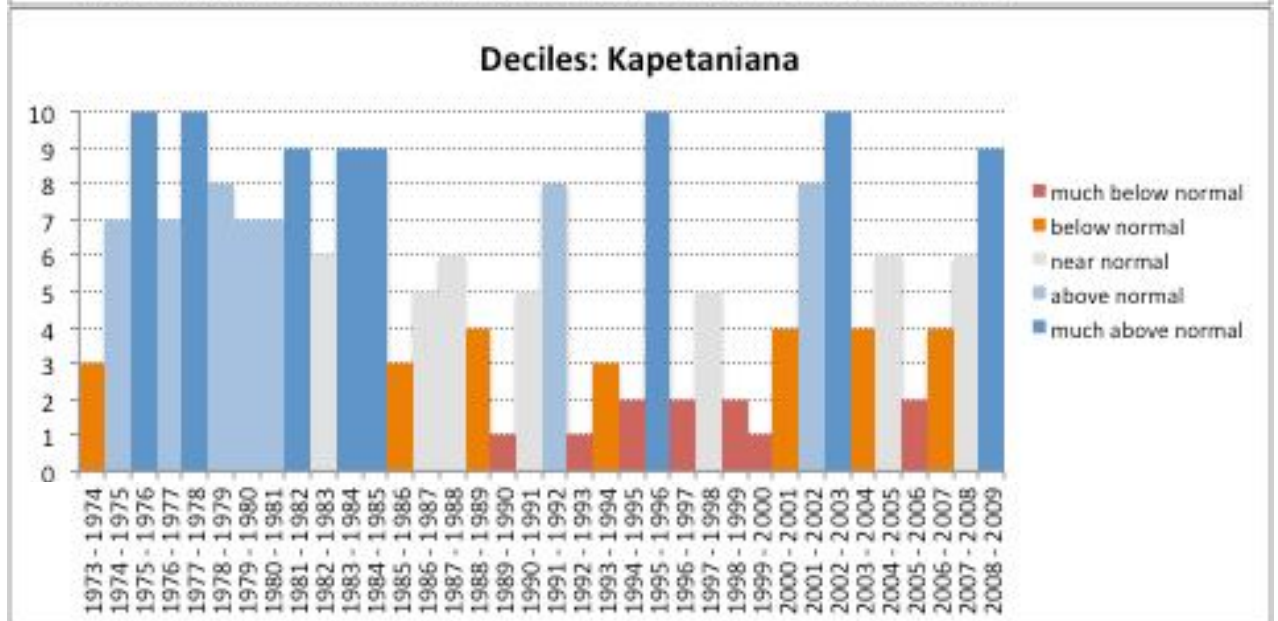
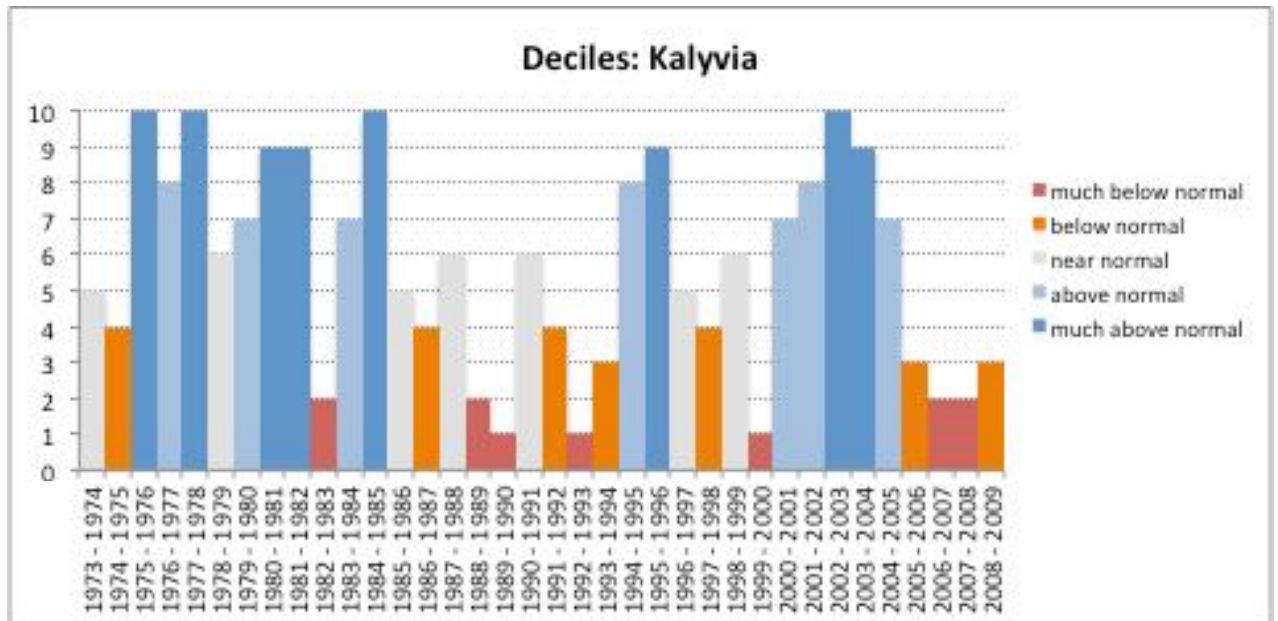


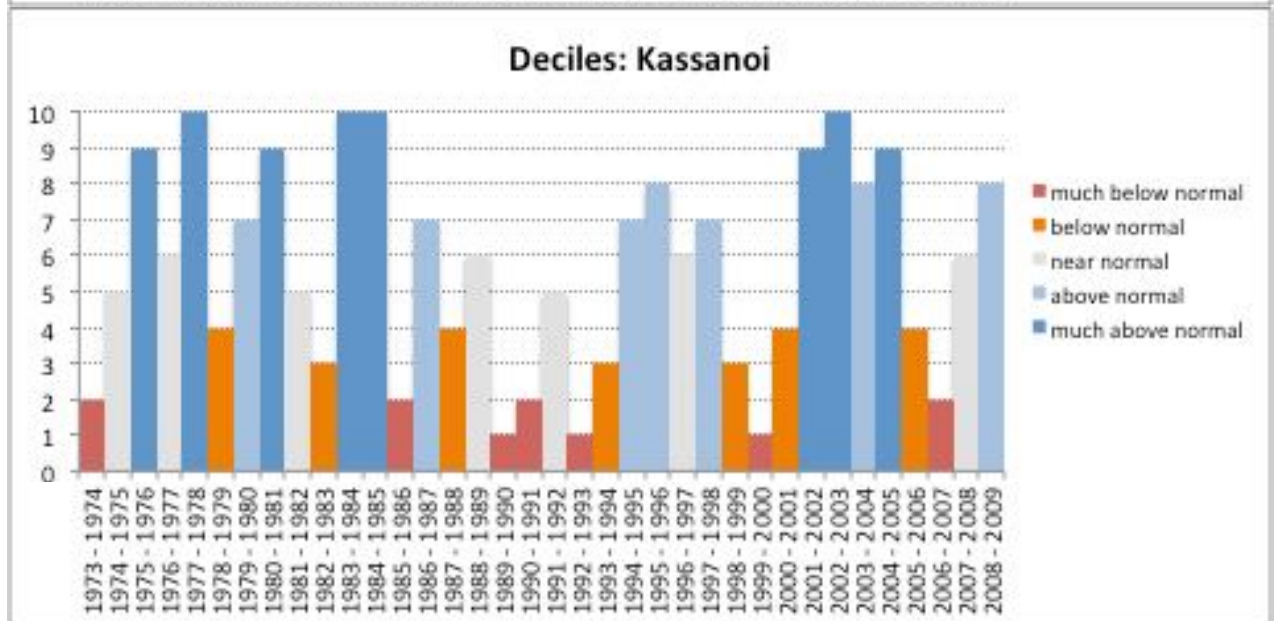
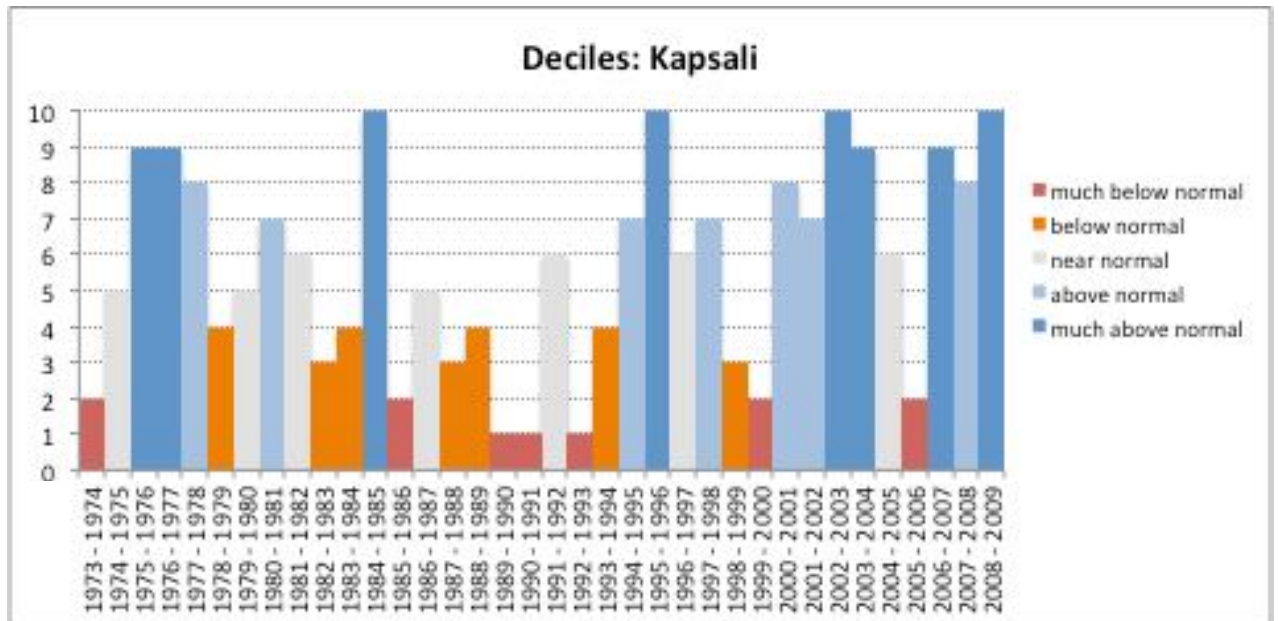


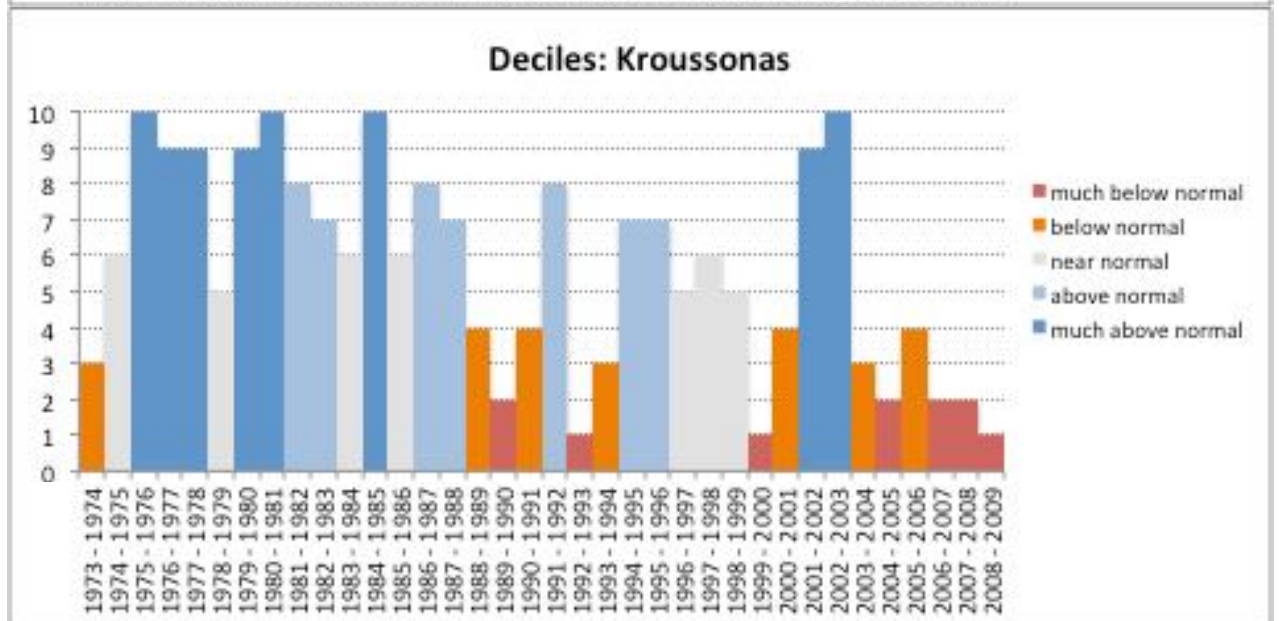
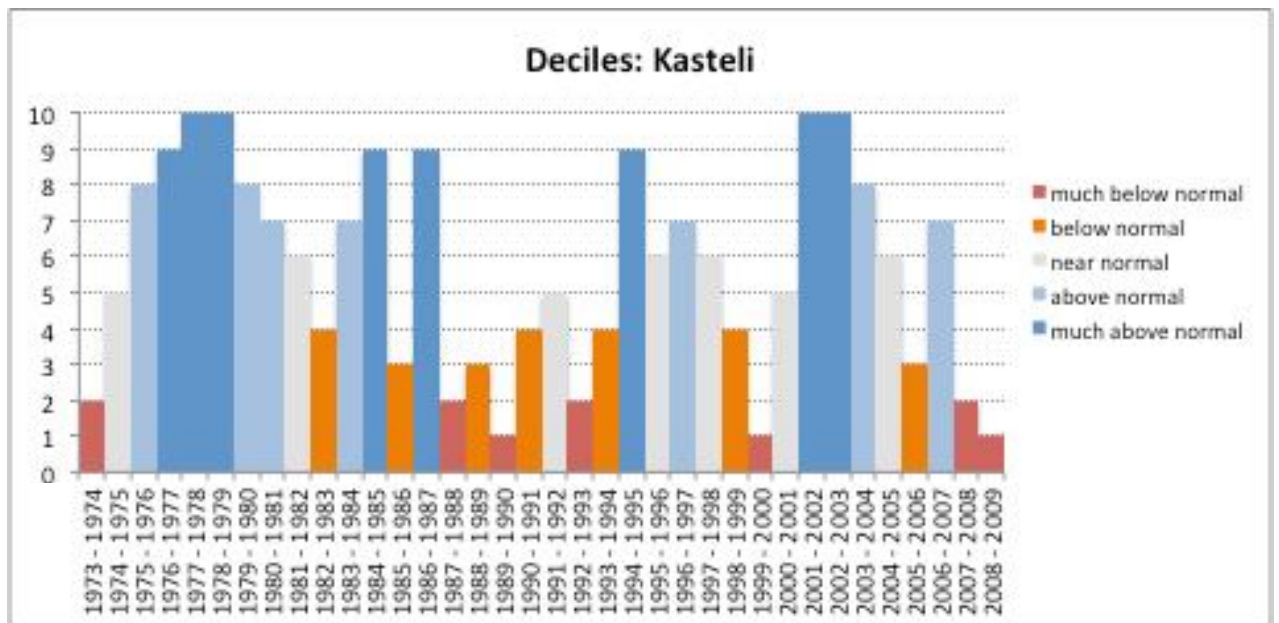


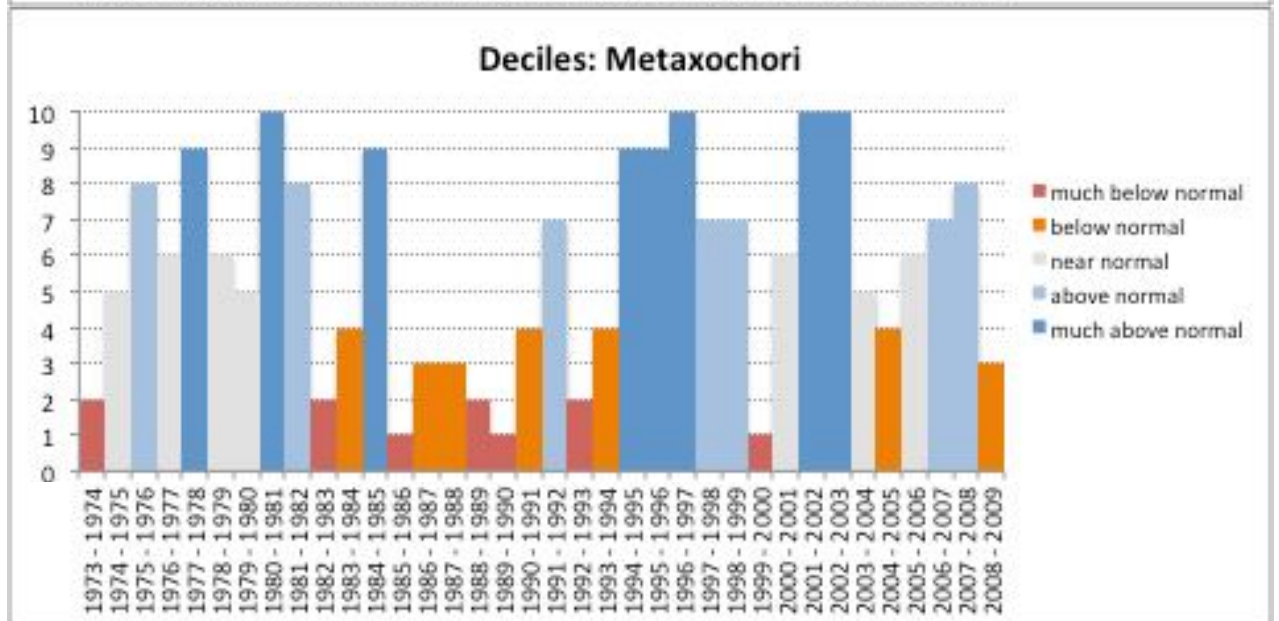
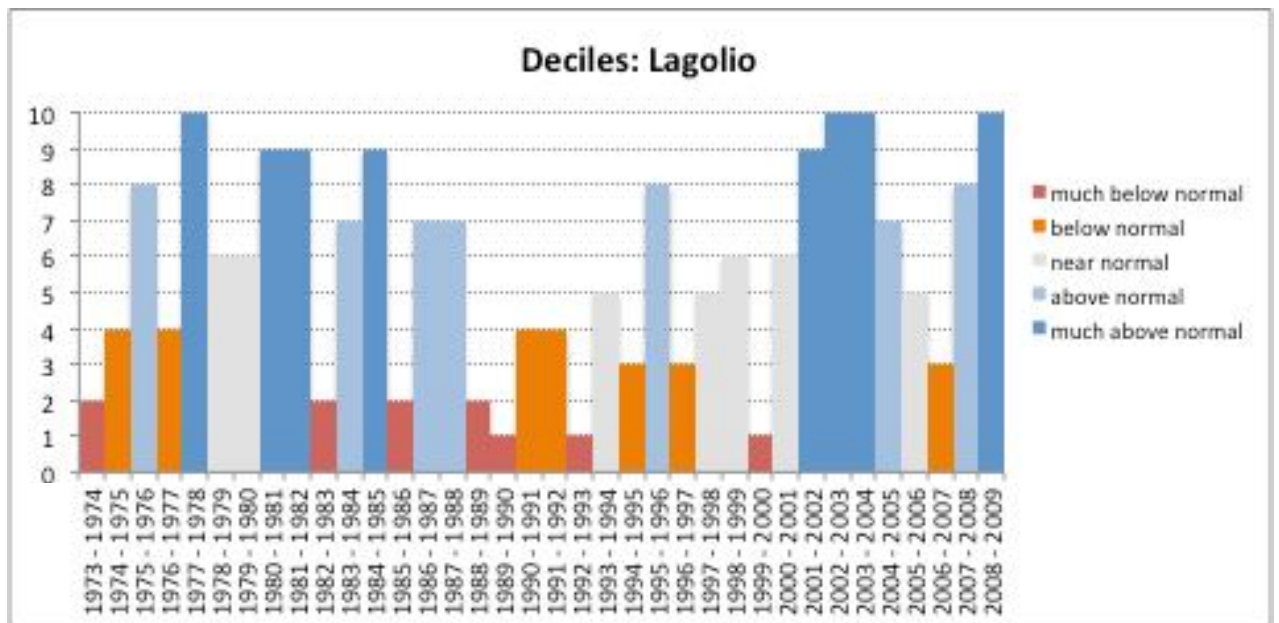




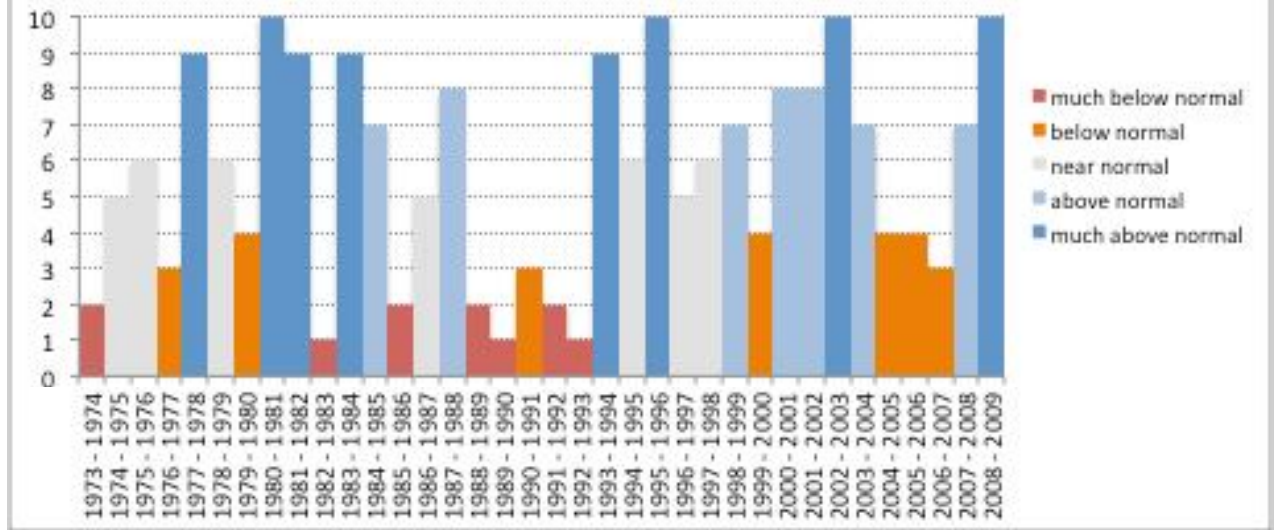


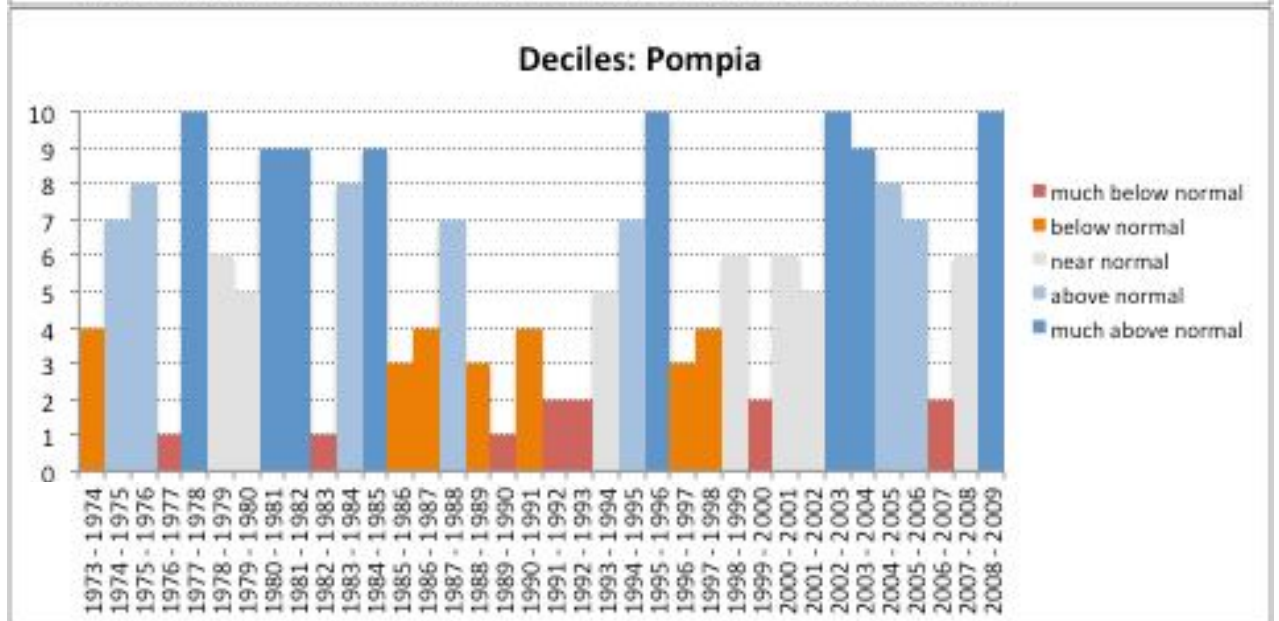
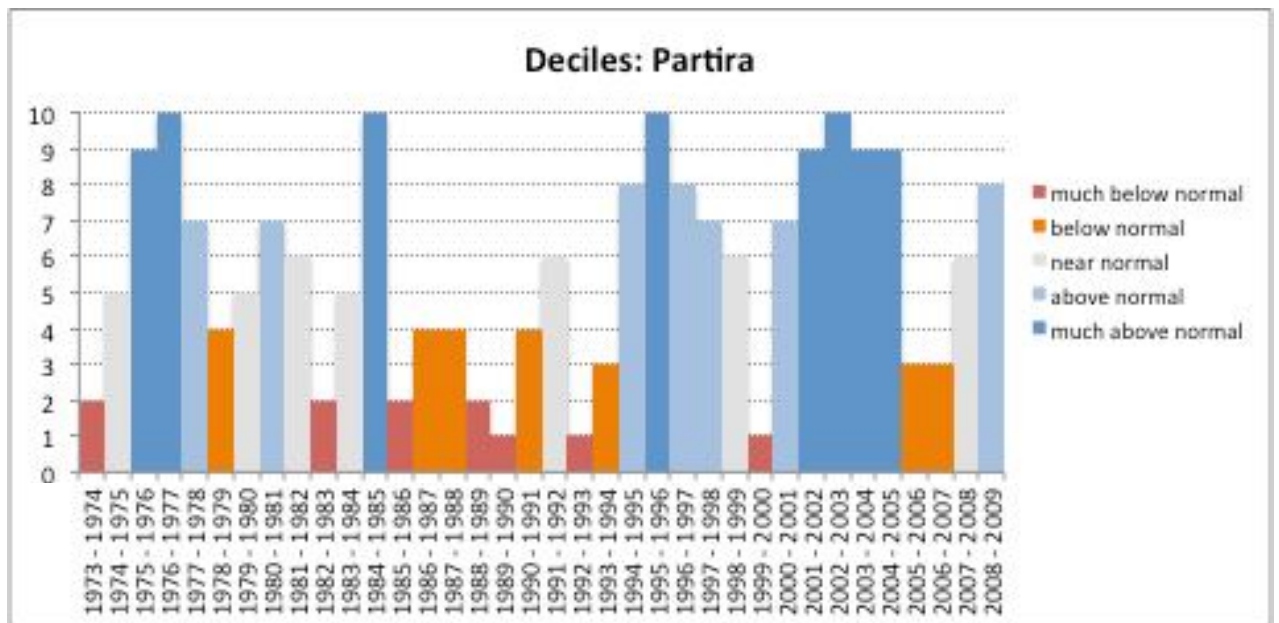


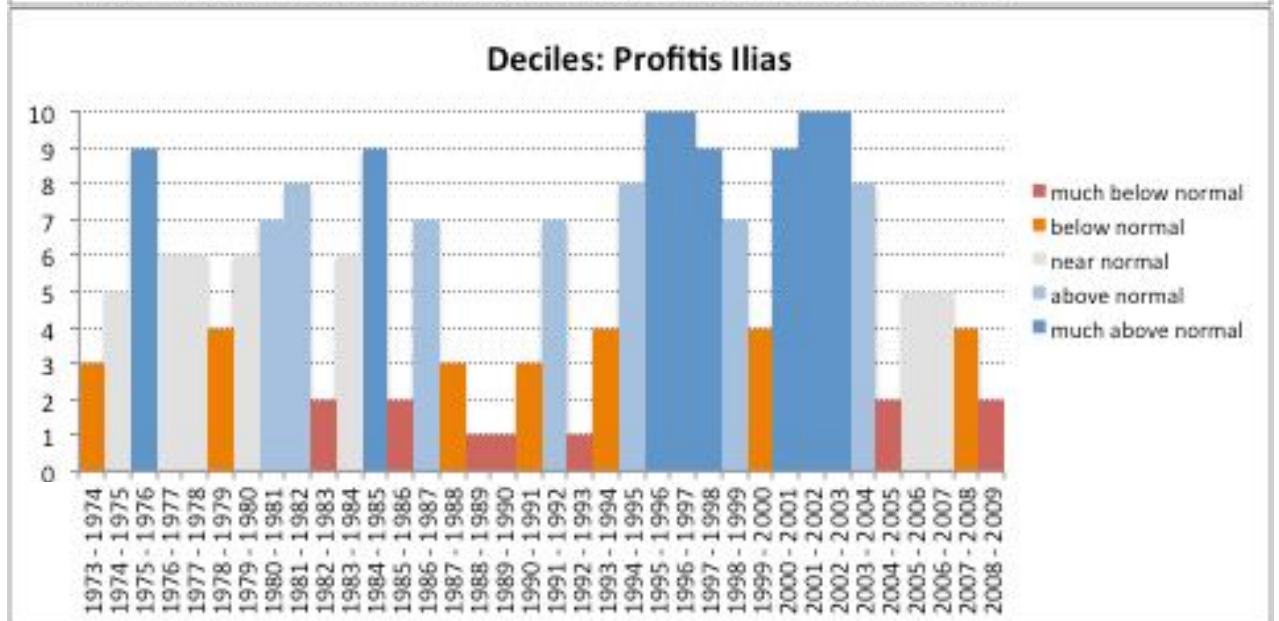
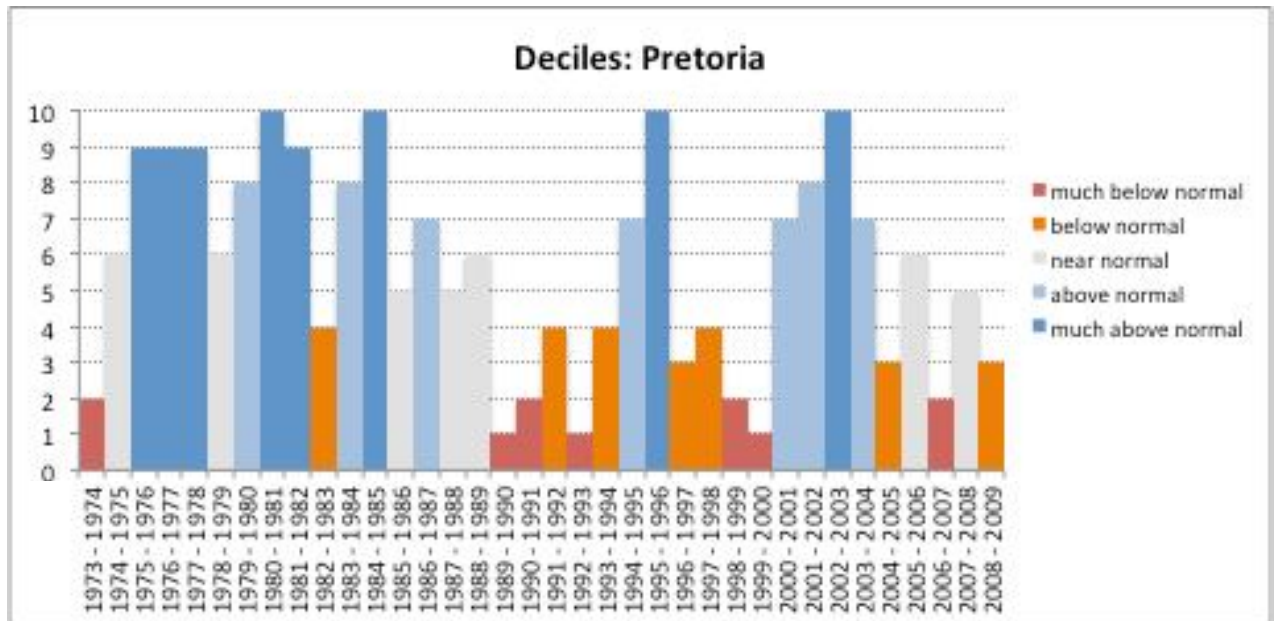


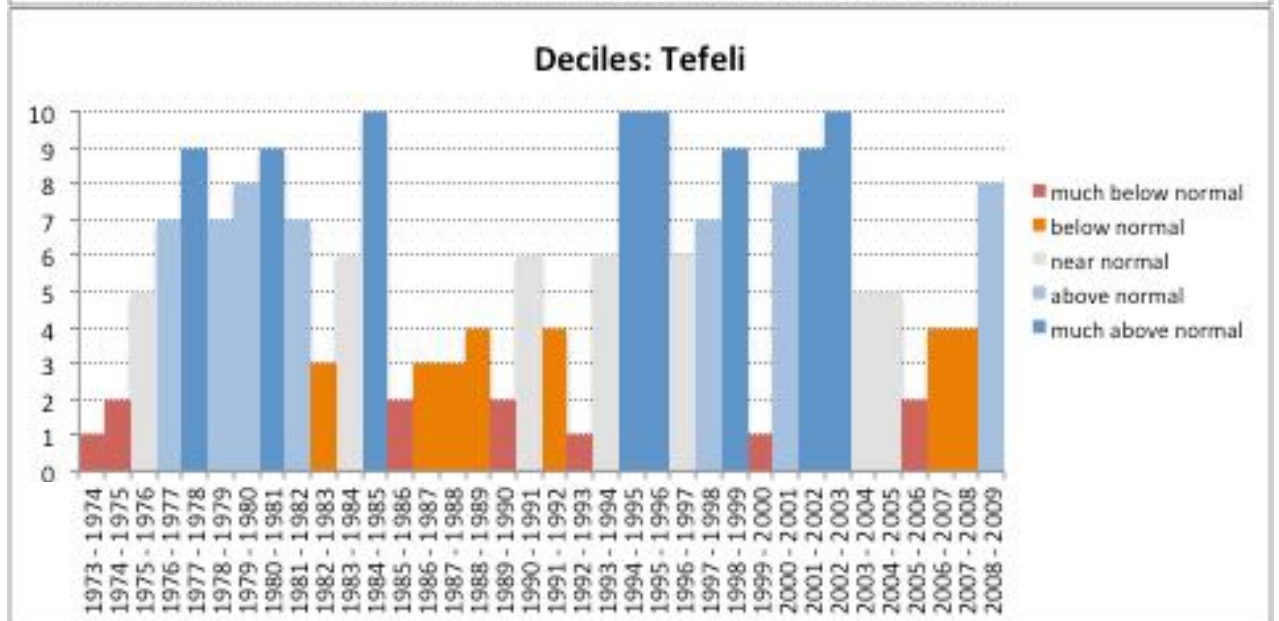
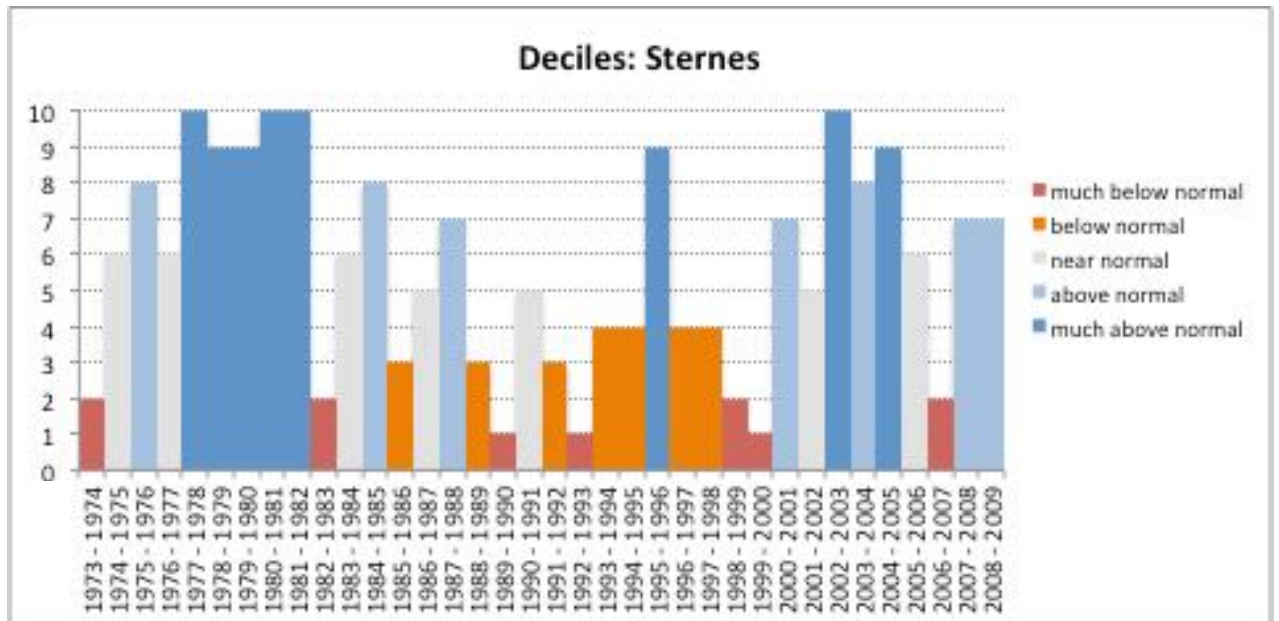


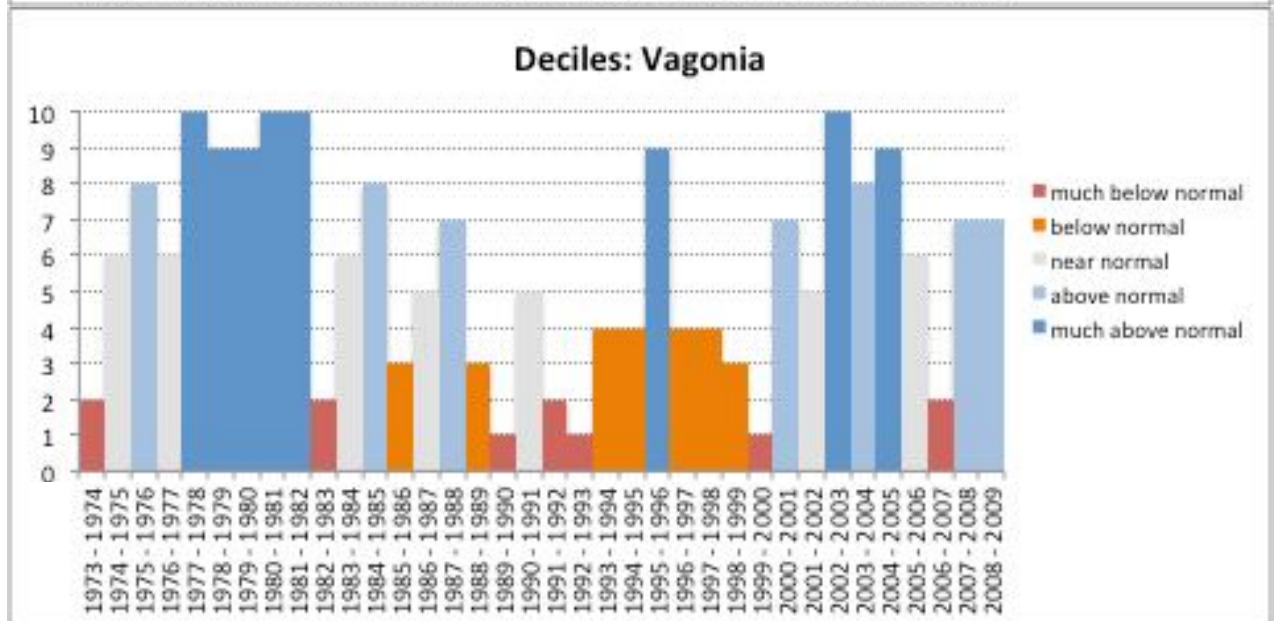
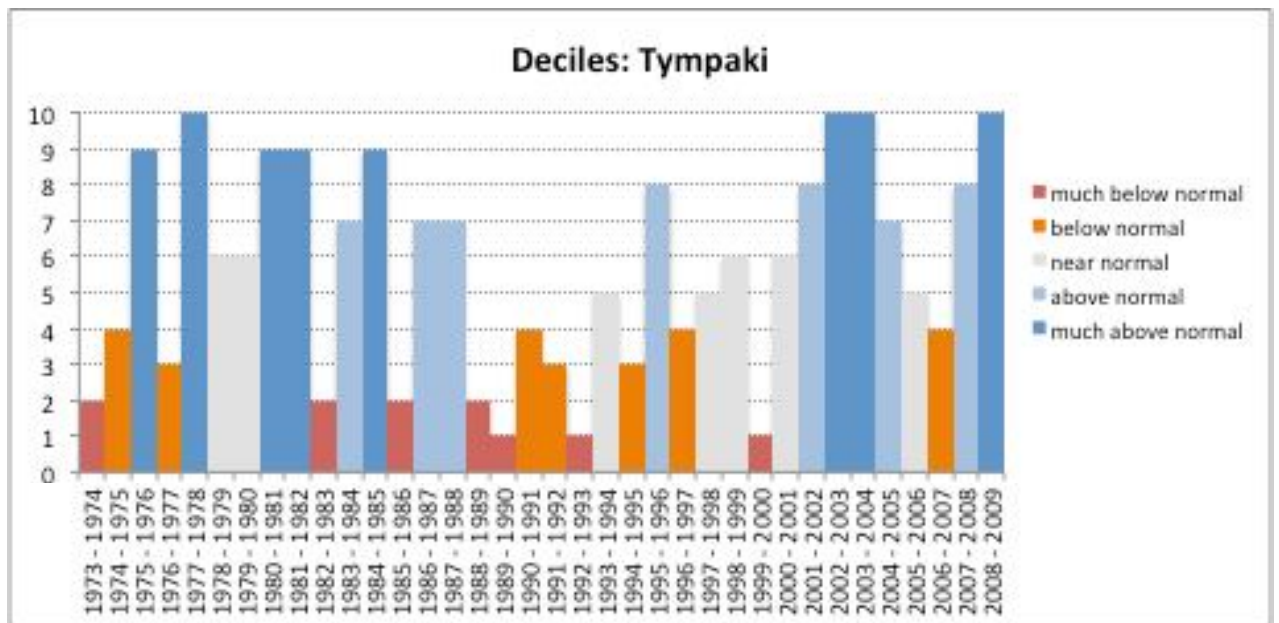
Deciles: Moroni

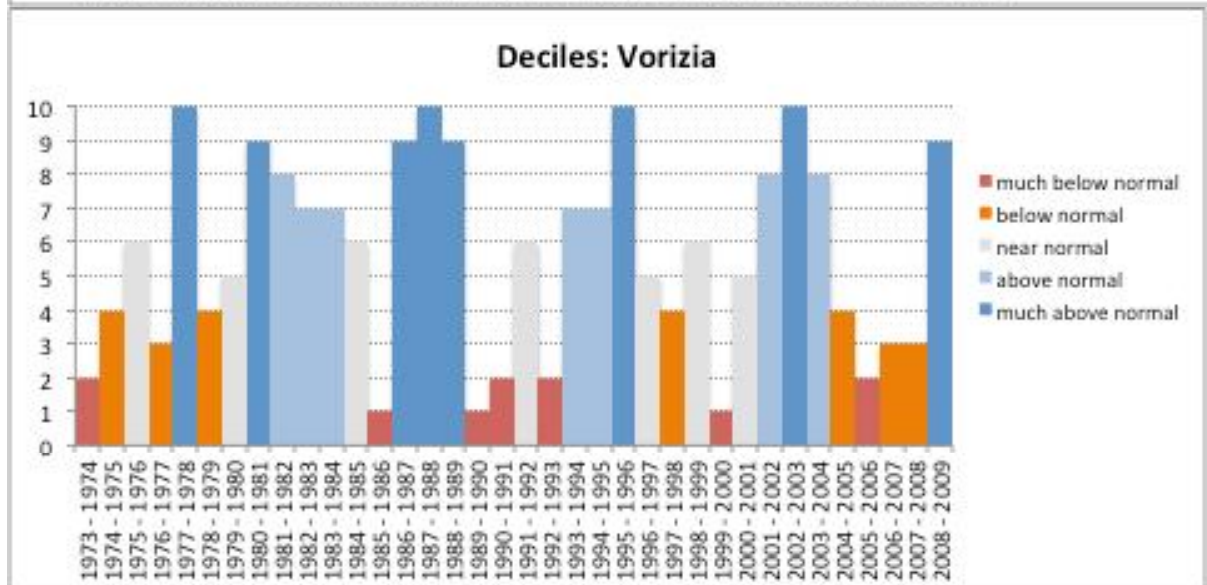
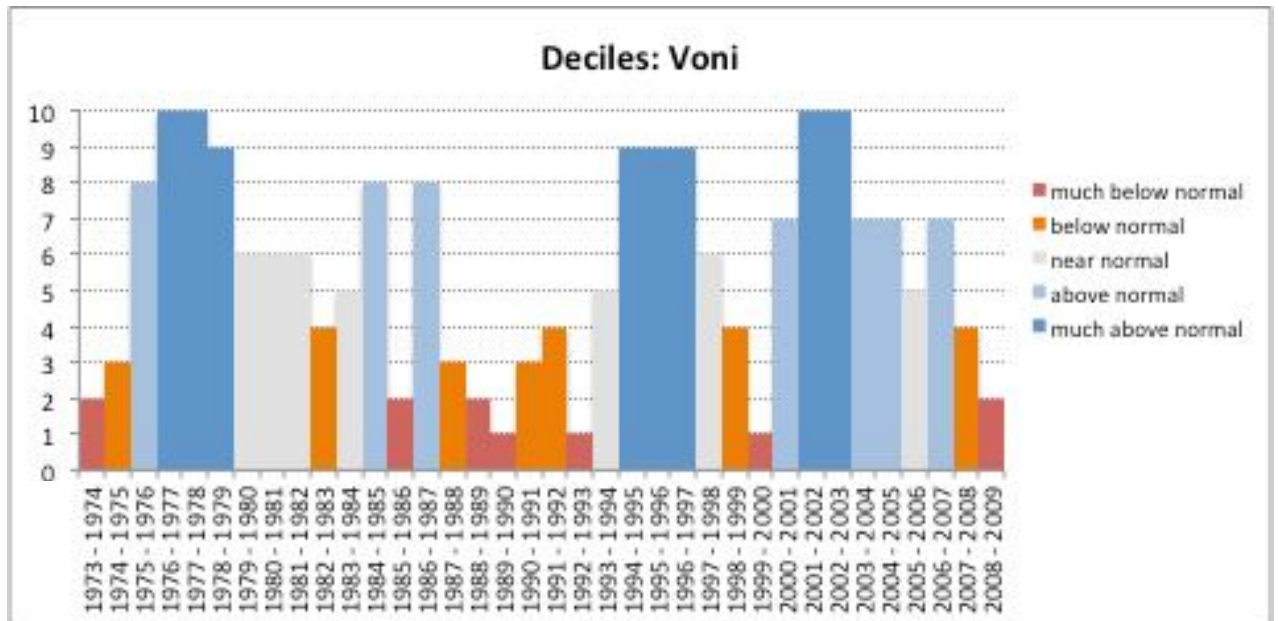


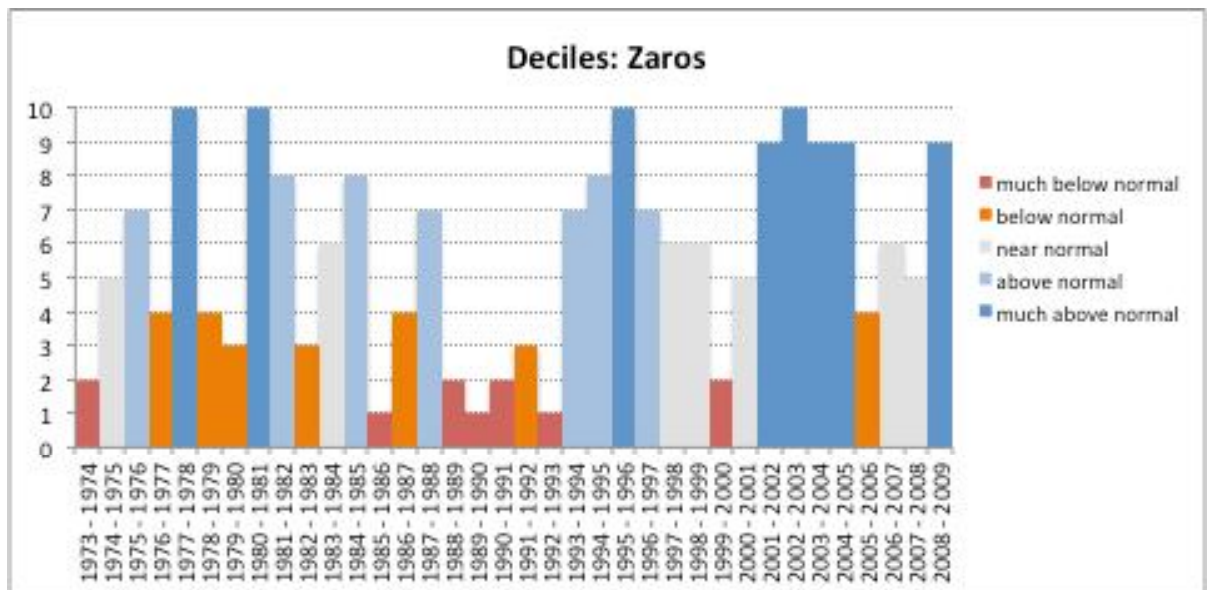




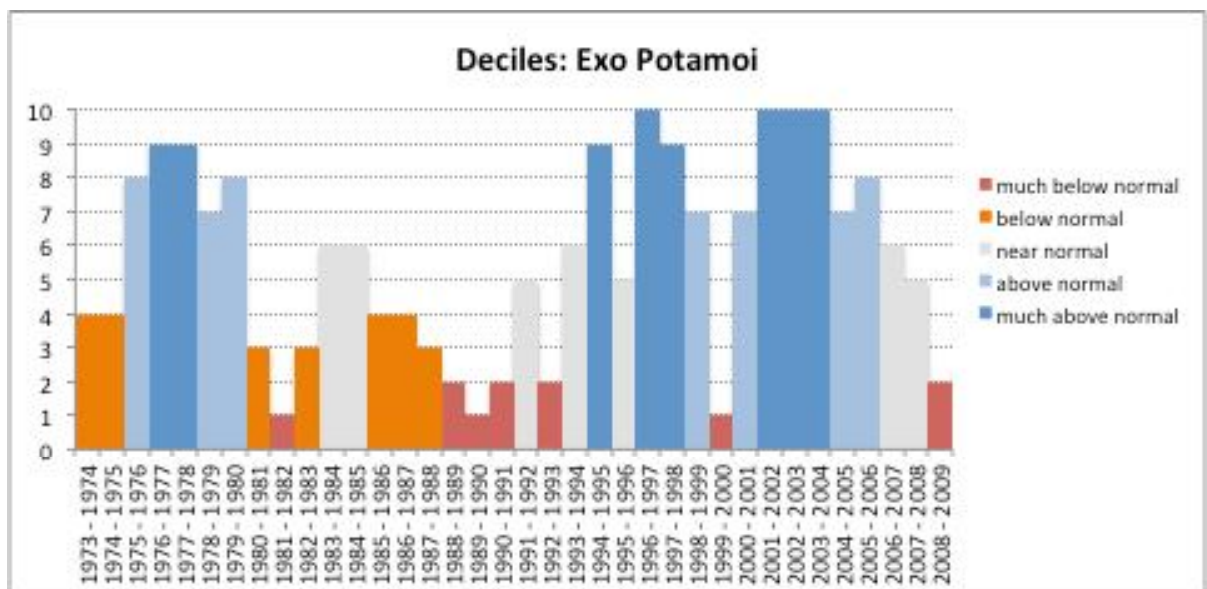


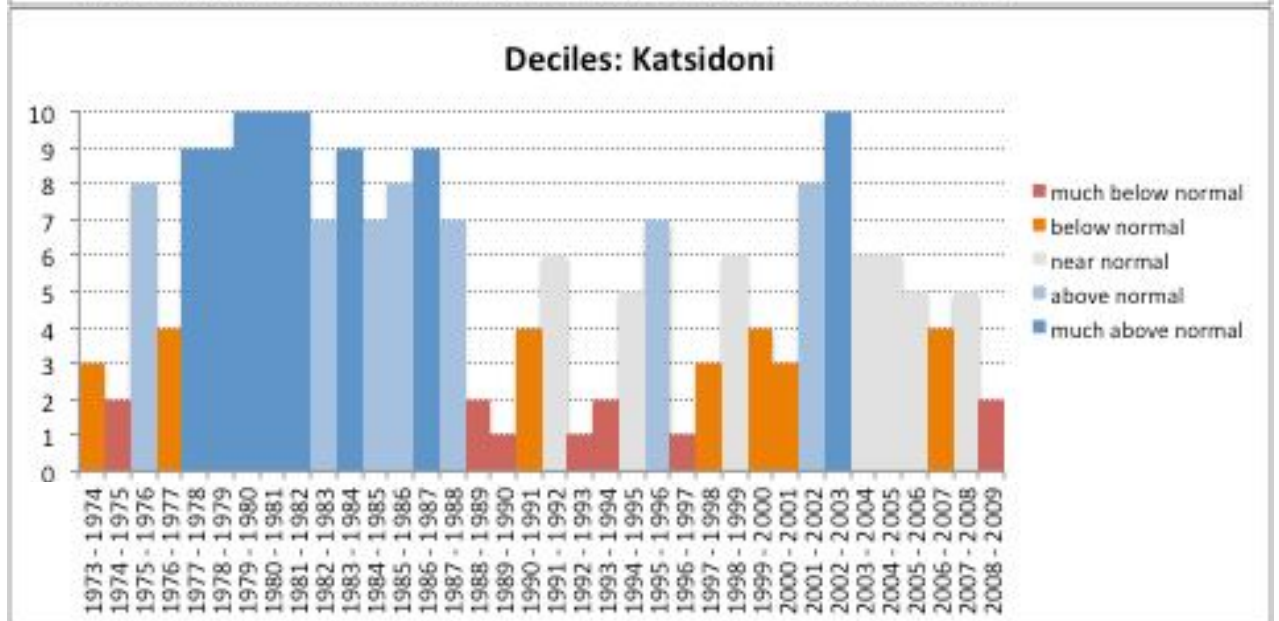
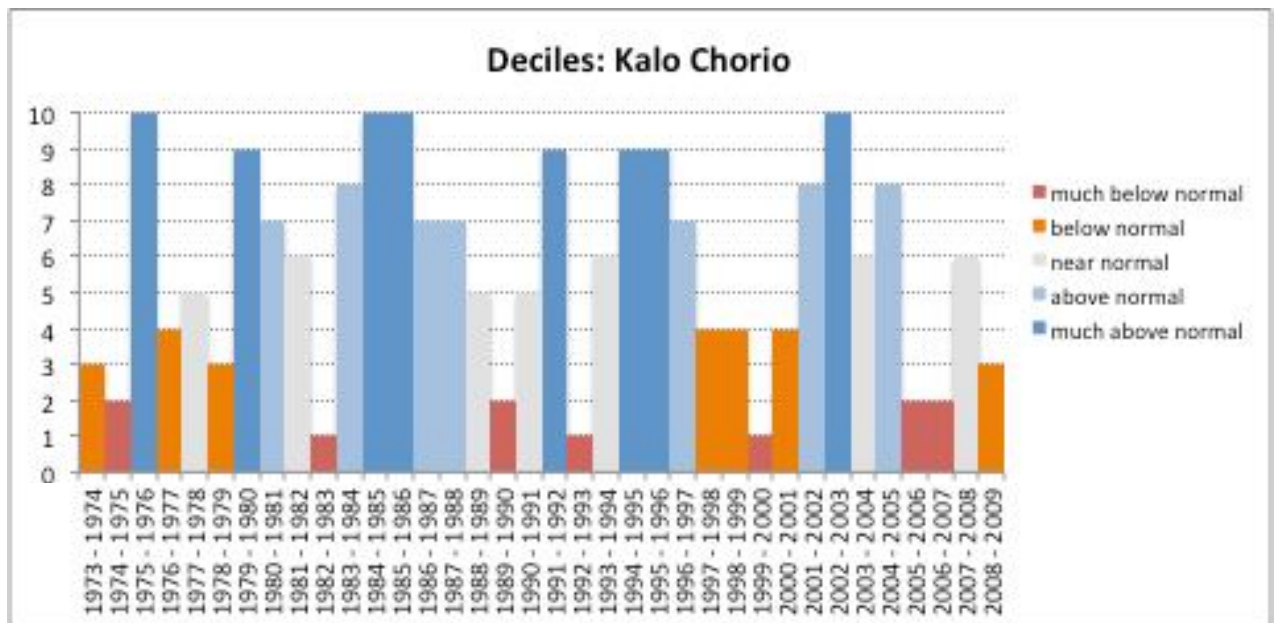


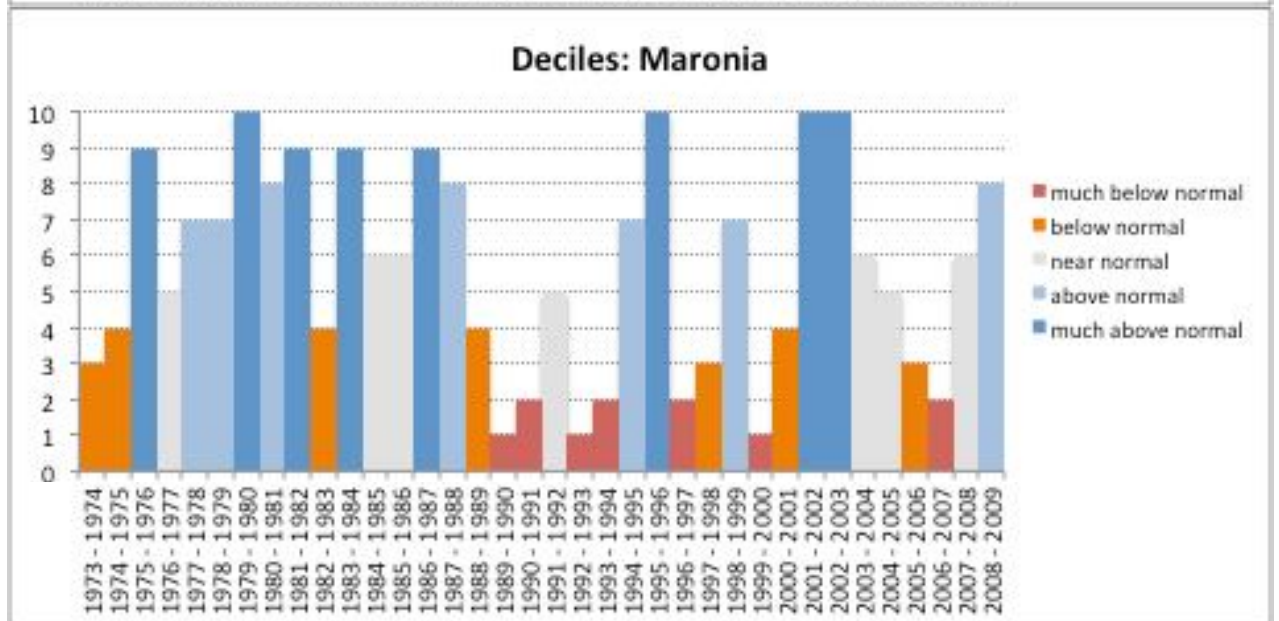
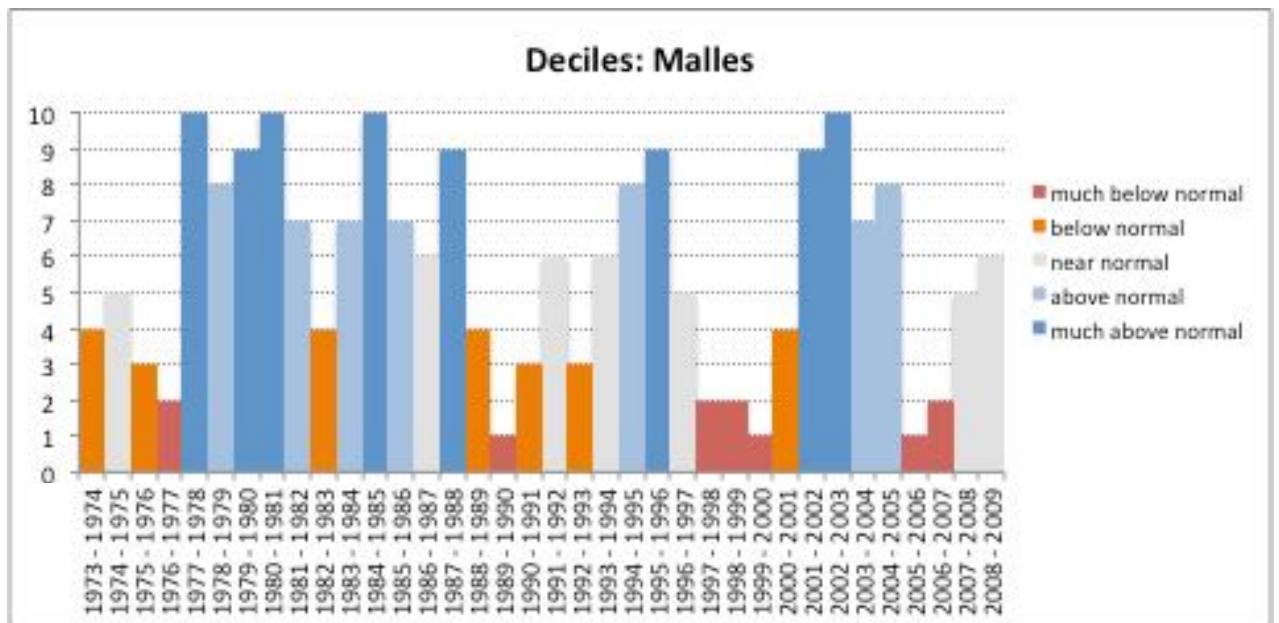


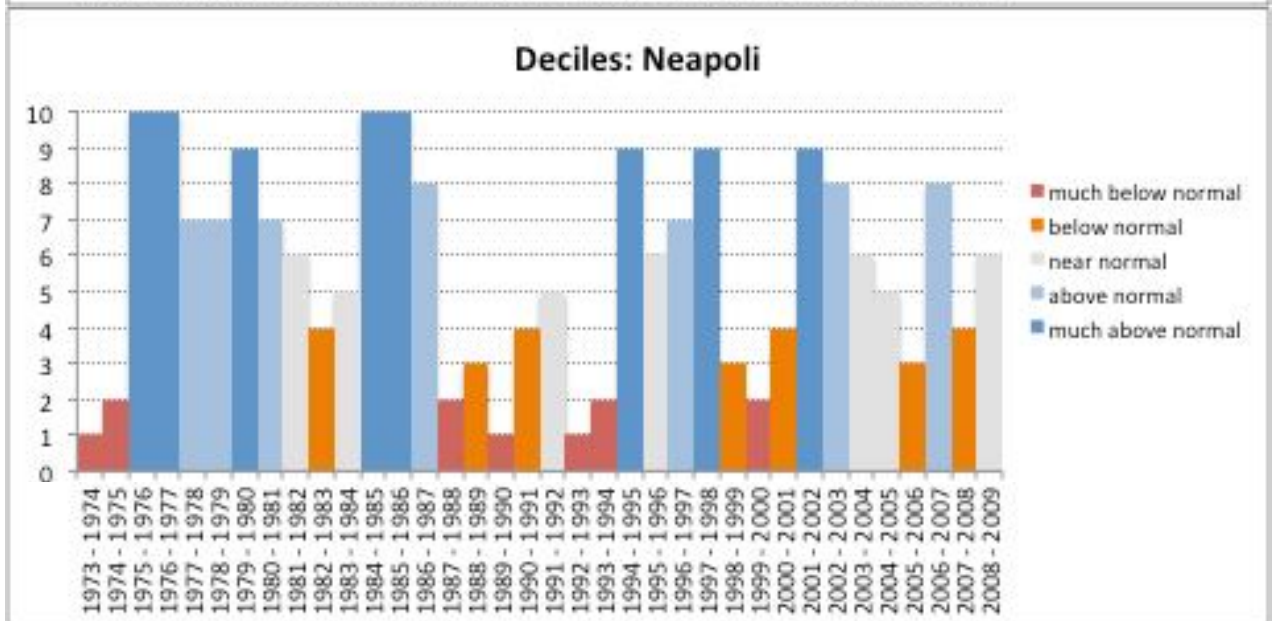
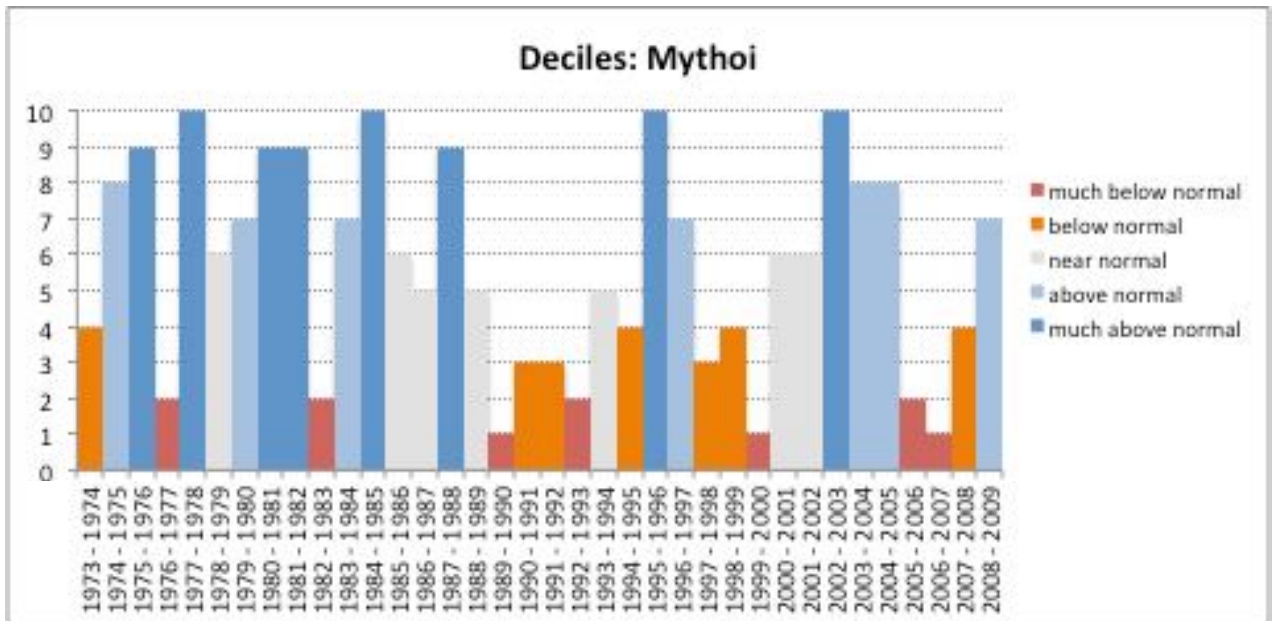


Λασιθι

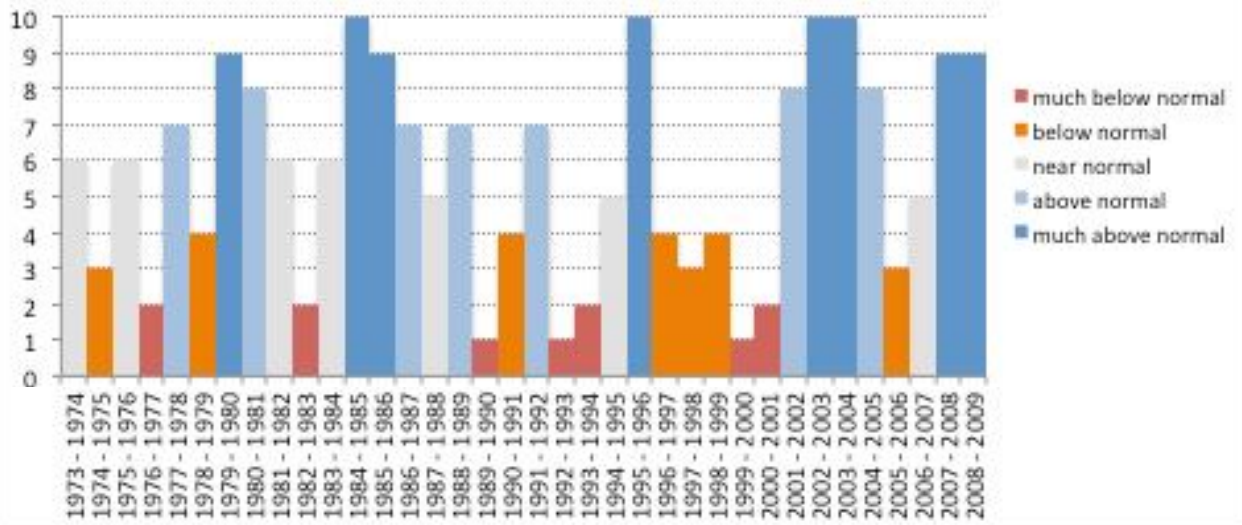




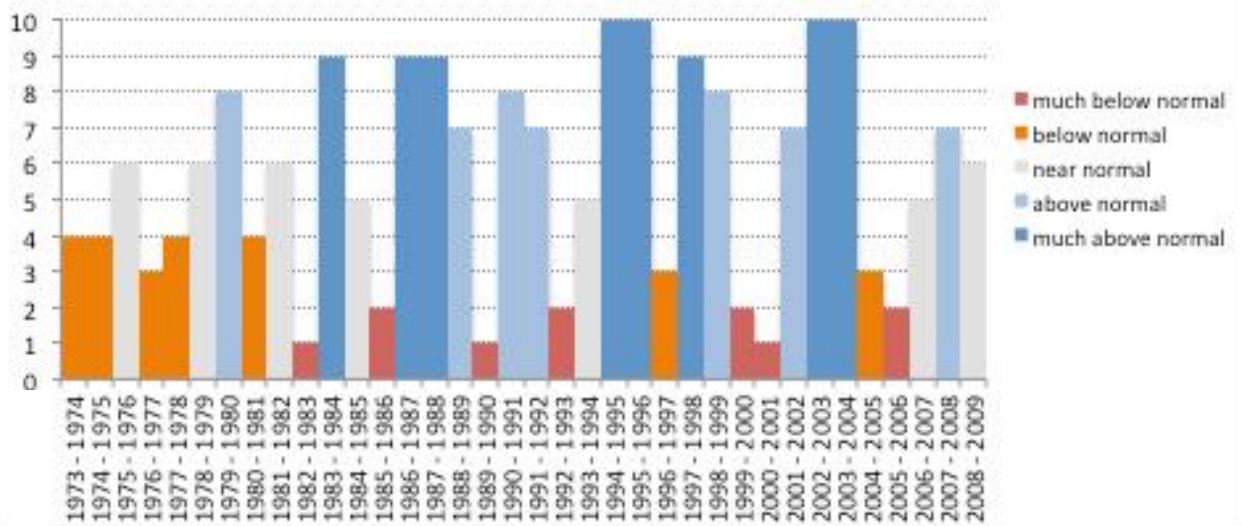


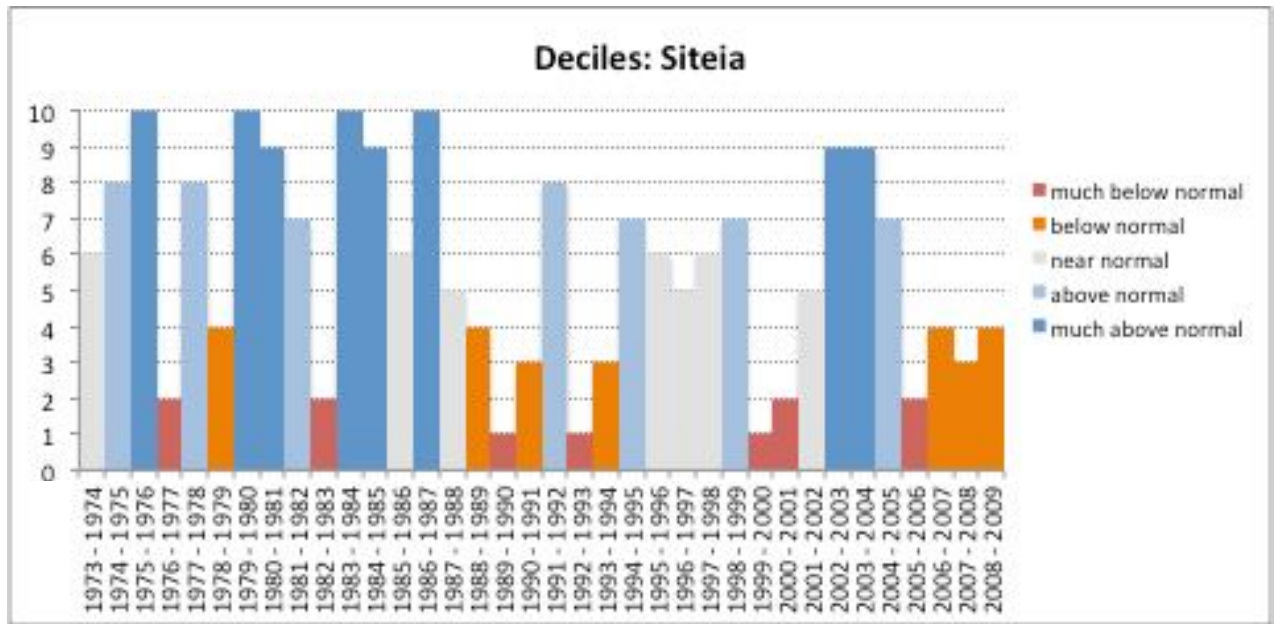


Deciles: Pachia Ammos

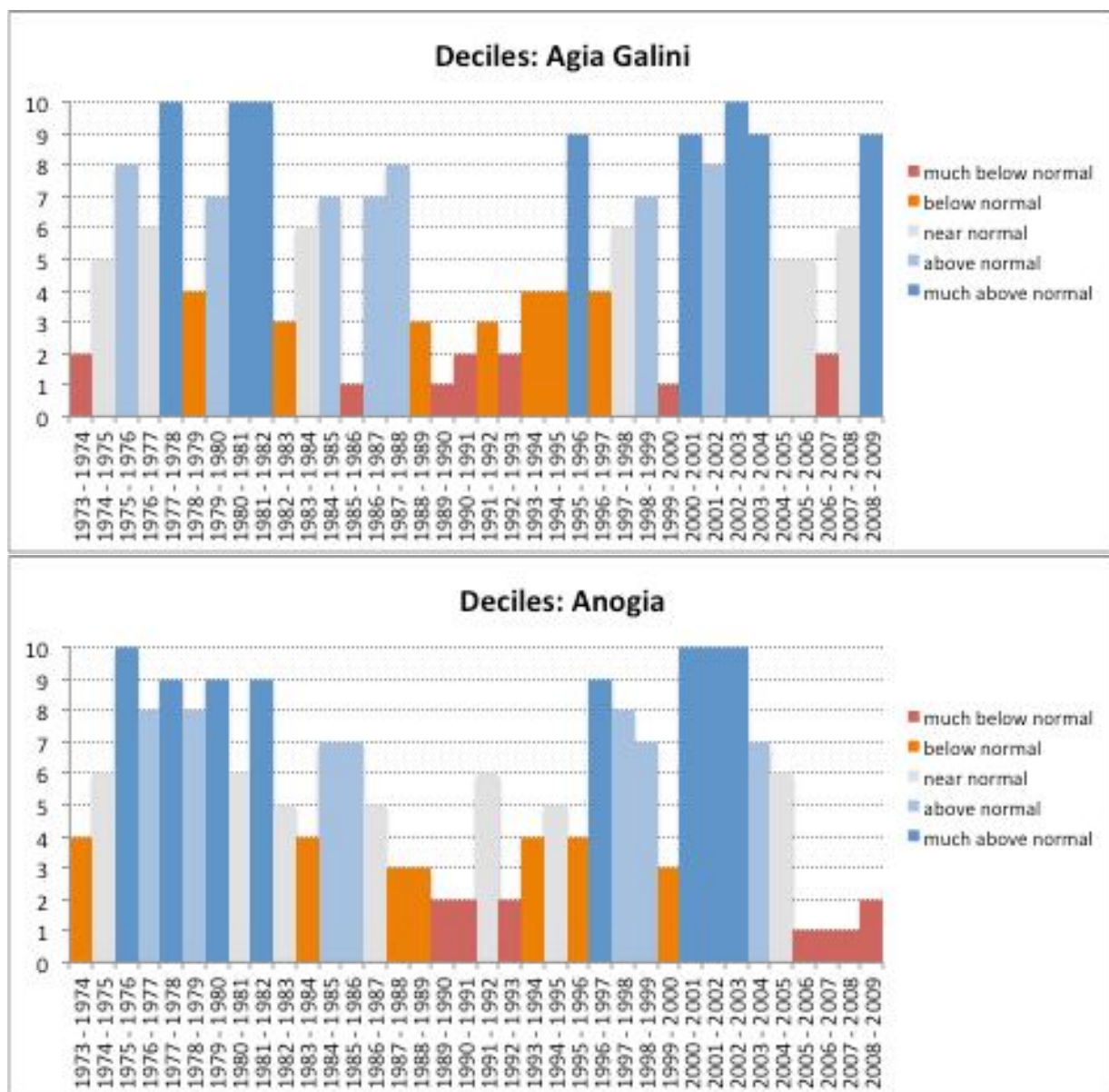


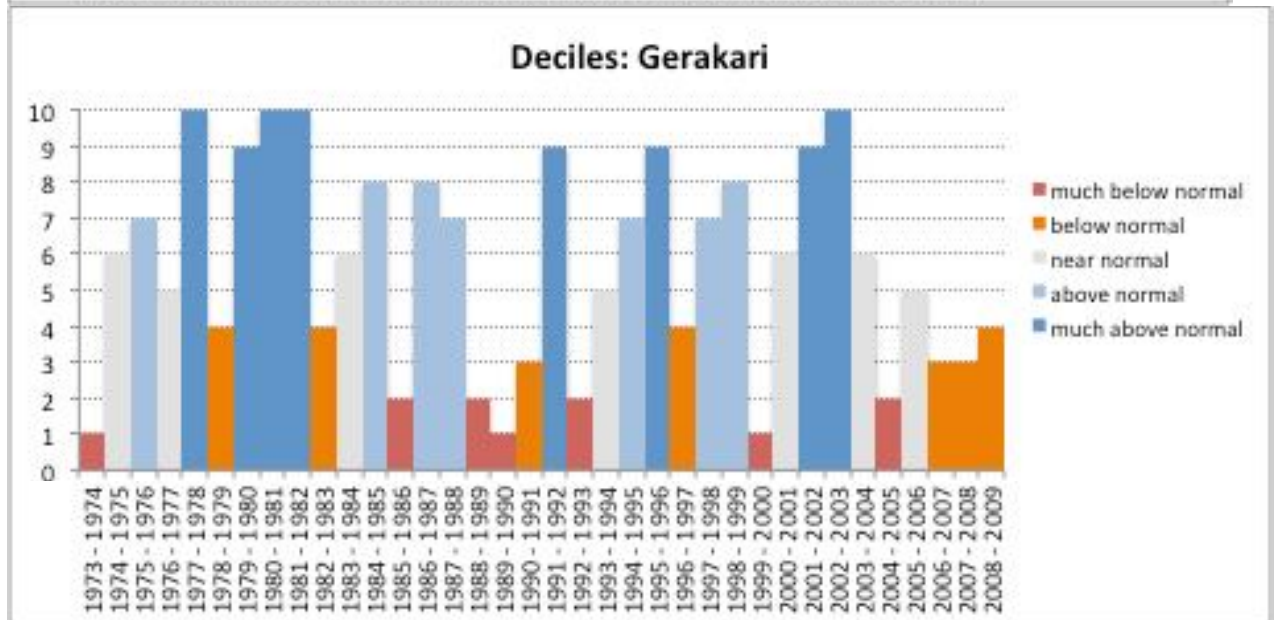
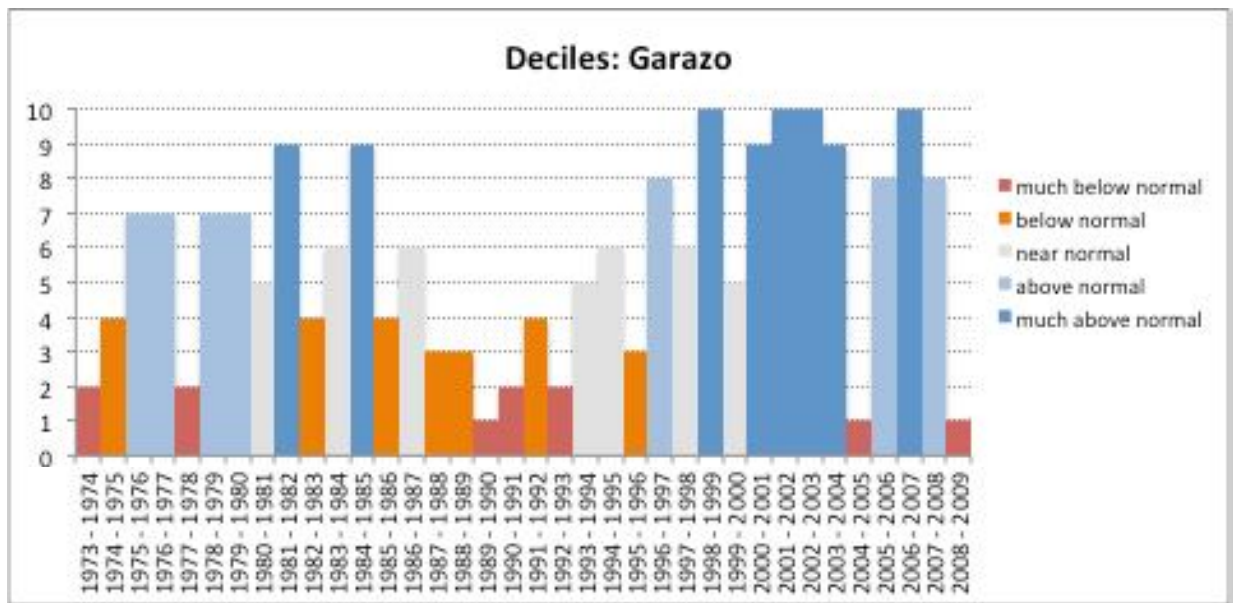
Deciles: Palaiokastro

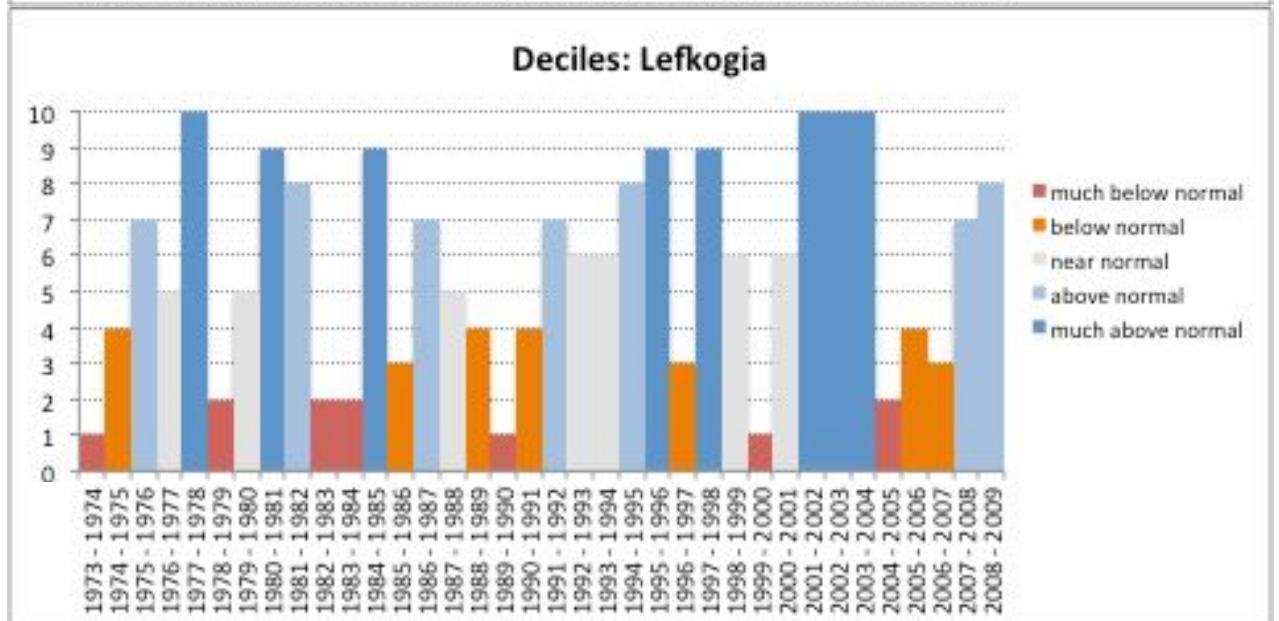
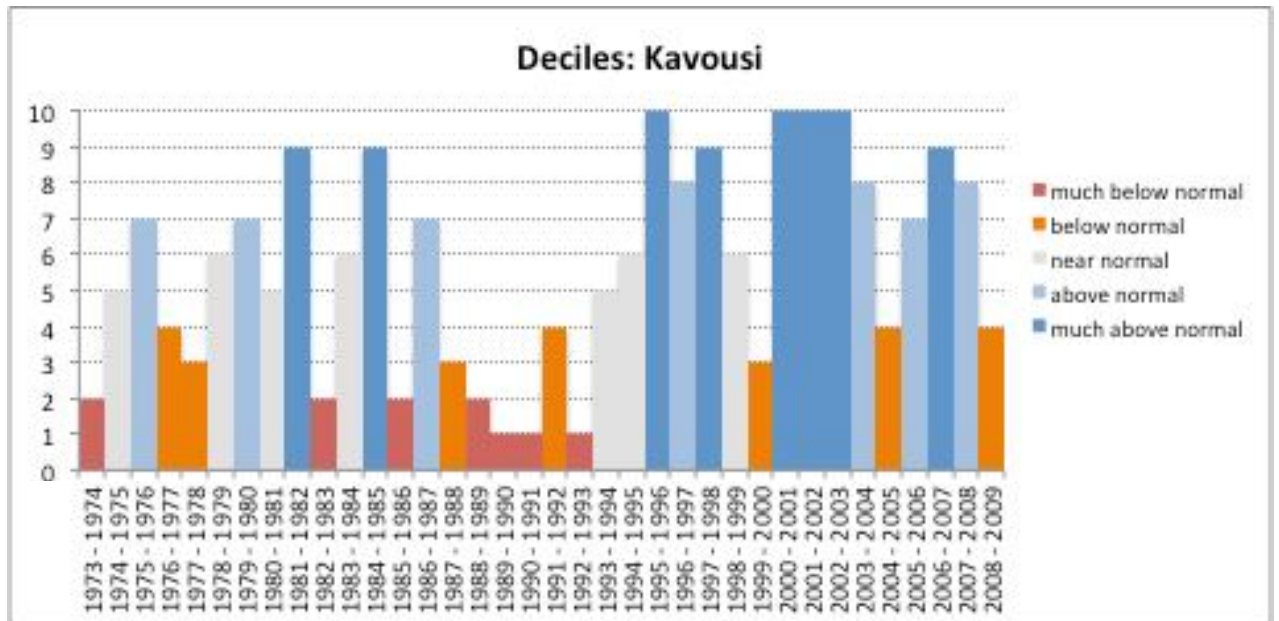


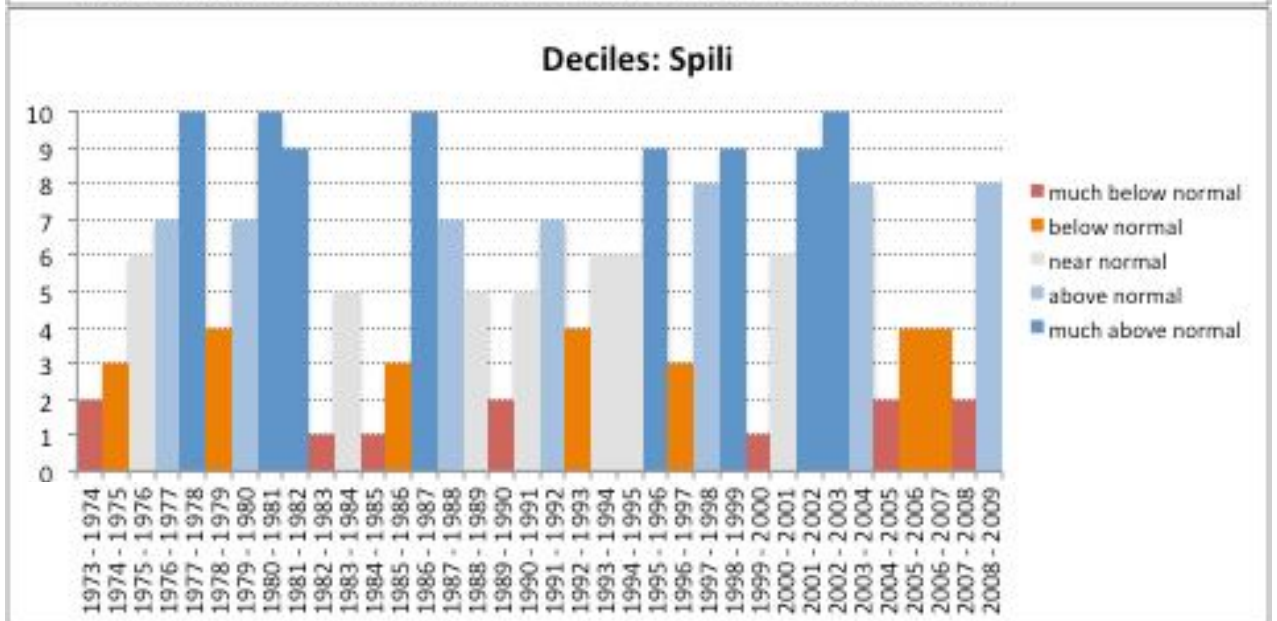
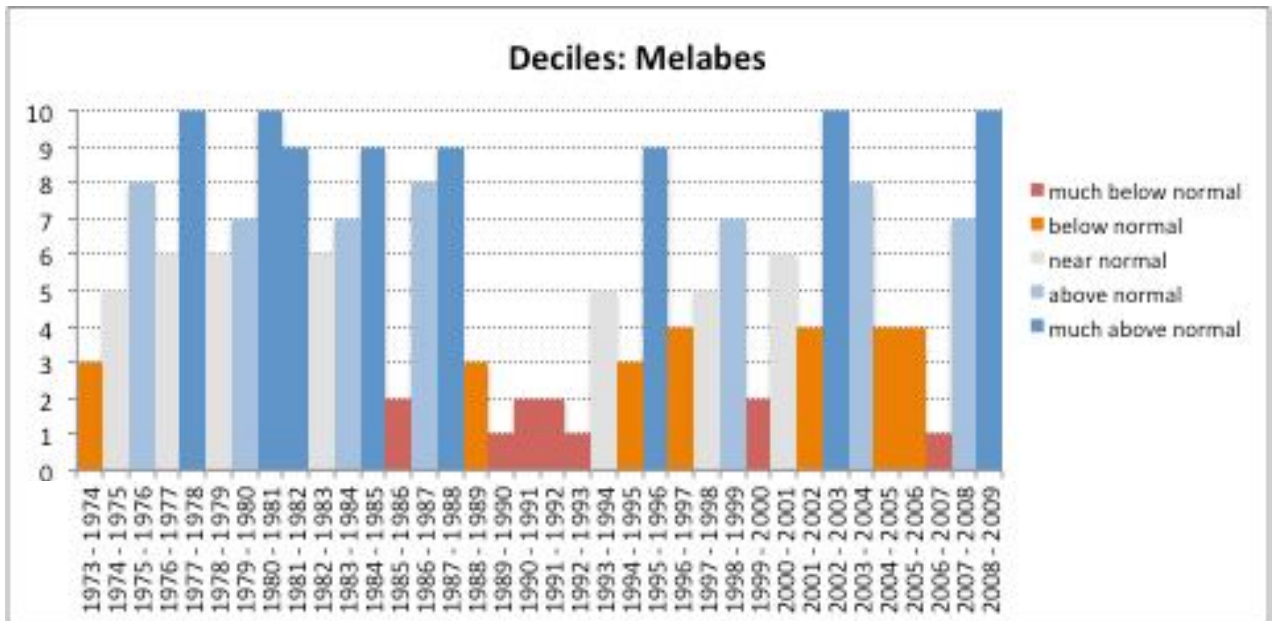


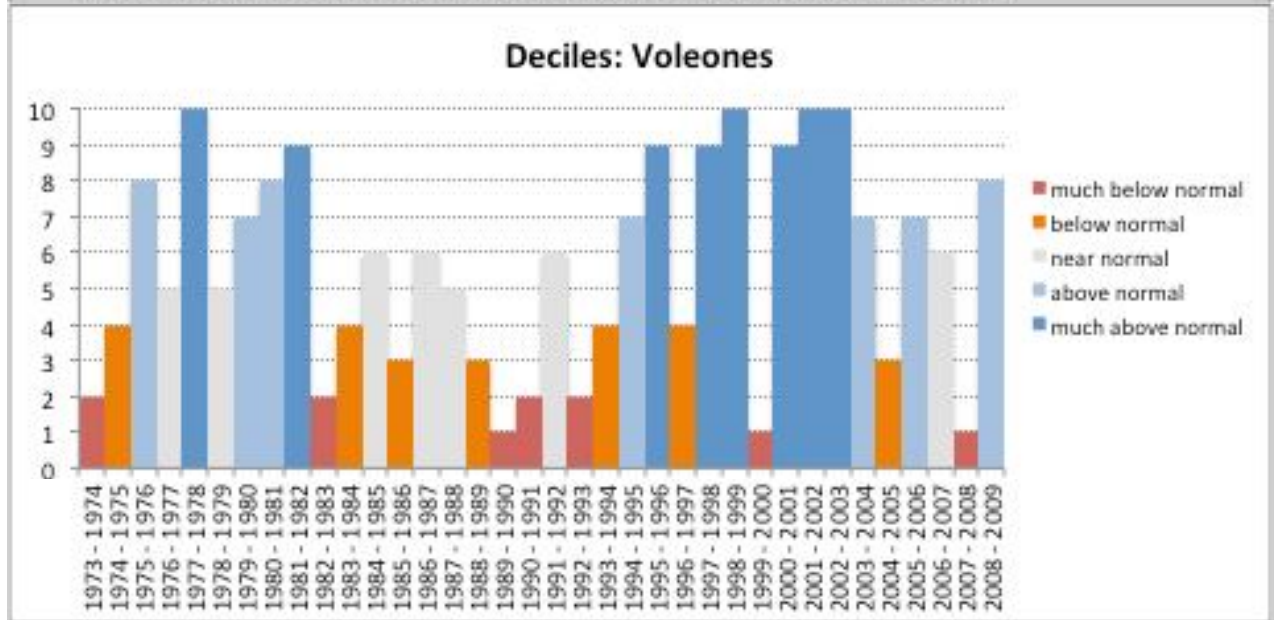
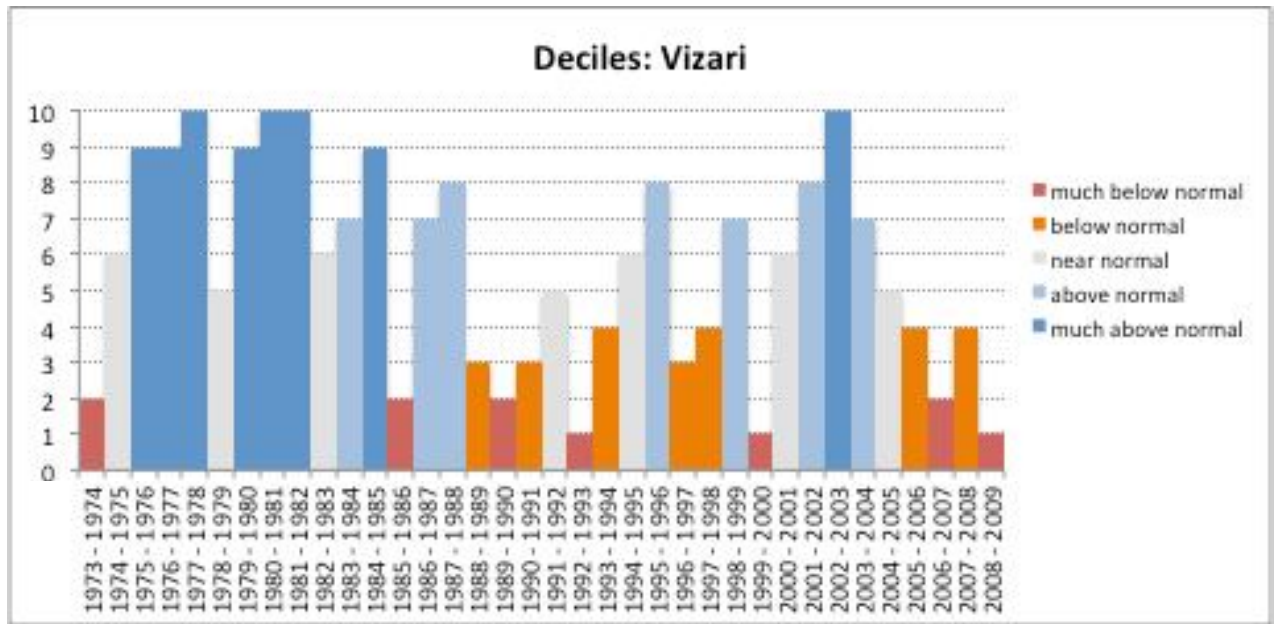
Ρέθυμνο







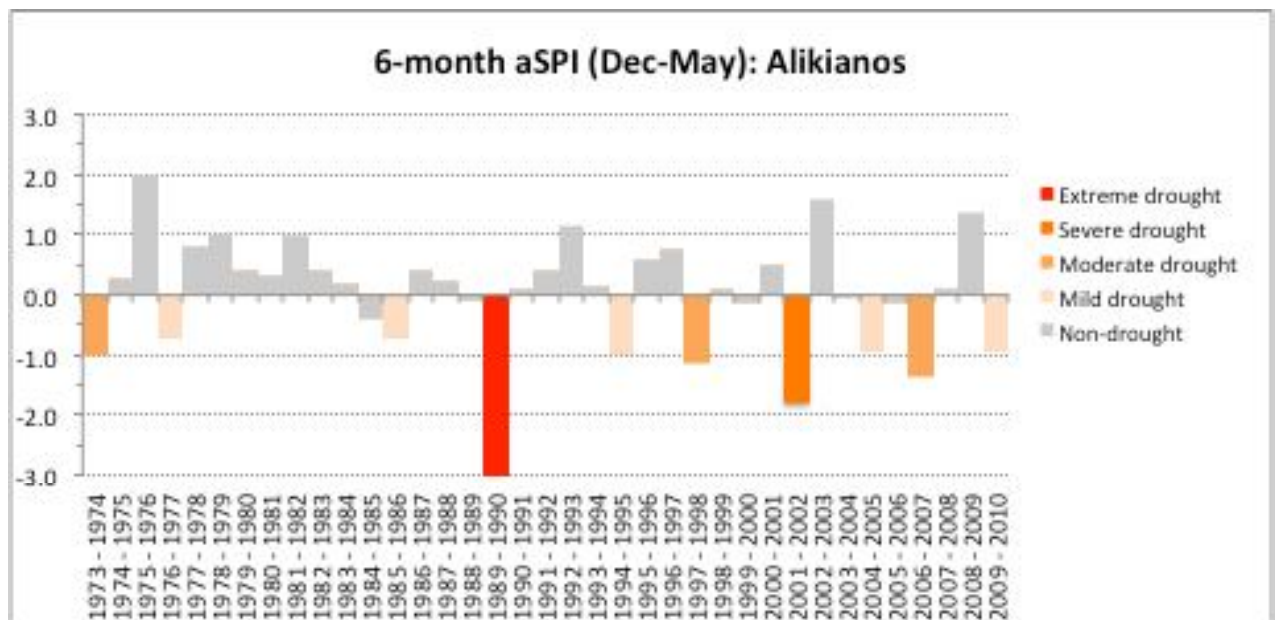
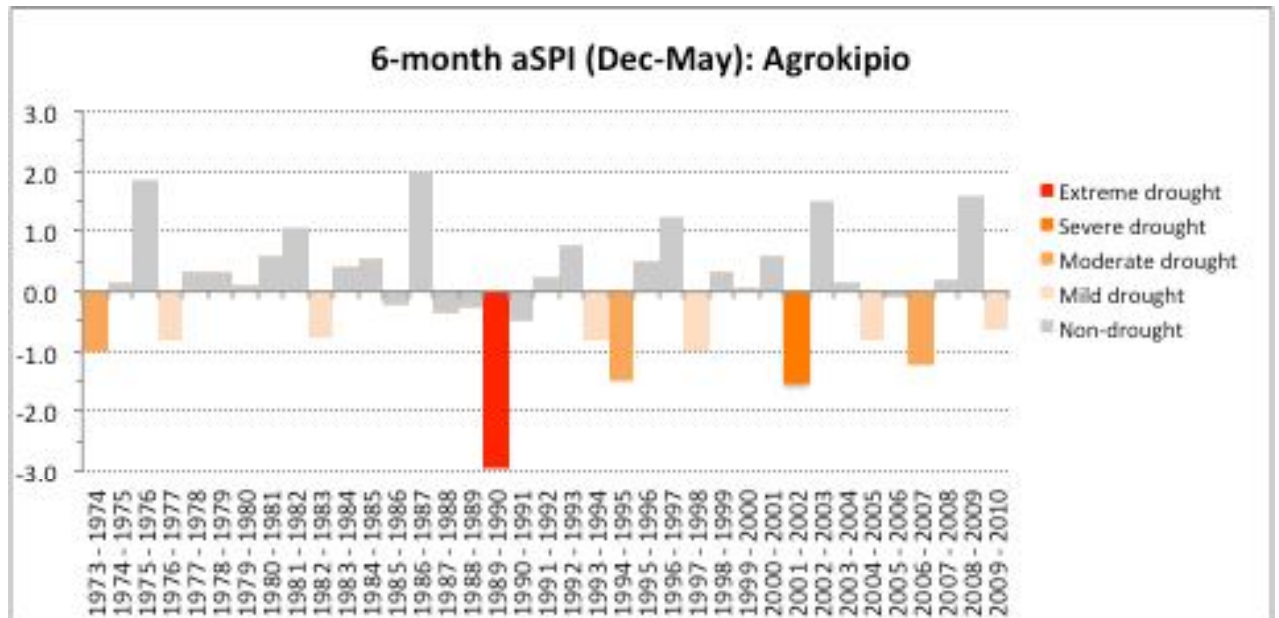


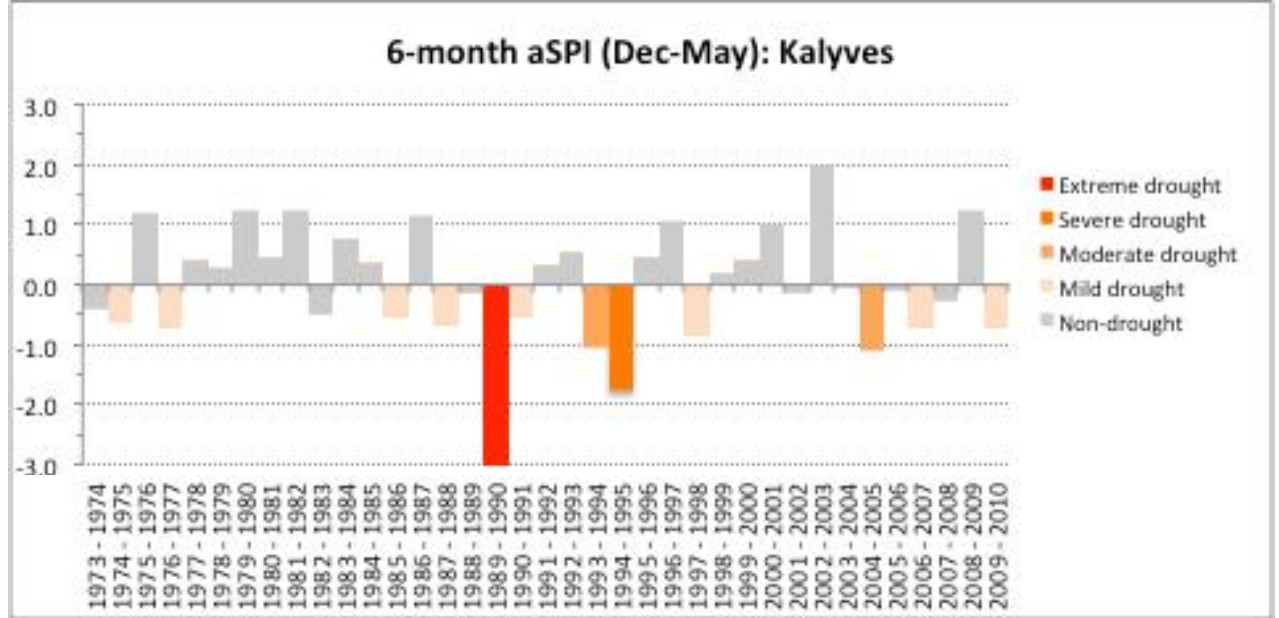
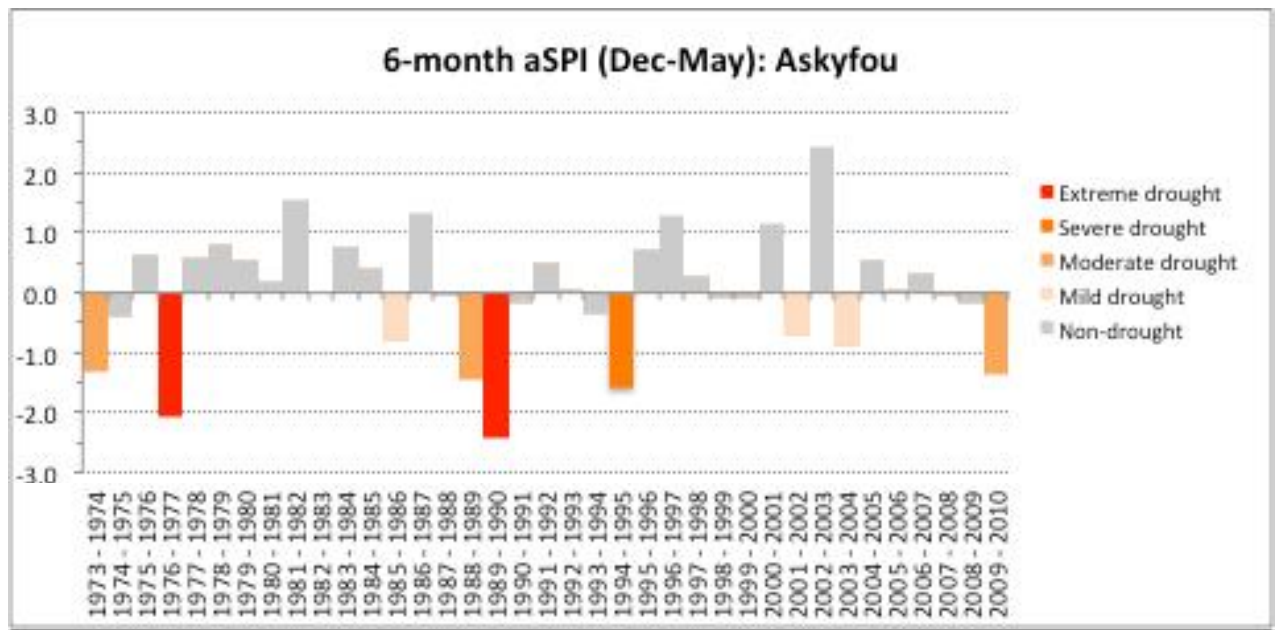


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

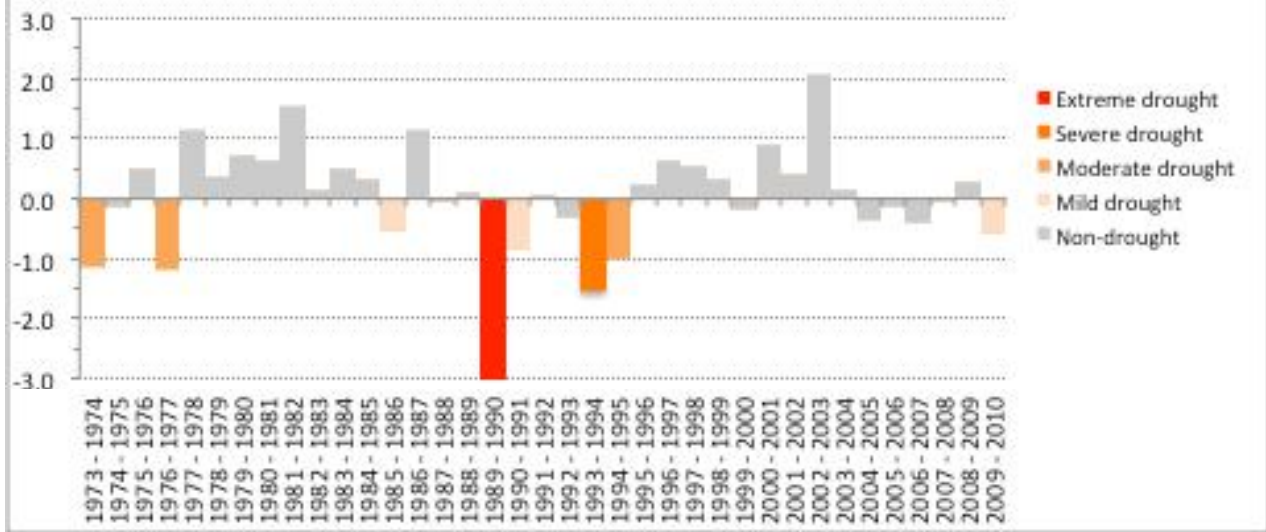
Δείκτης aSPI - ετήσιο χρονικό βήμα, 6-μηνη χρονική κλίμακα (περίοδος αναφοράς Δεκ. - Μάιος)

Χανιά

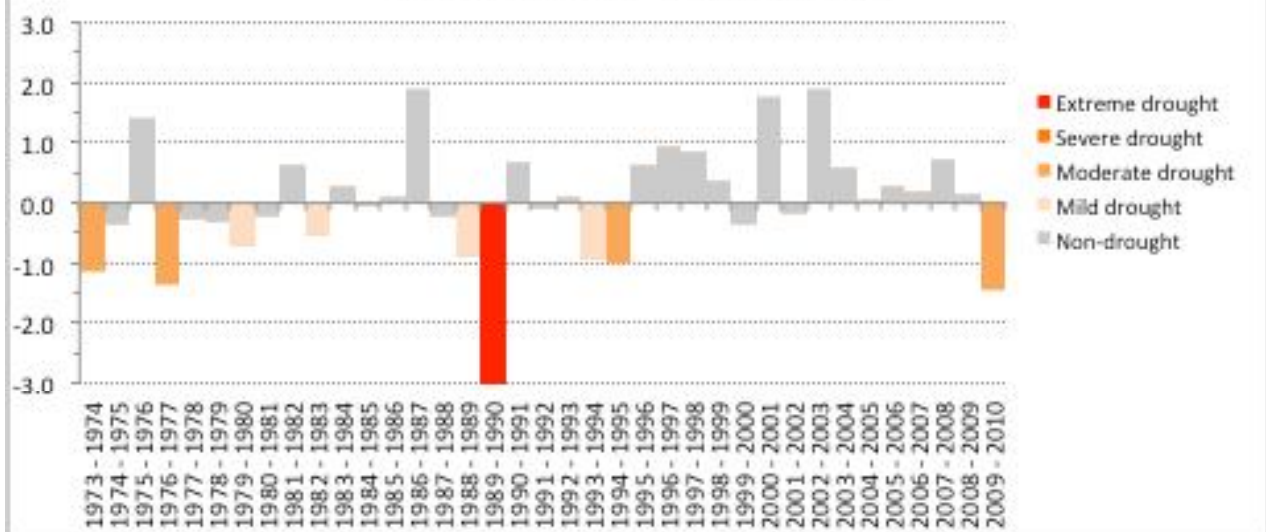


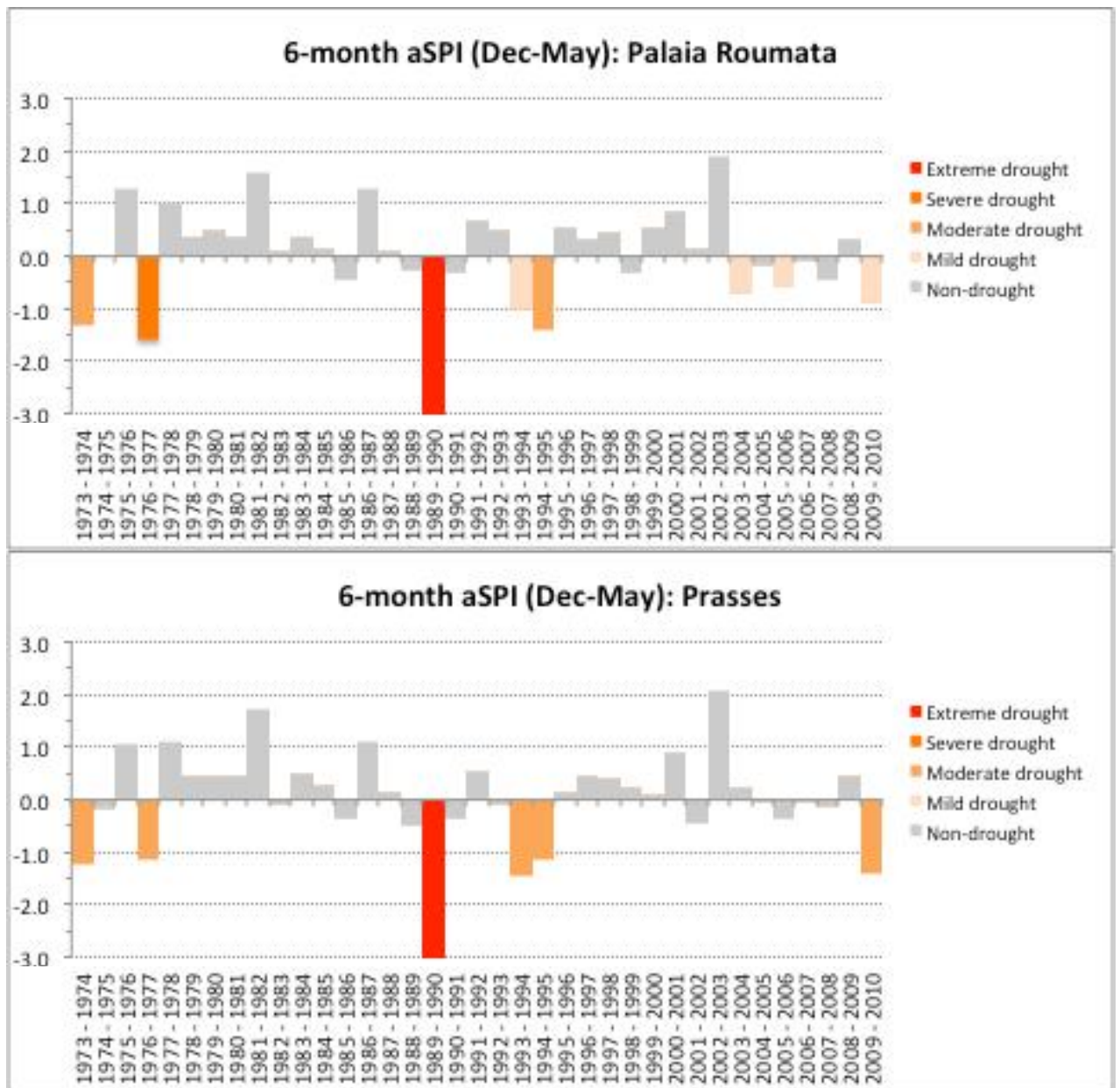


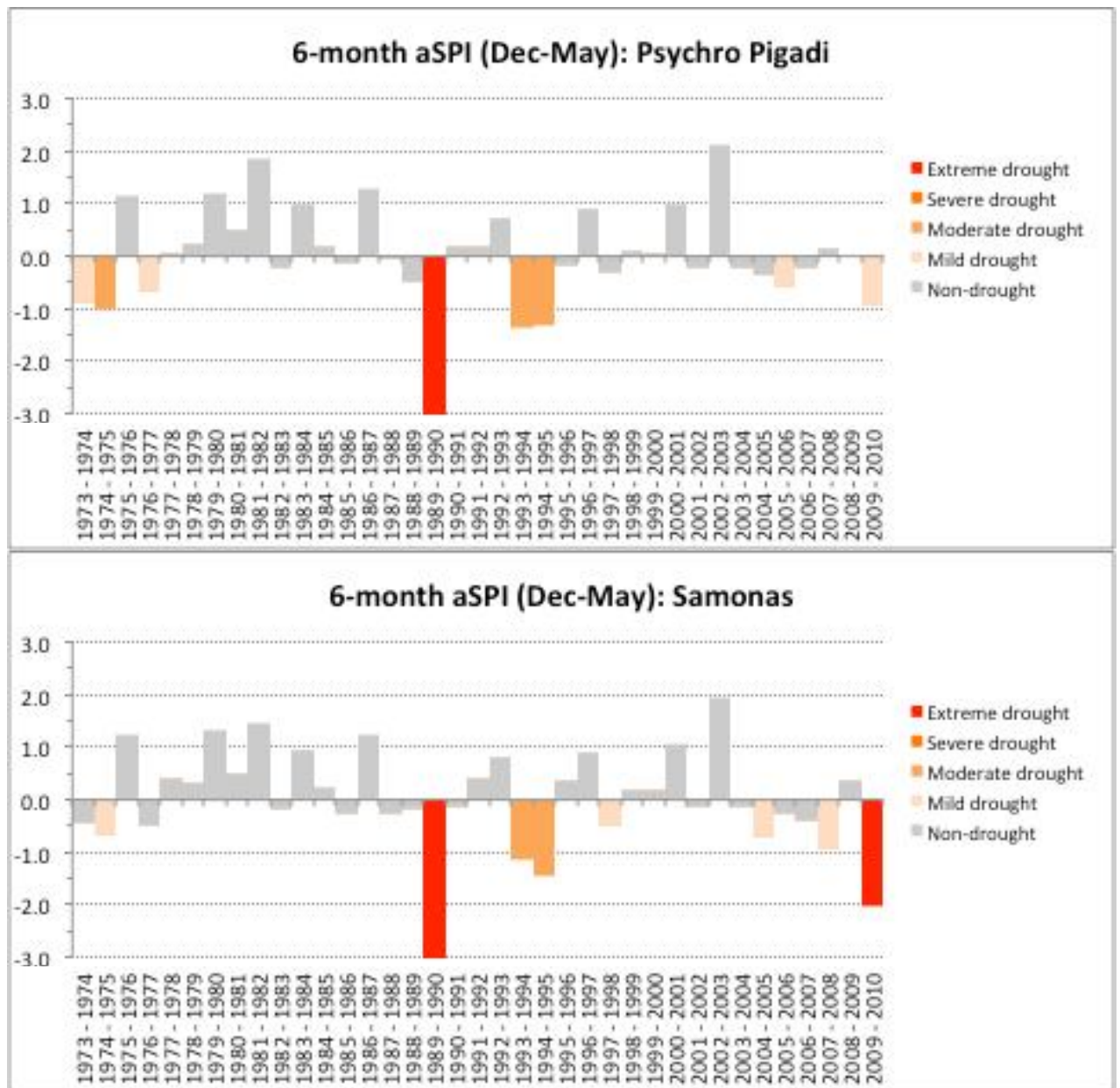
6-month aSPI (Dec-May): Kandanos



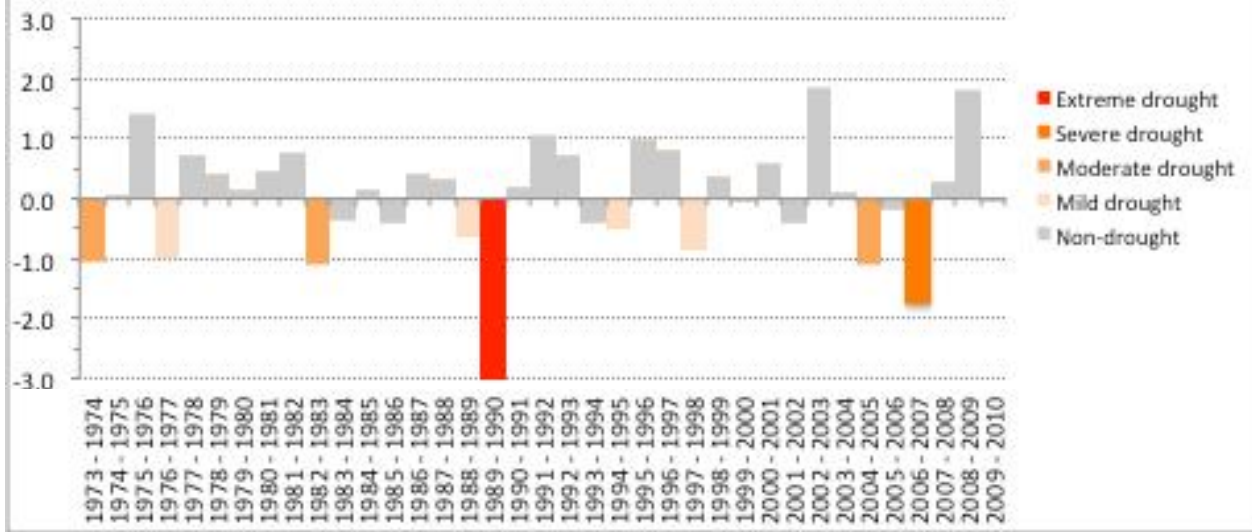
6-month aSPI (Dec-May): Mouri



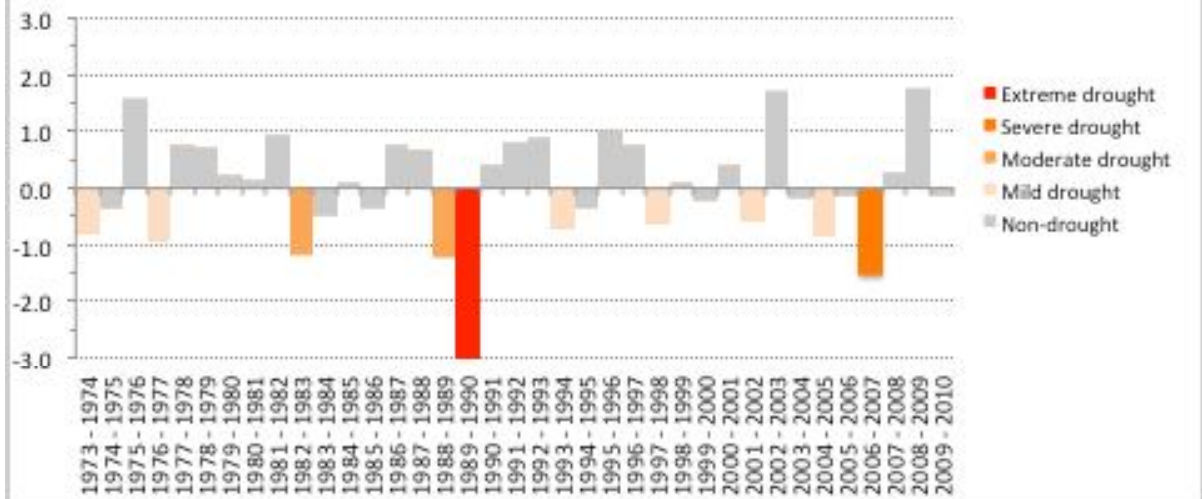




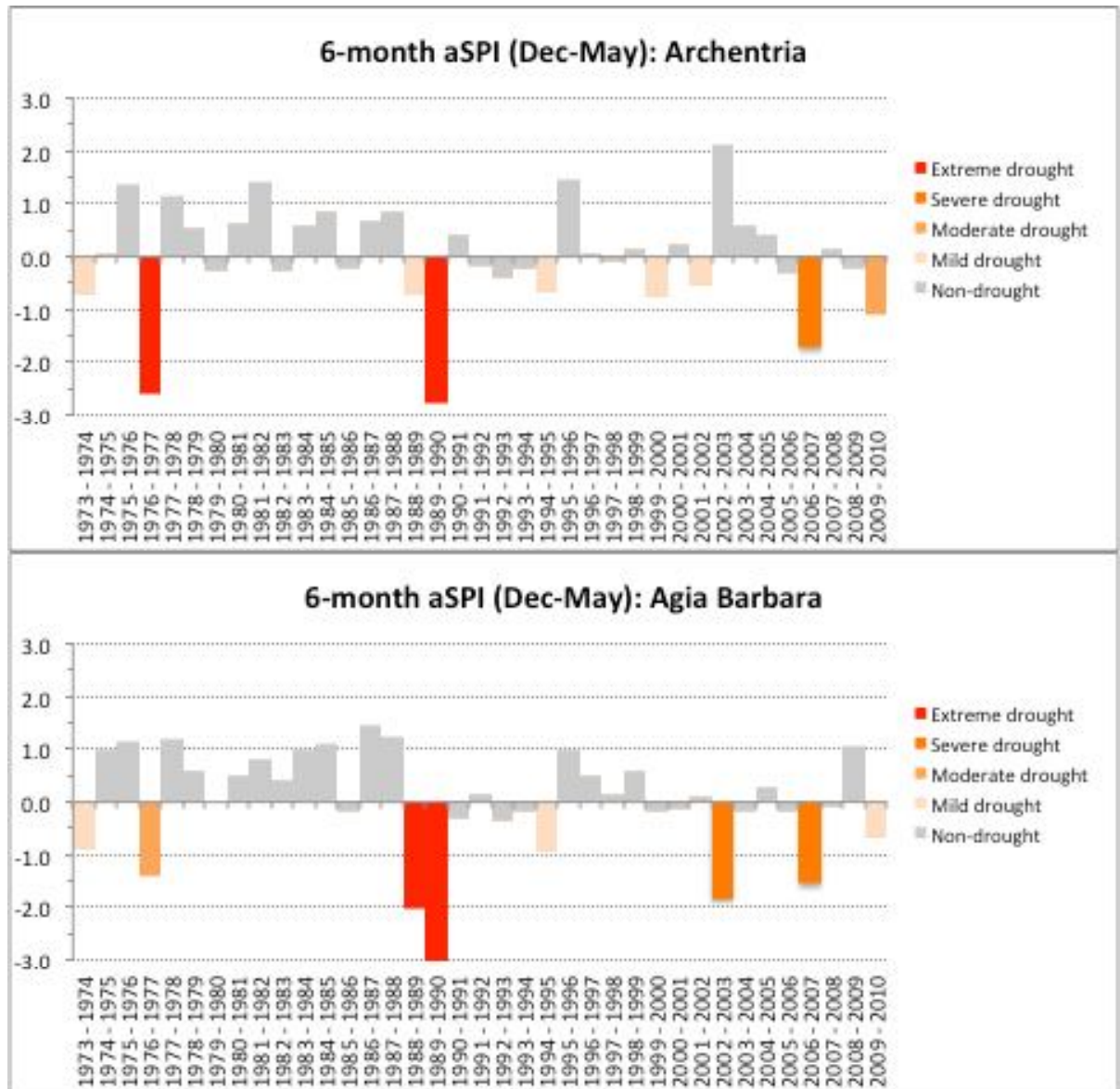
6-month aSPI (Dec-May): Tavronitis

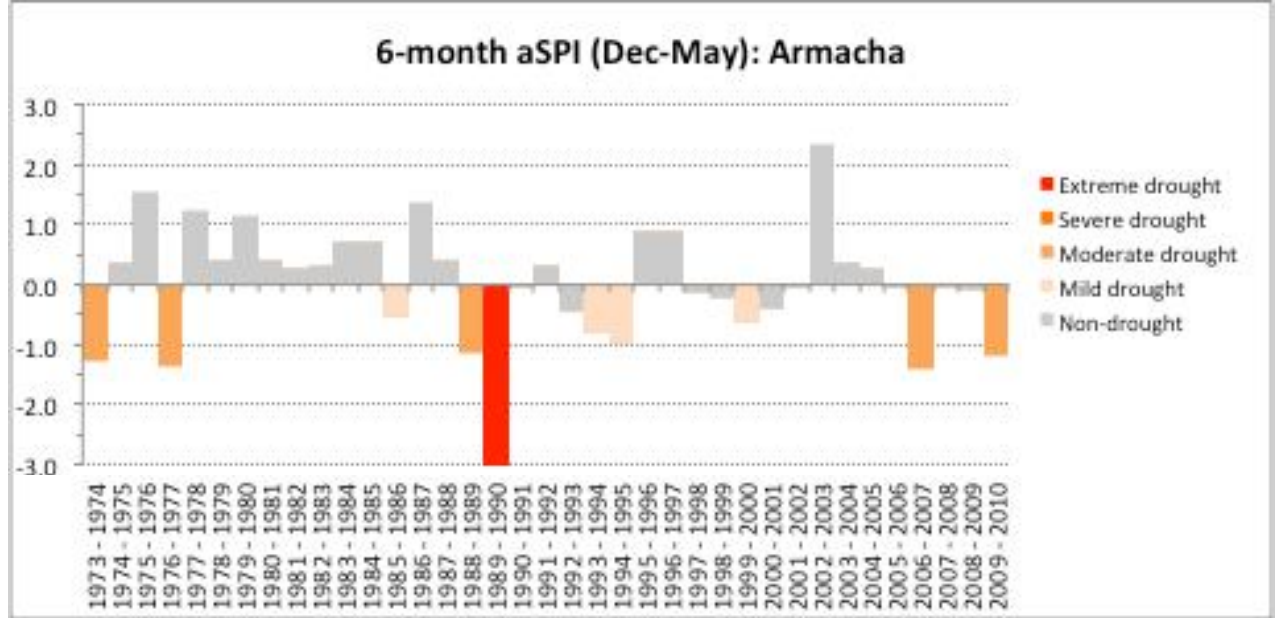
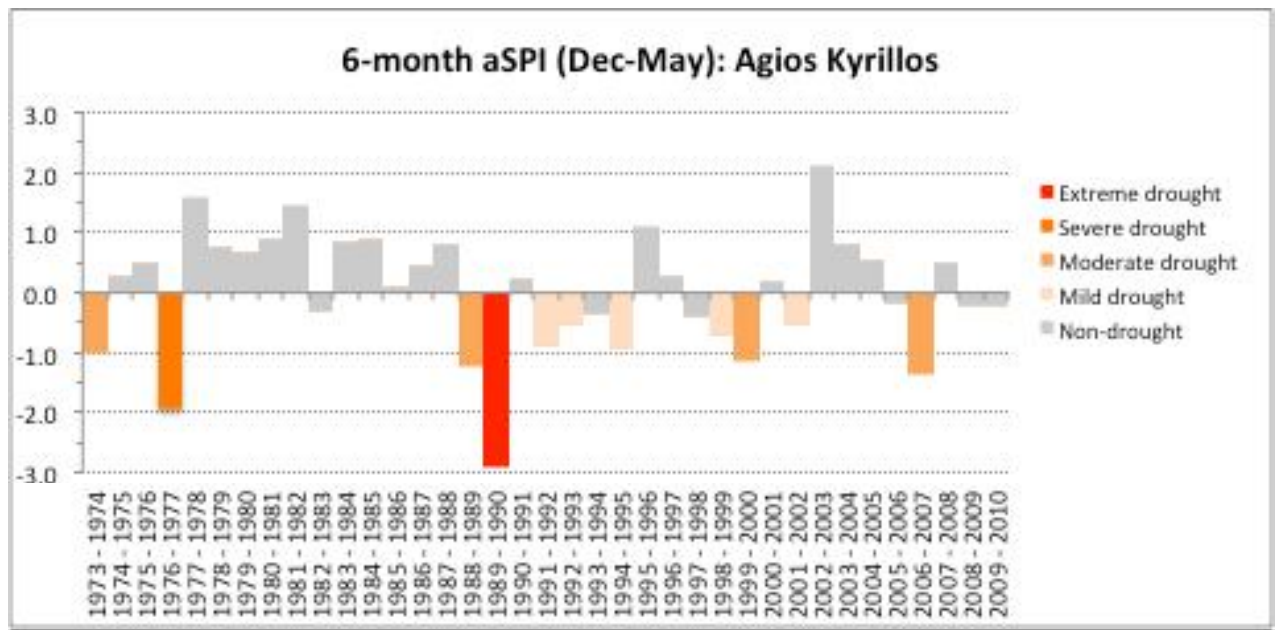


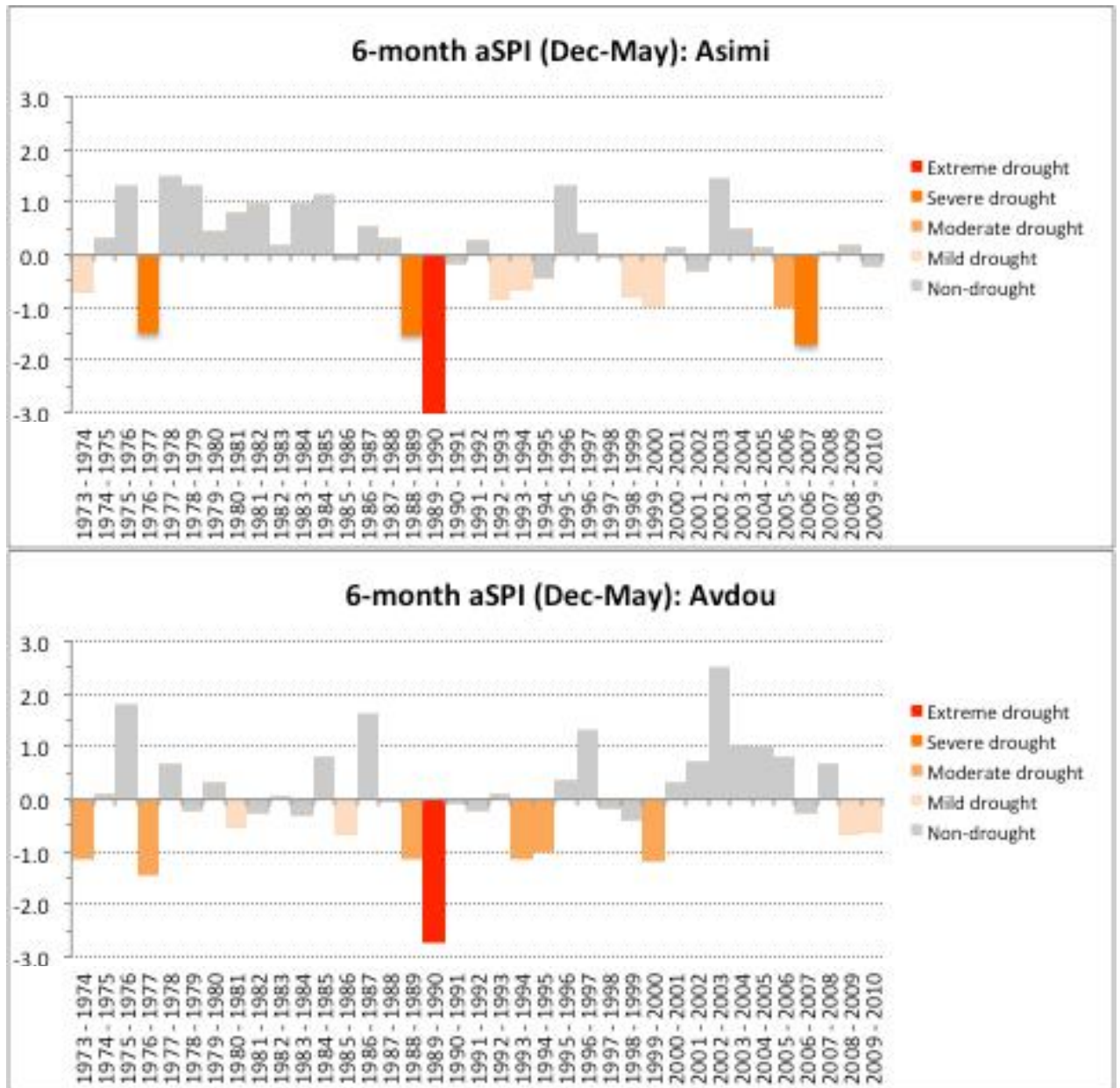
6-month aSPI (Dec-May): Zymvragos

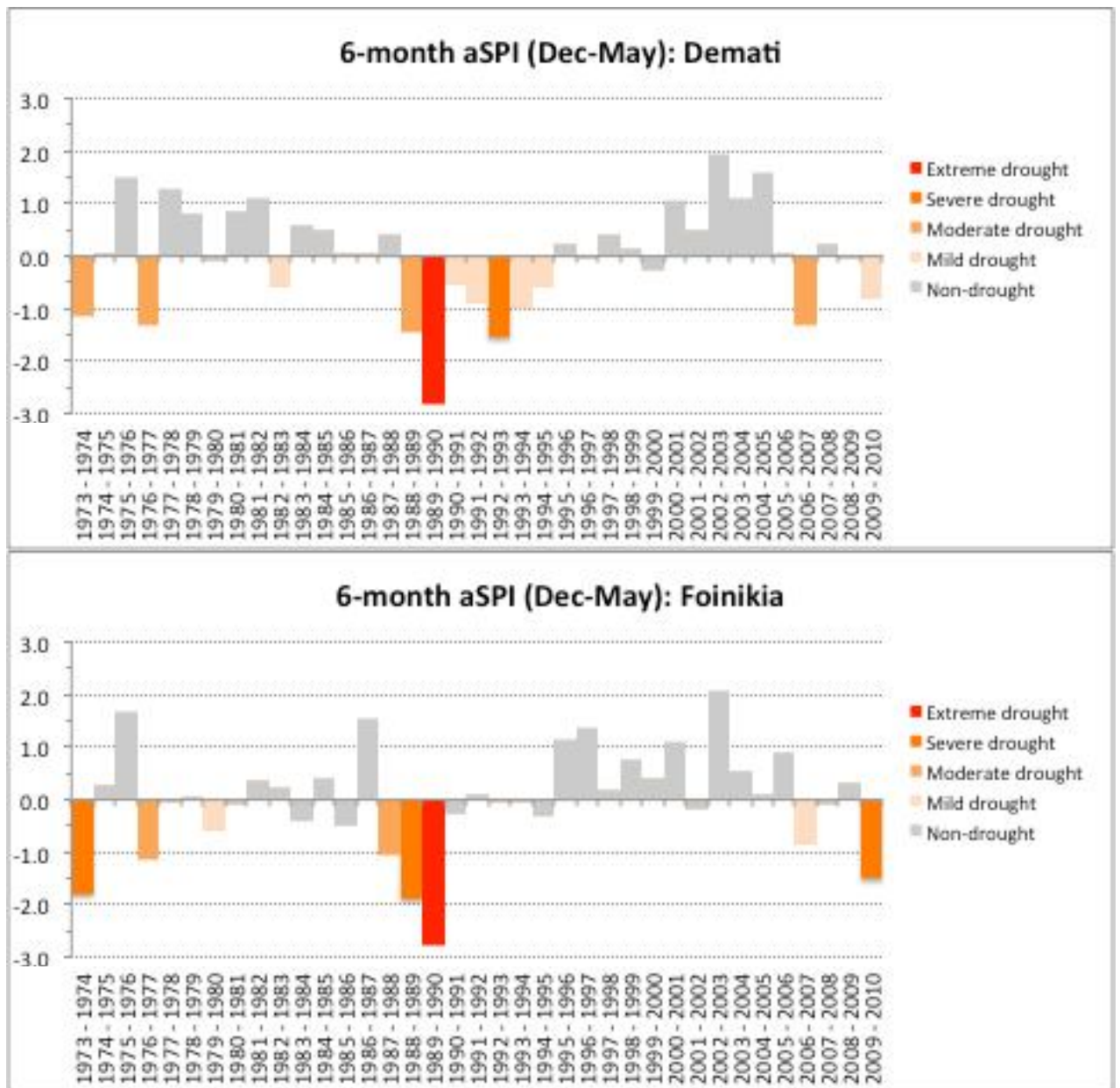


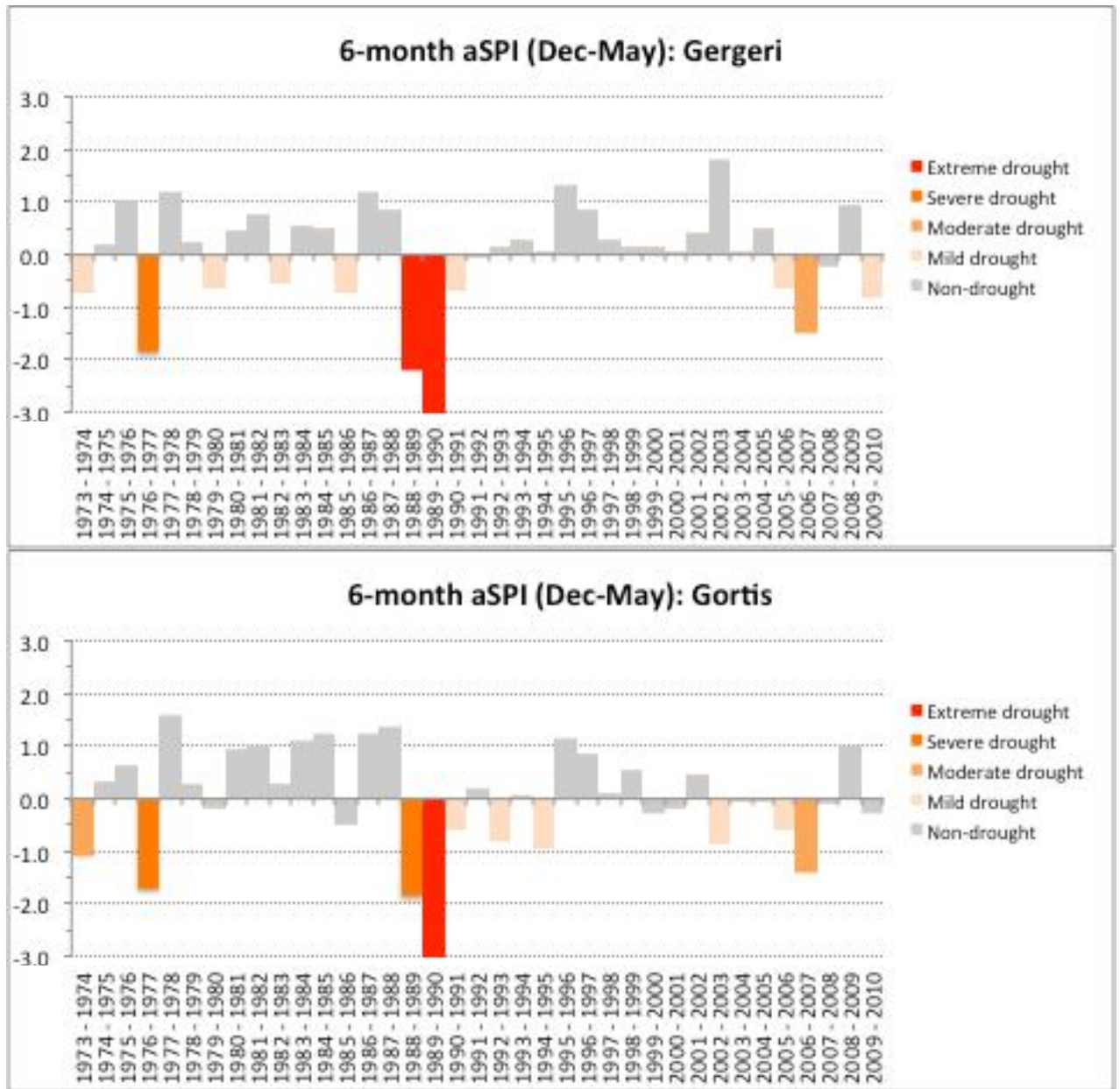
Ηράκλειο

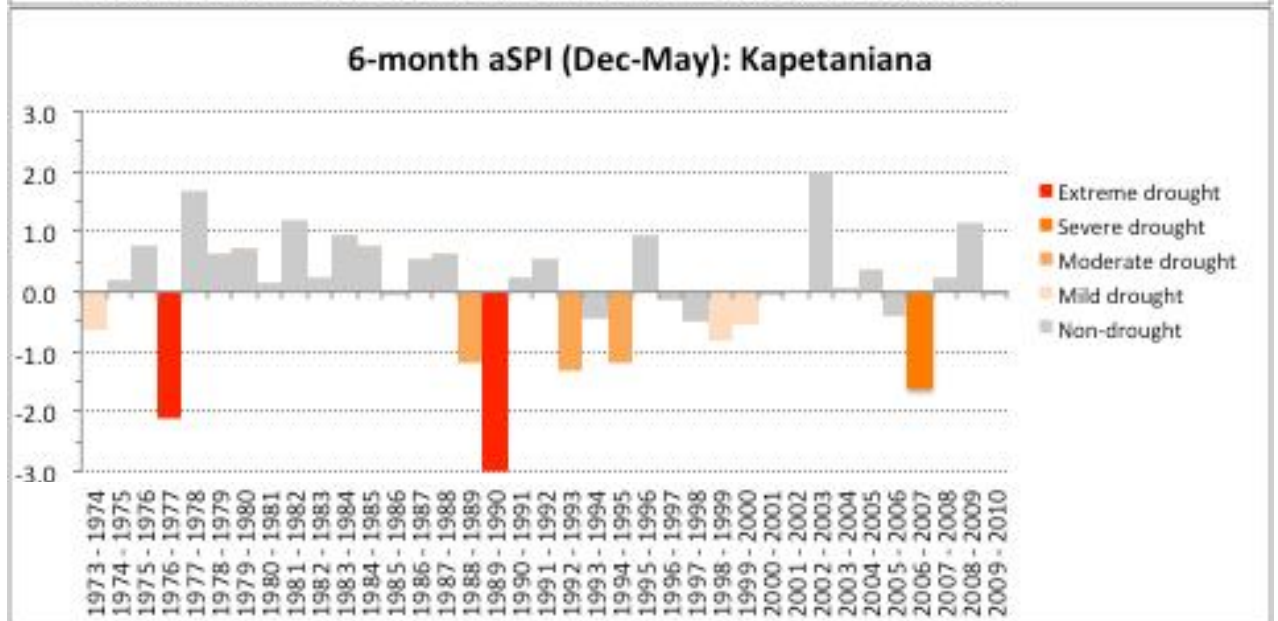
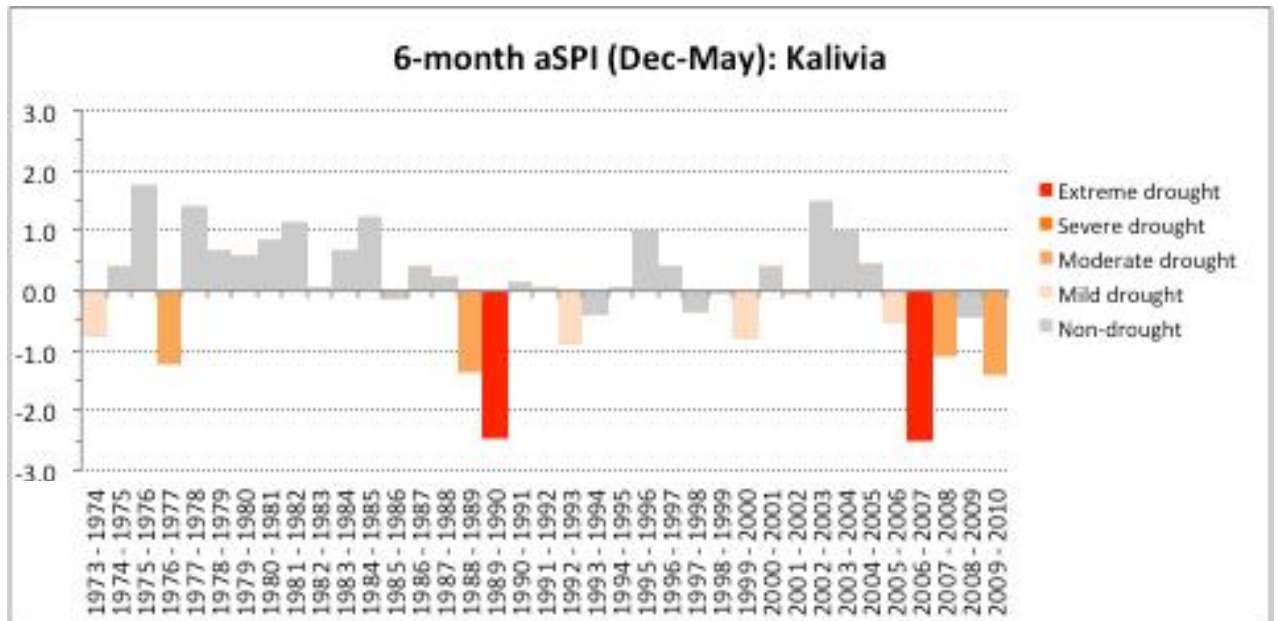


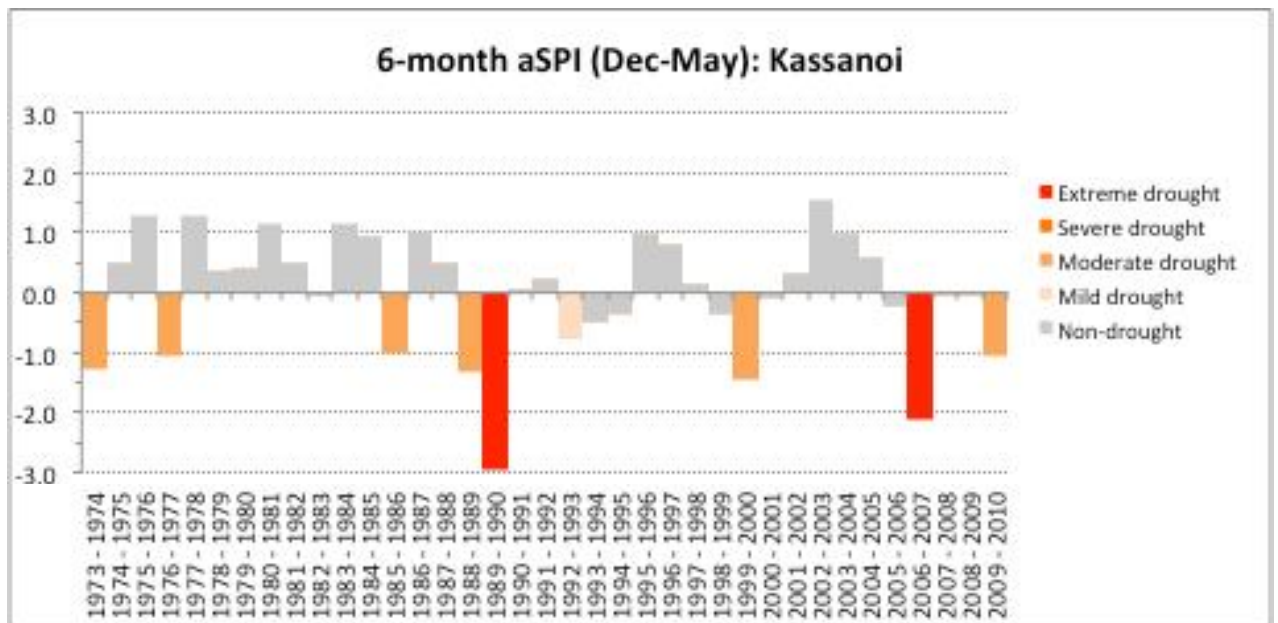
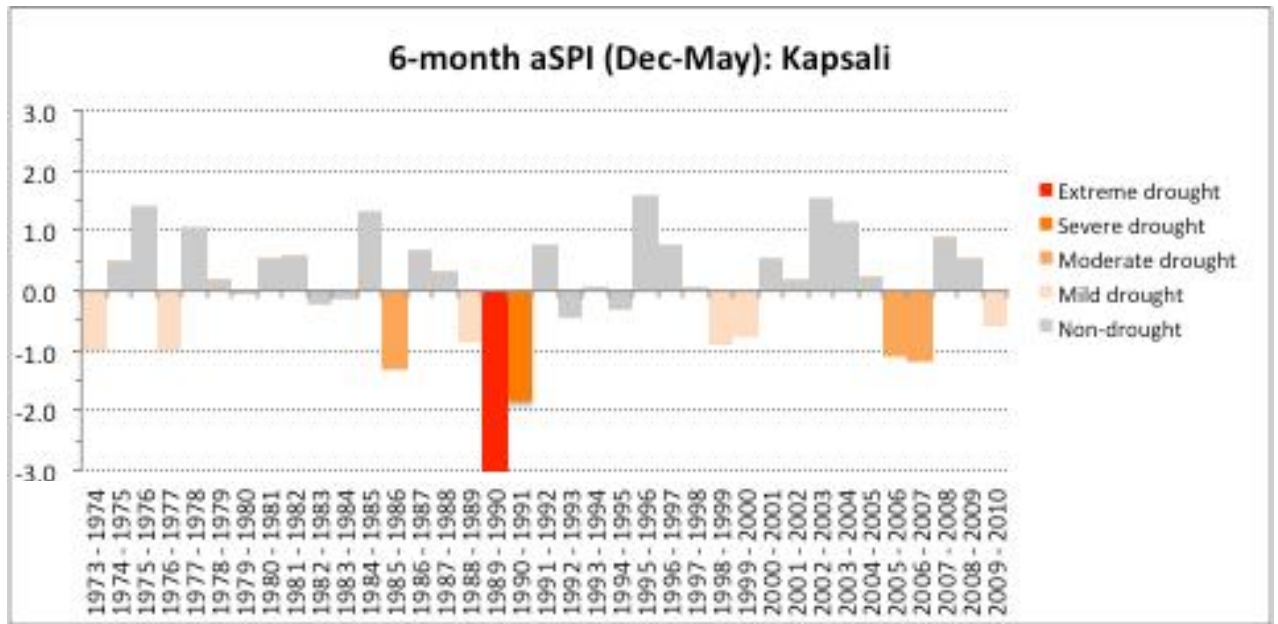


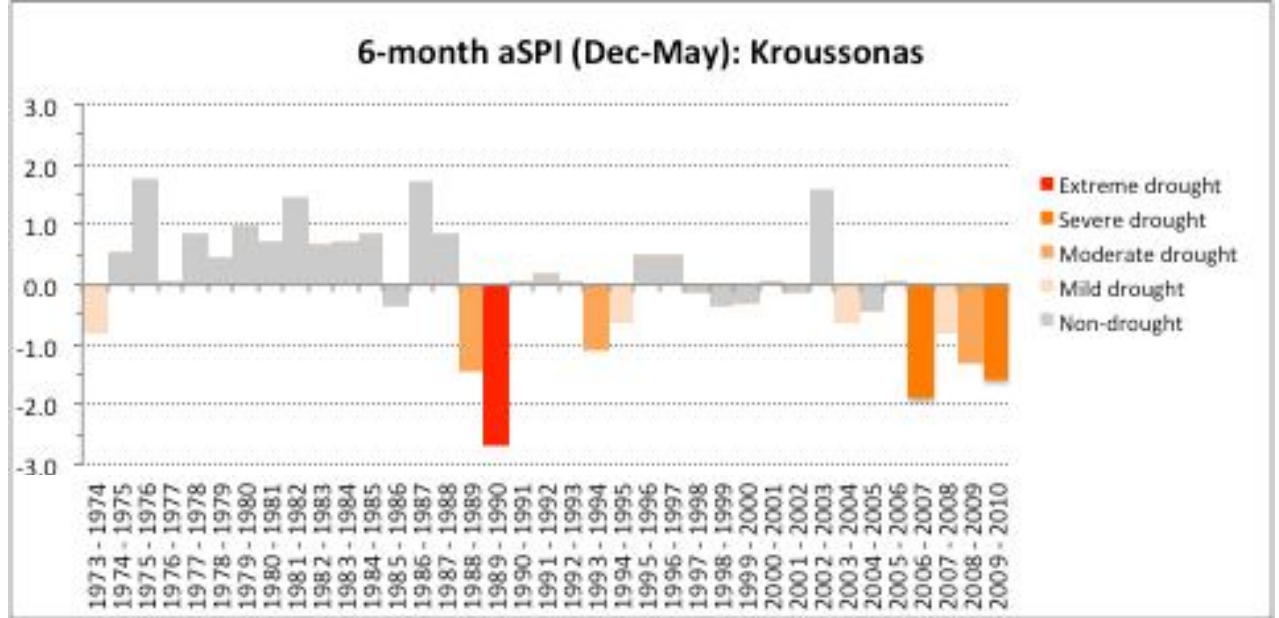
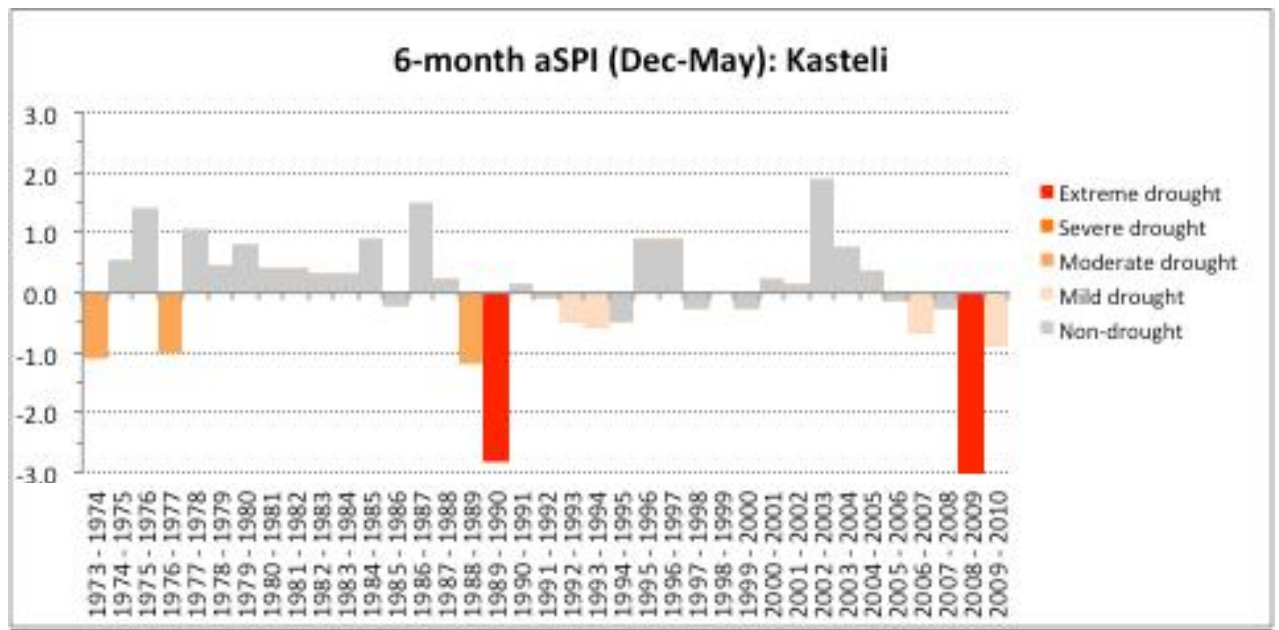


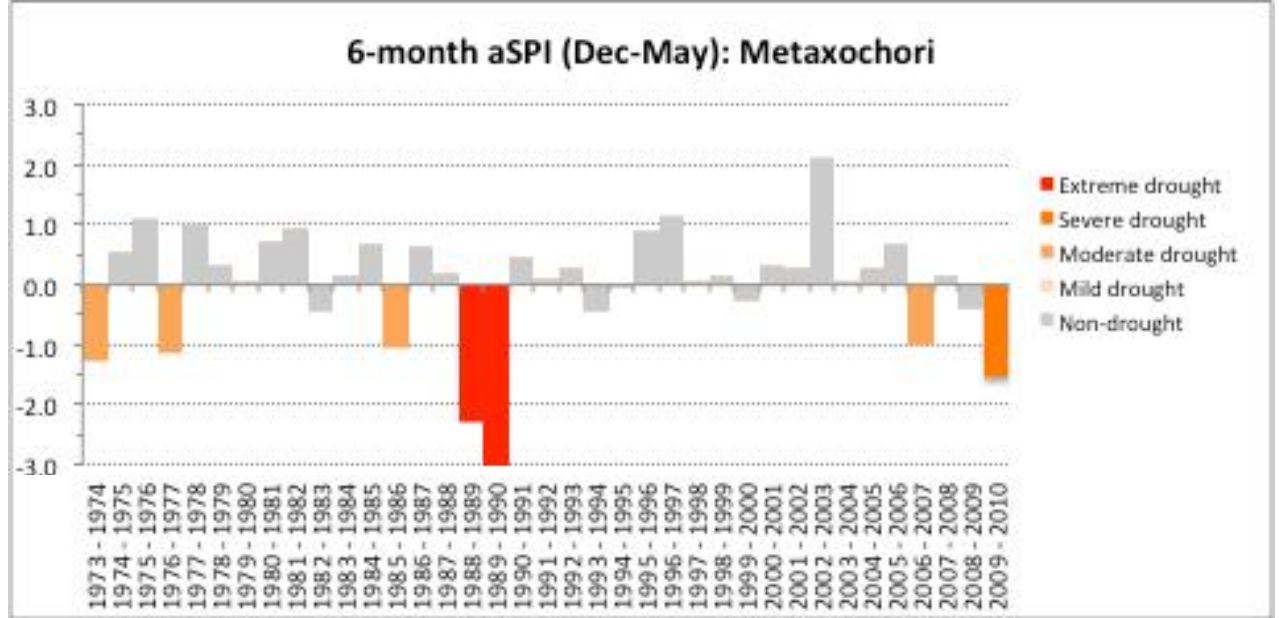
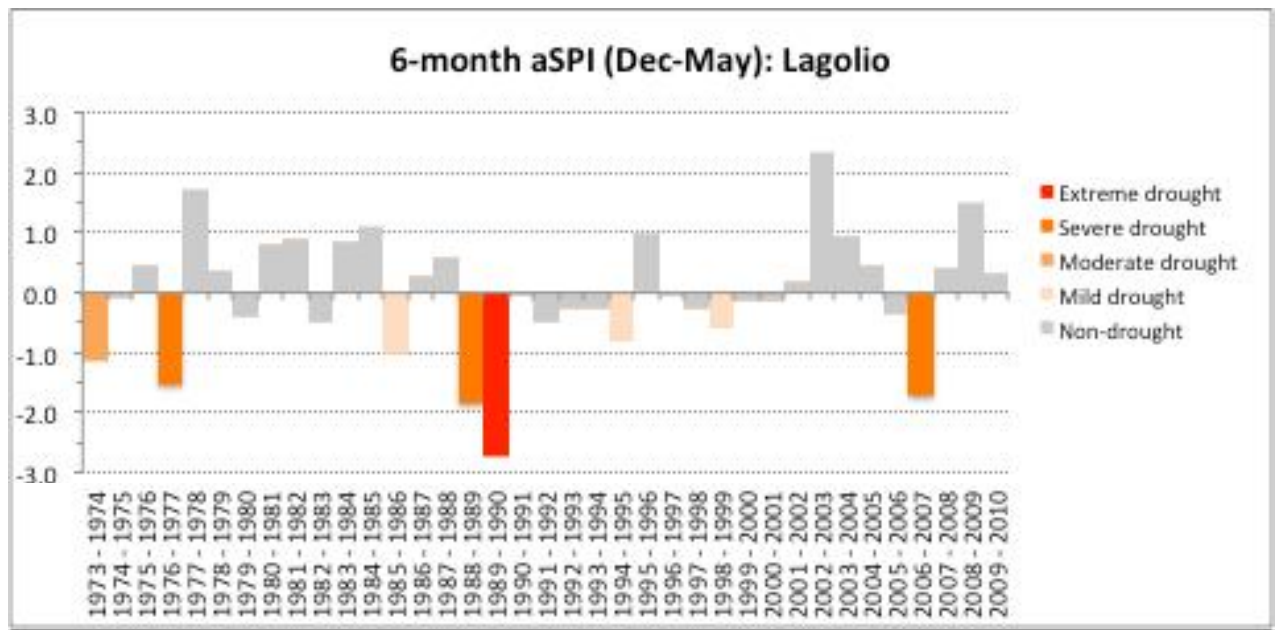


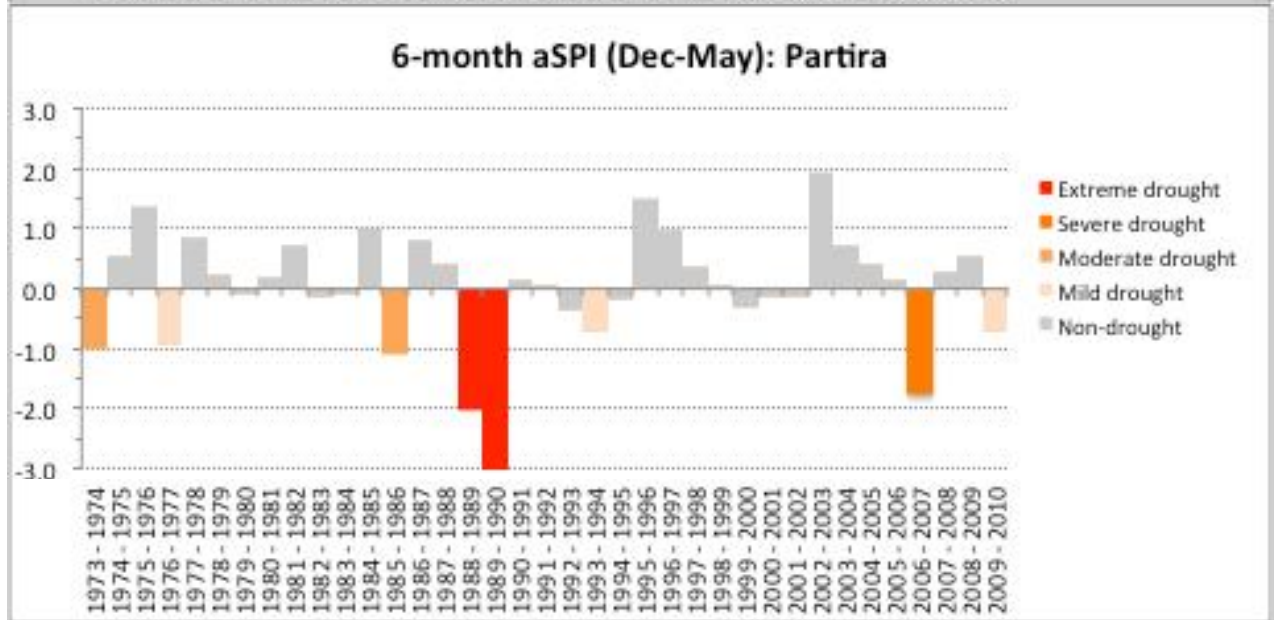
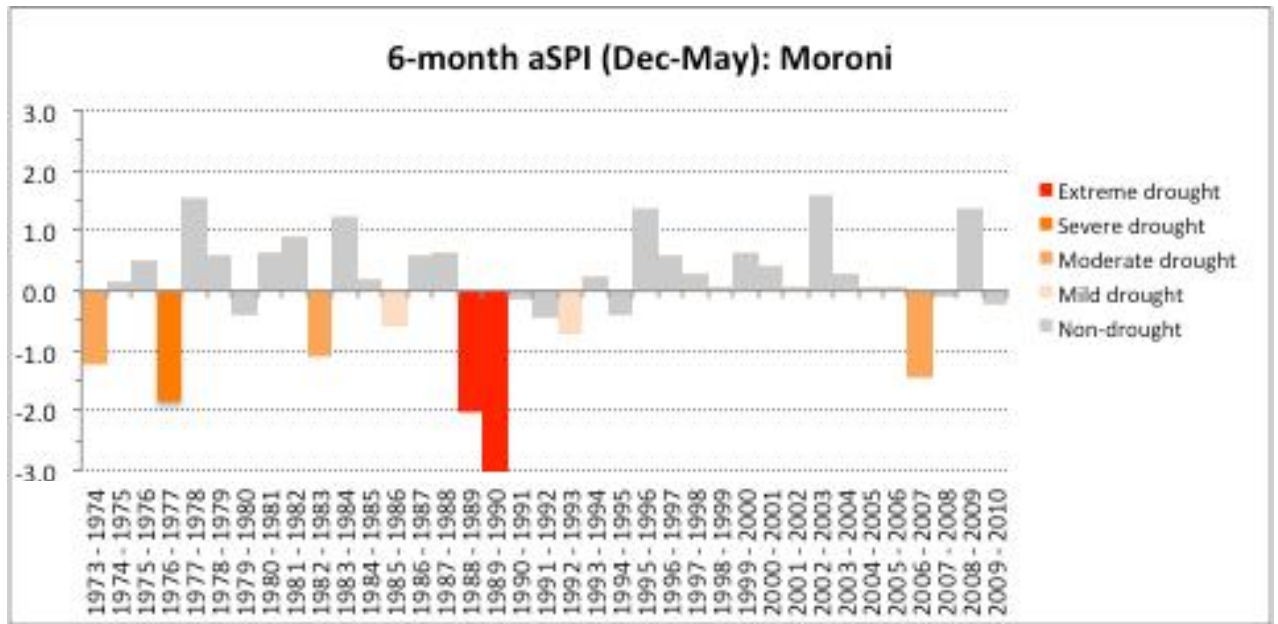


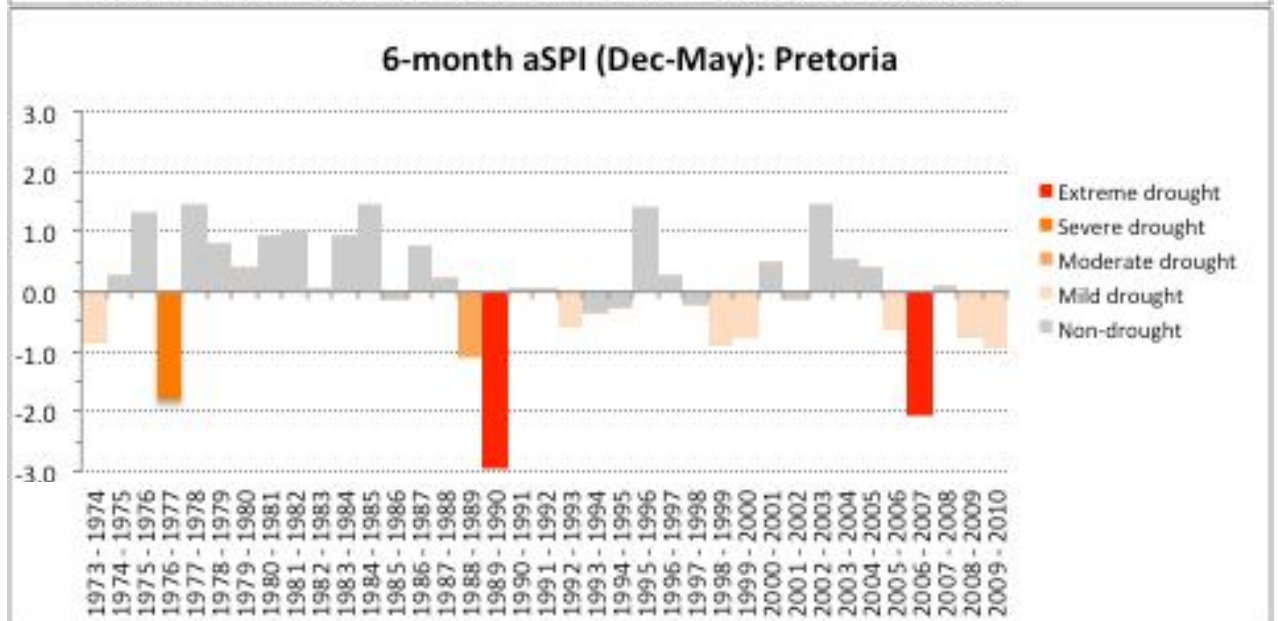
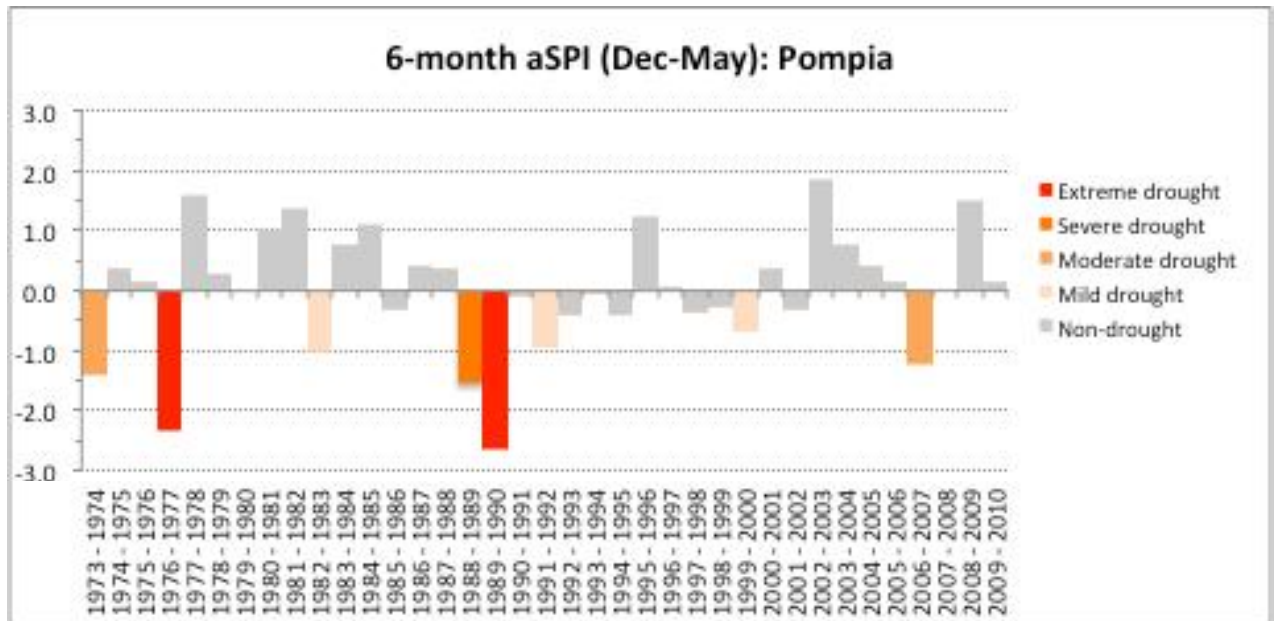


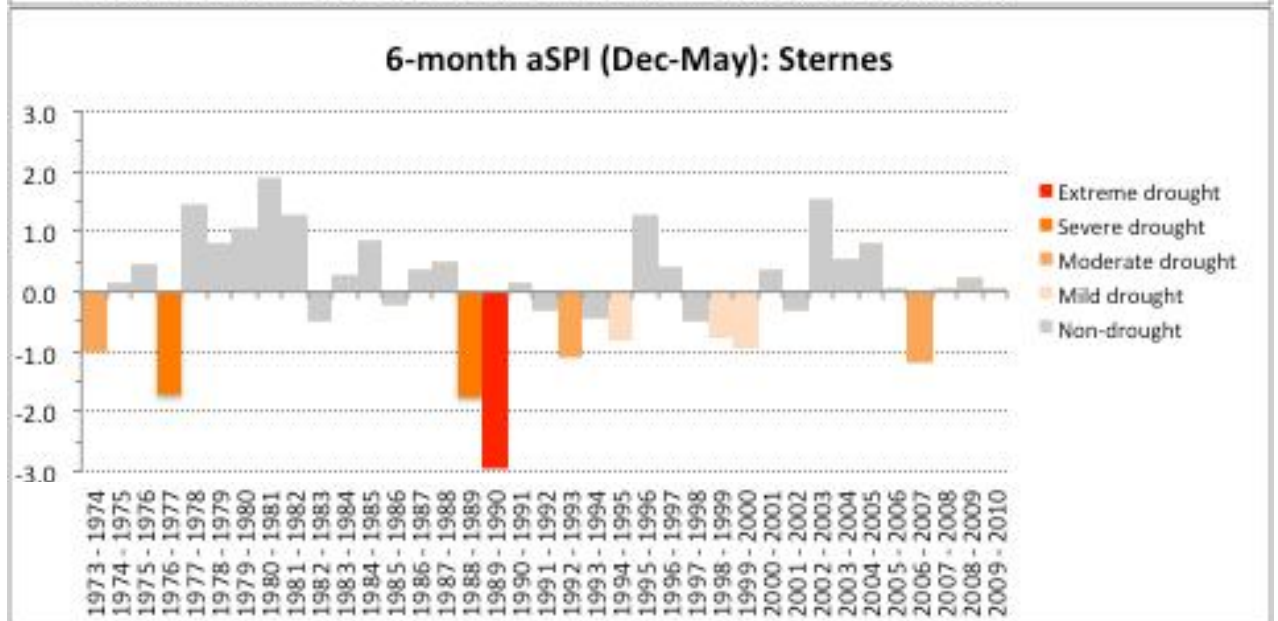
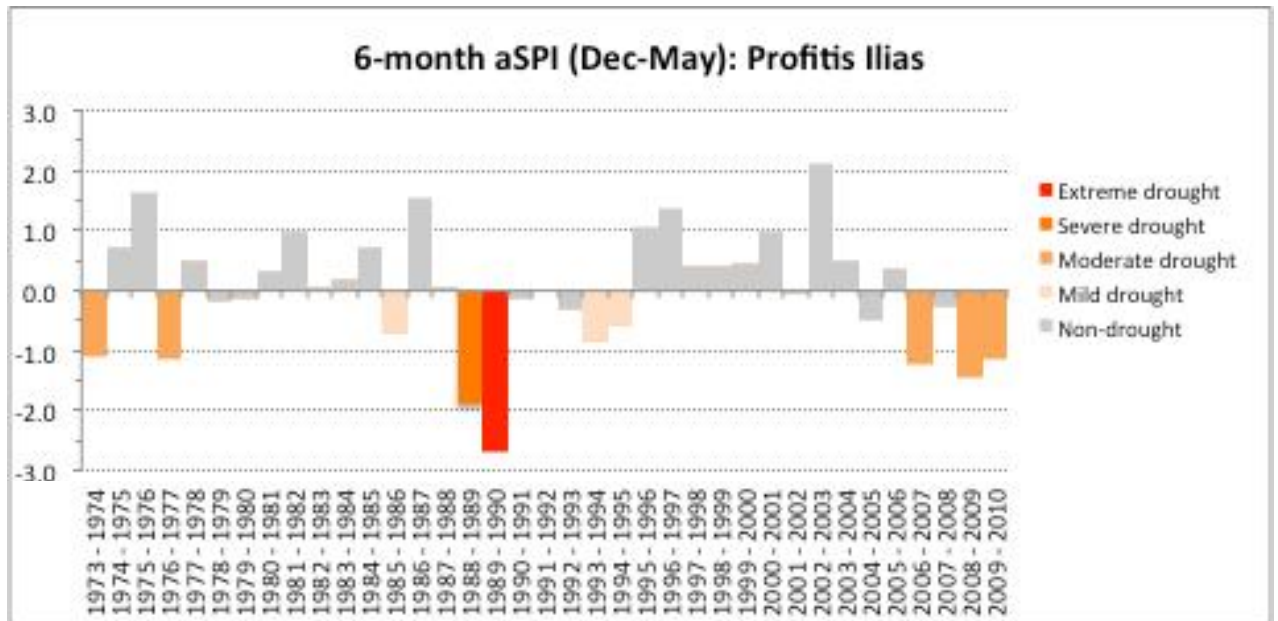


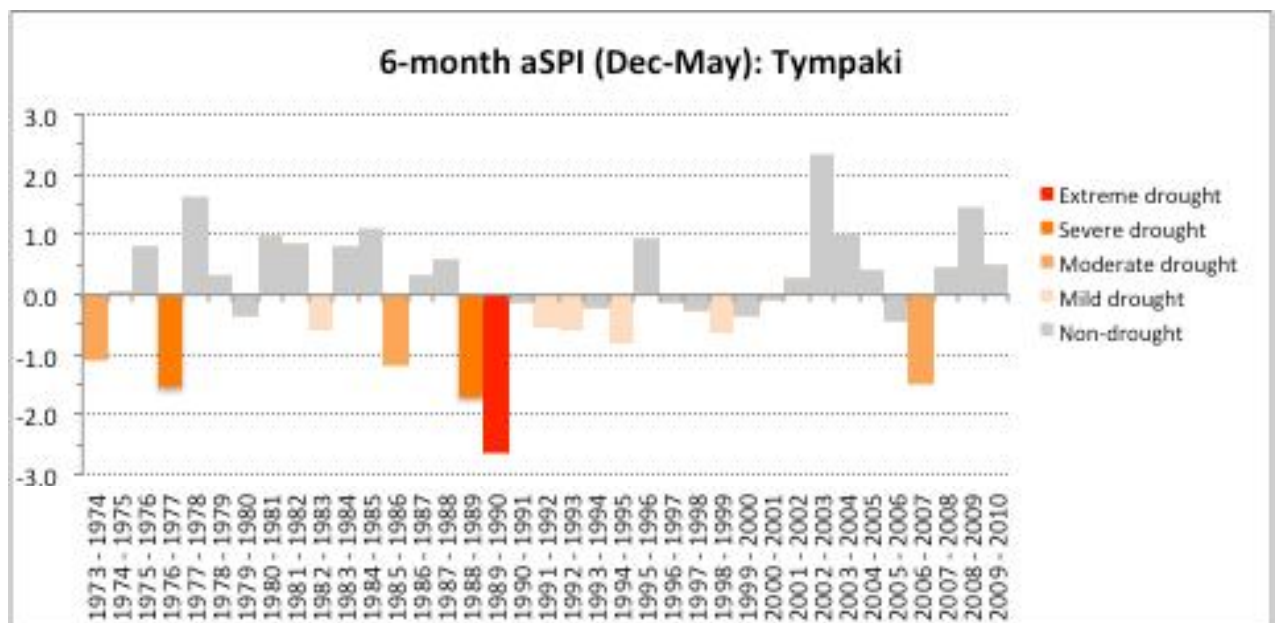
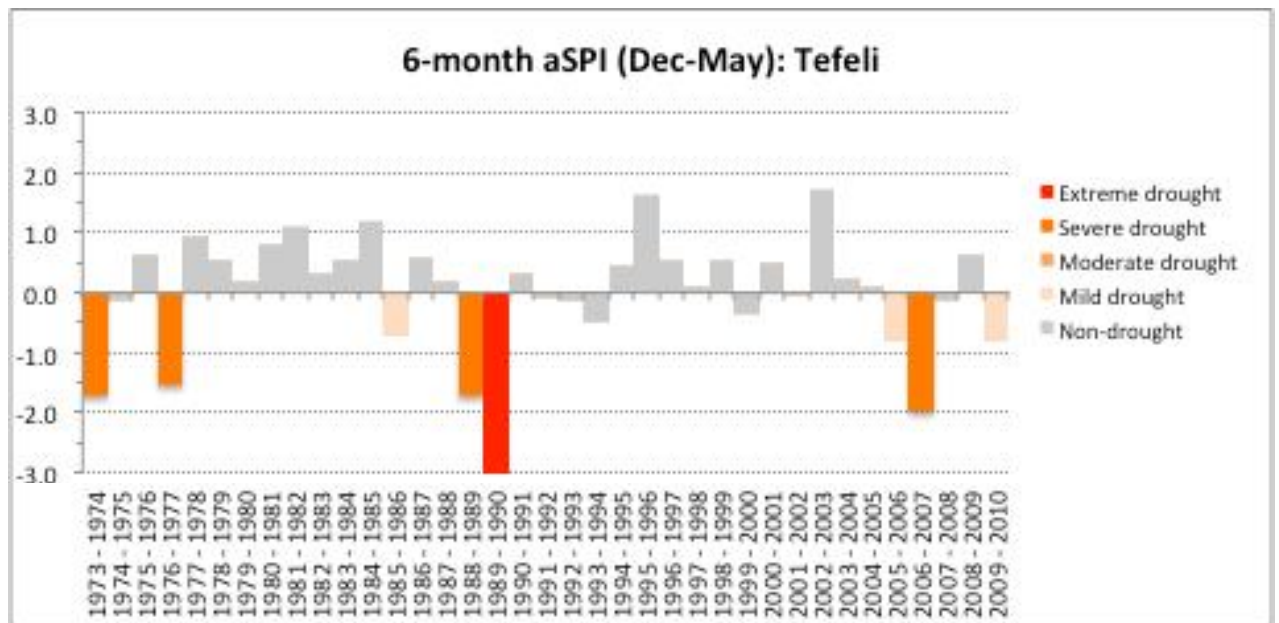


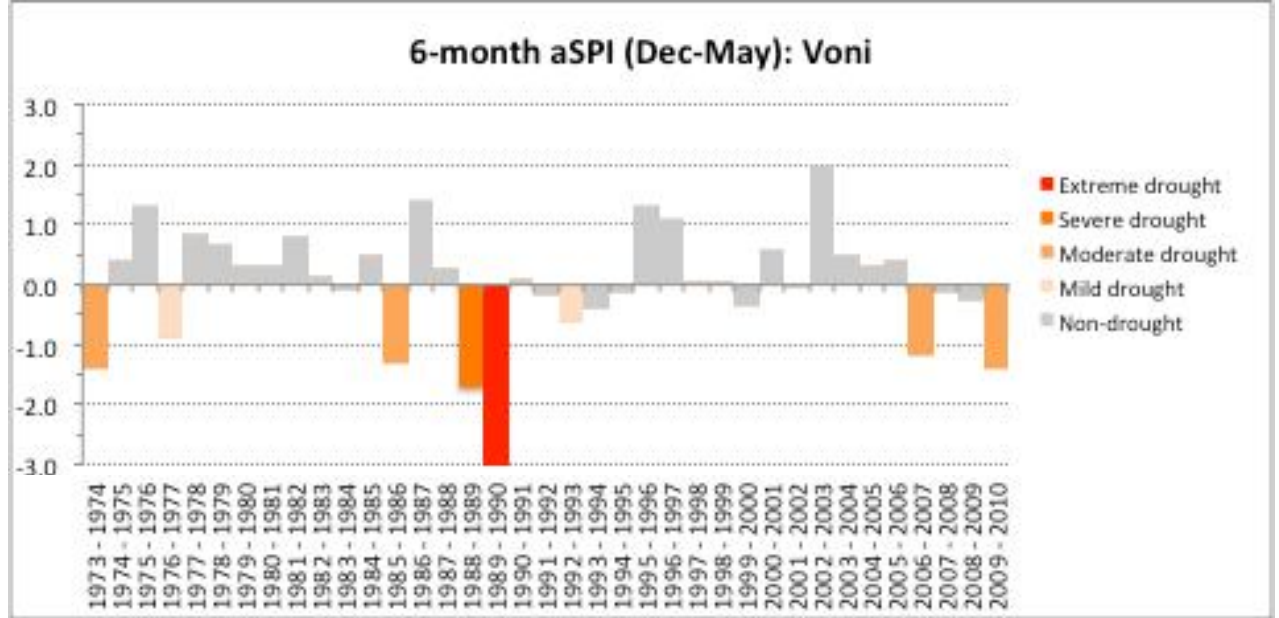
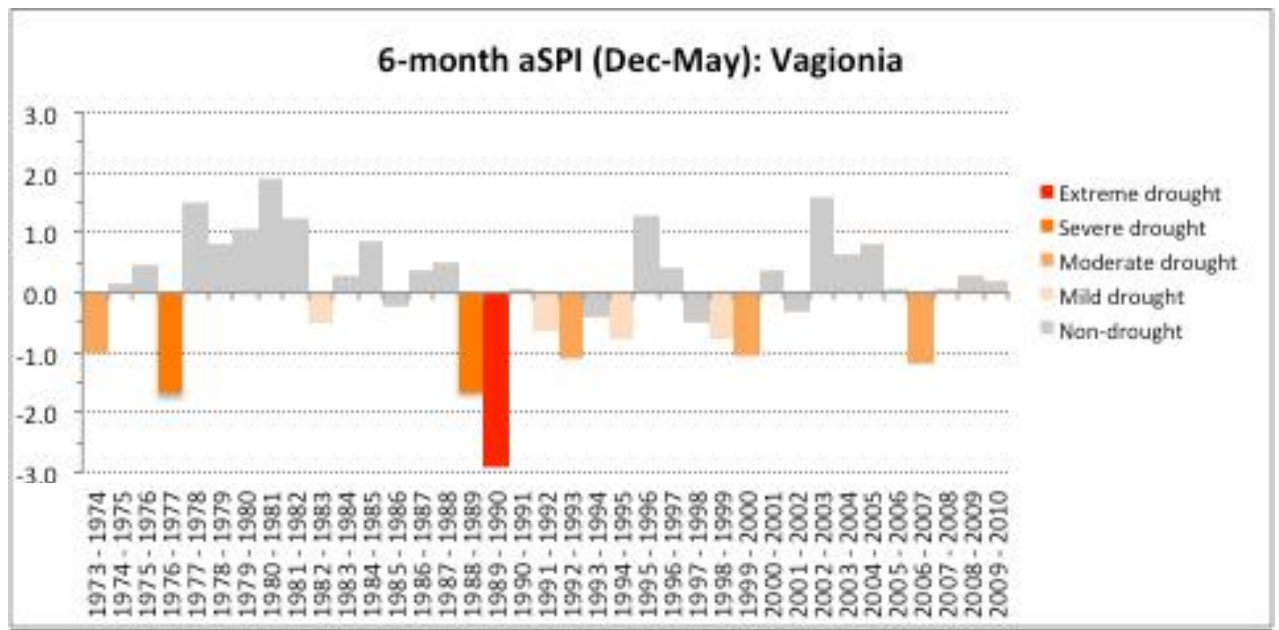


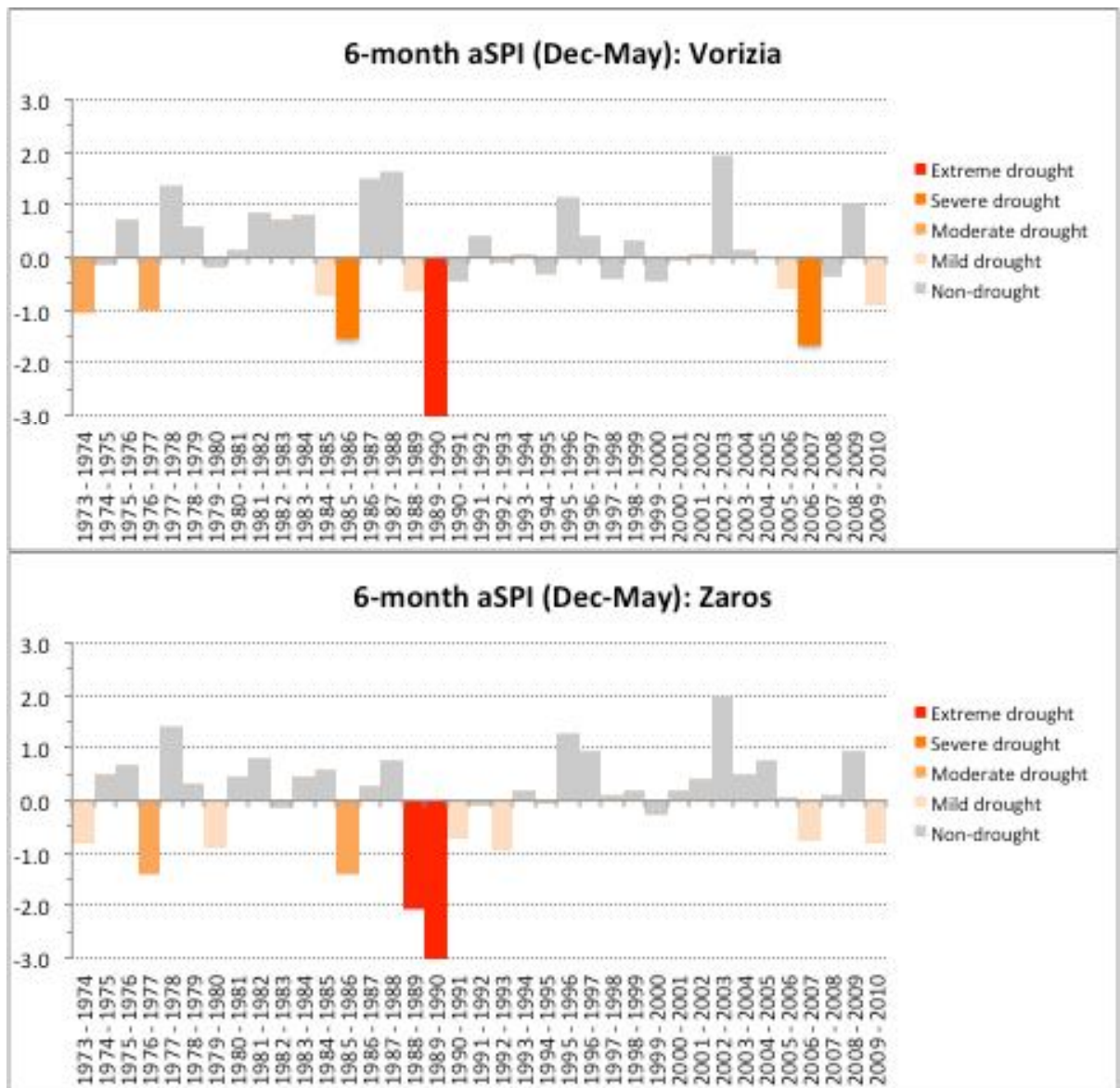




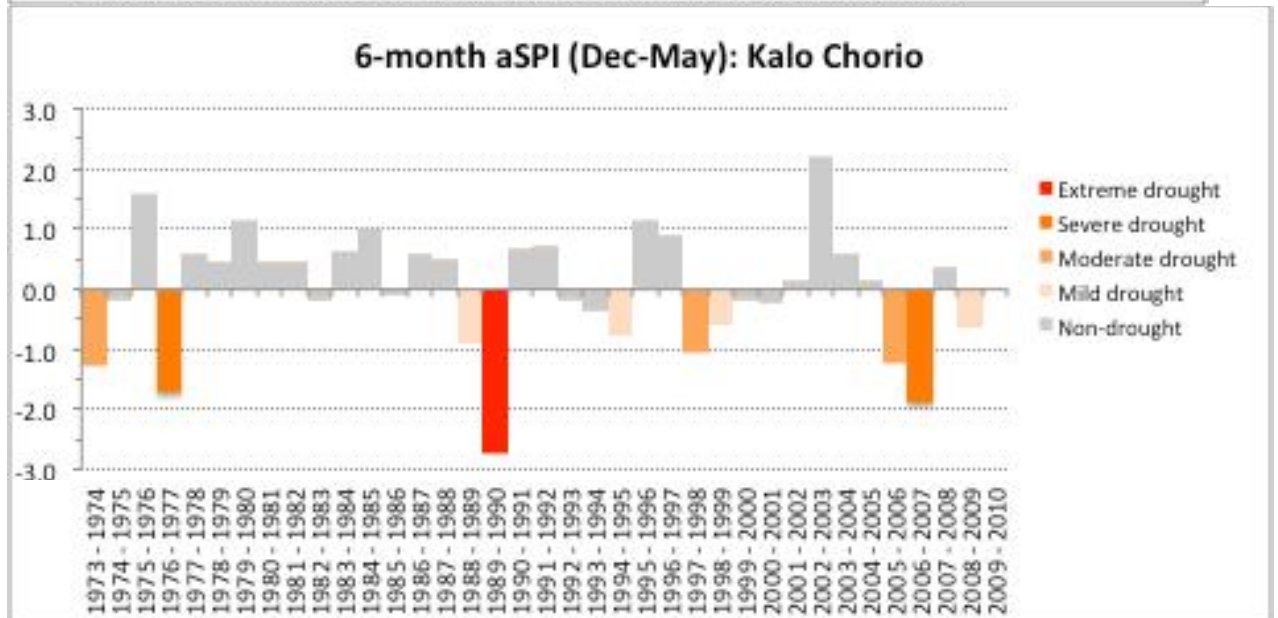
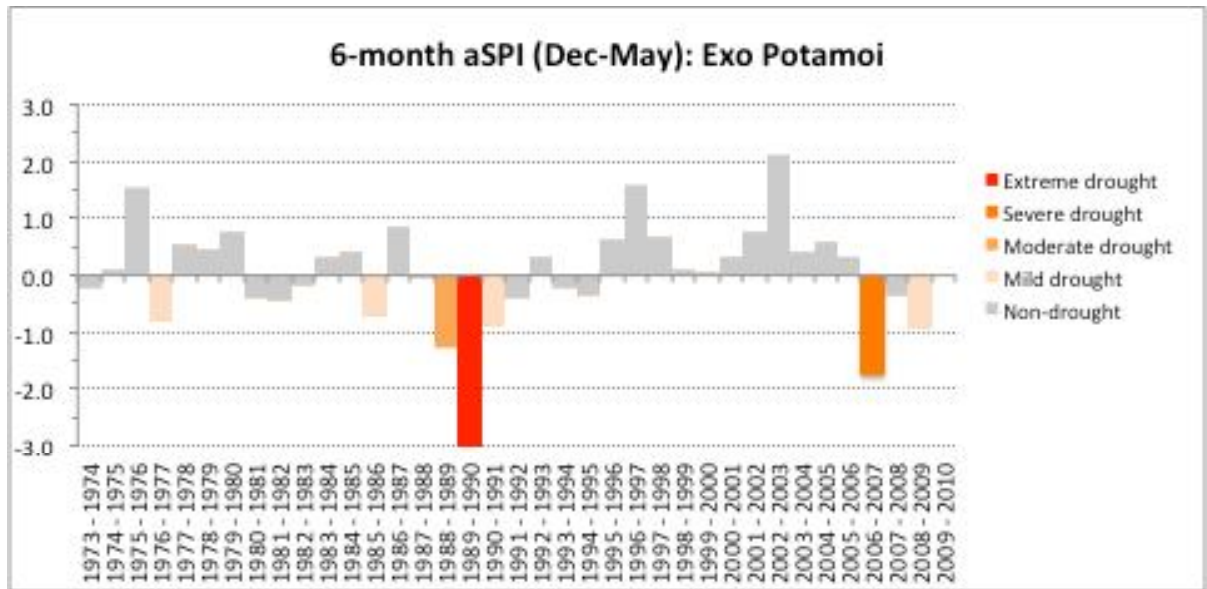




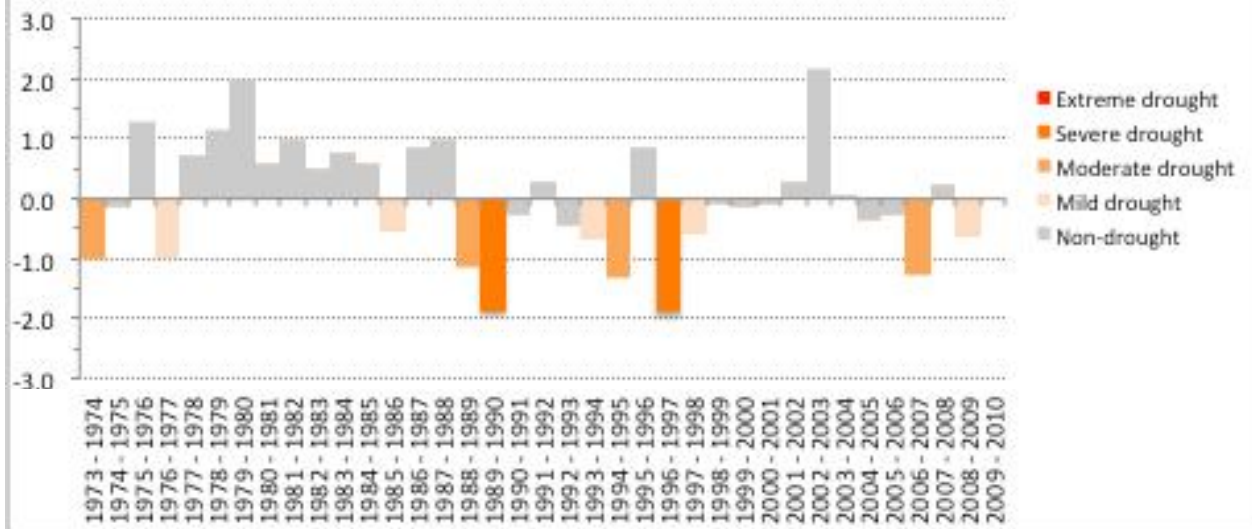




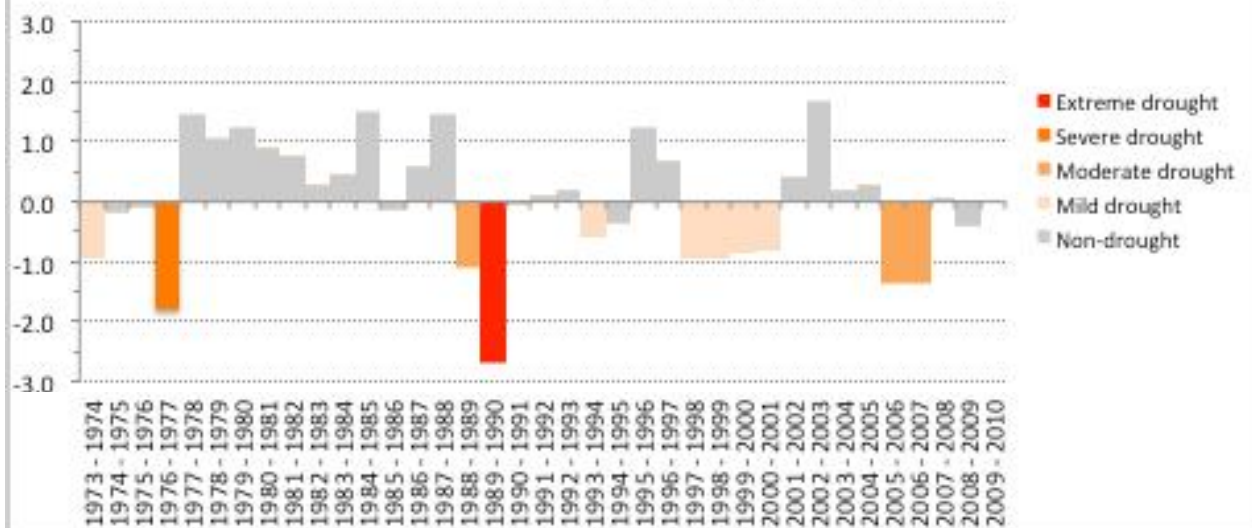
Λασιθι

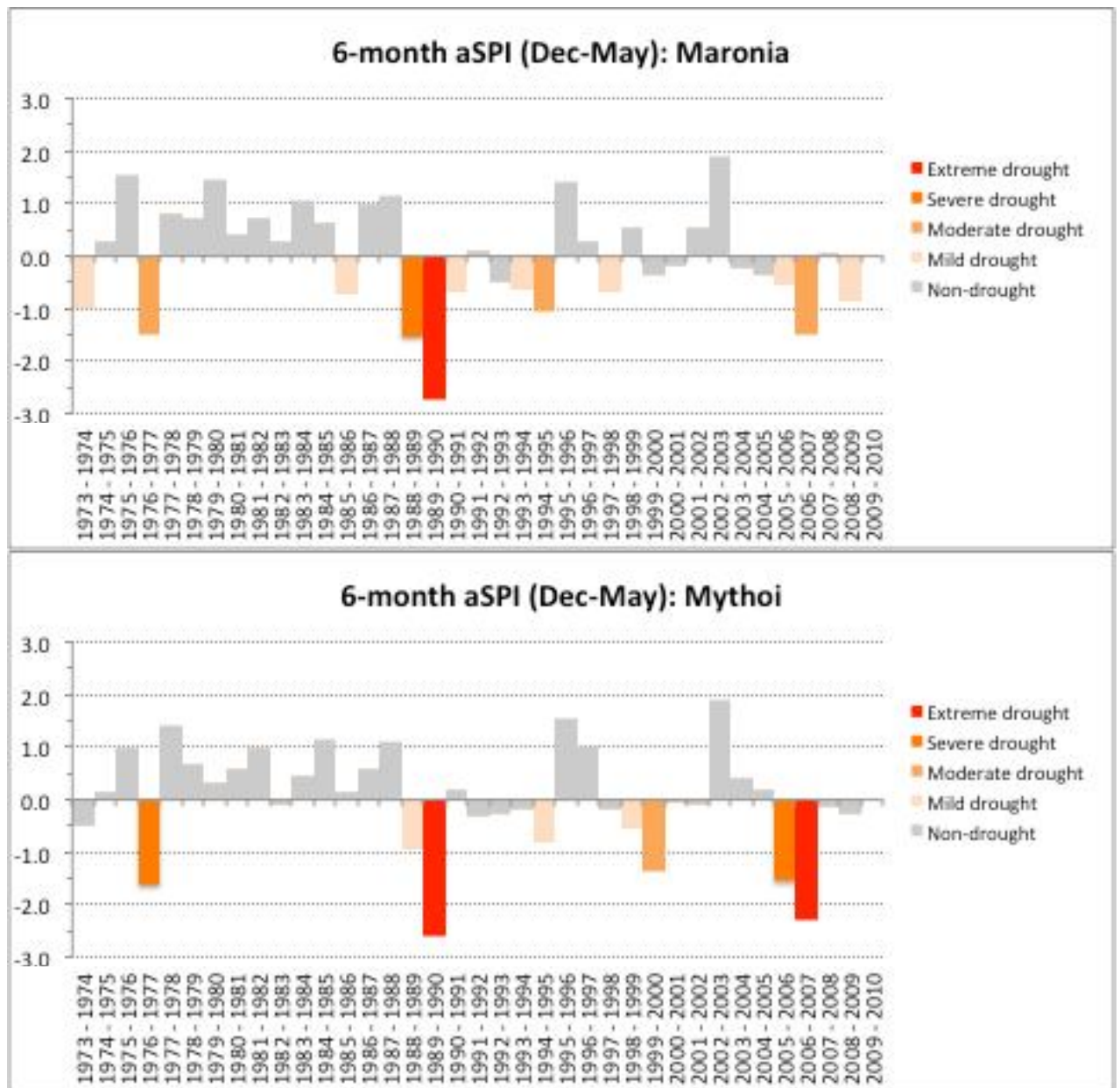


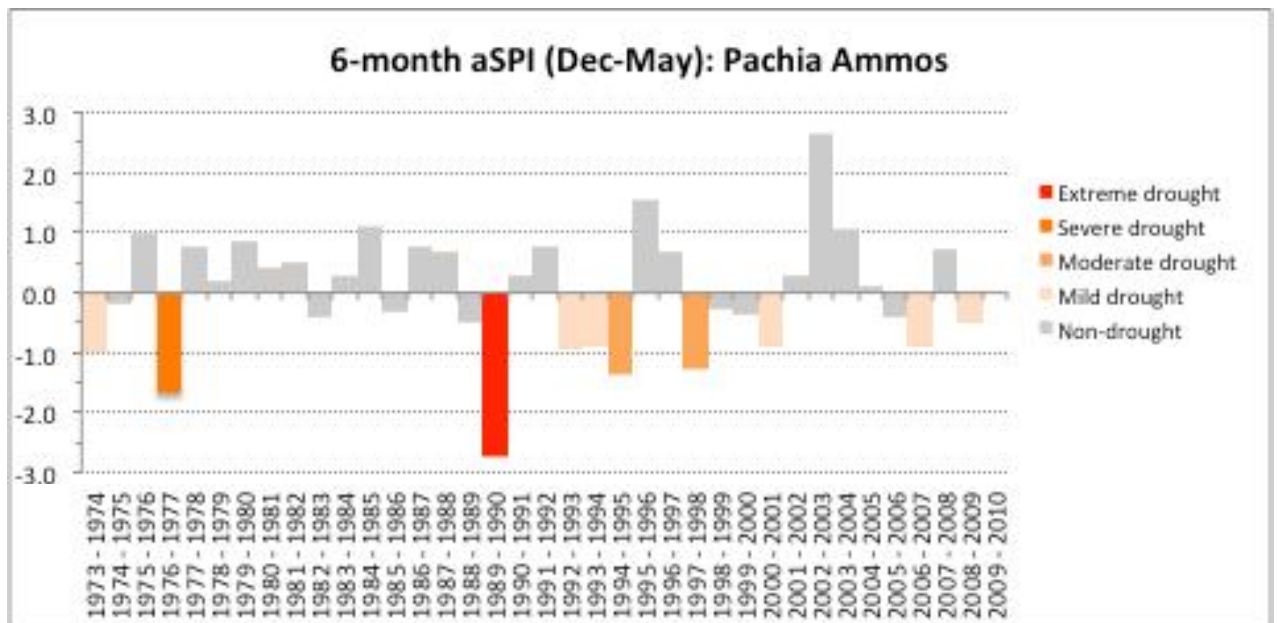
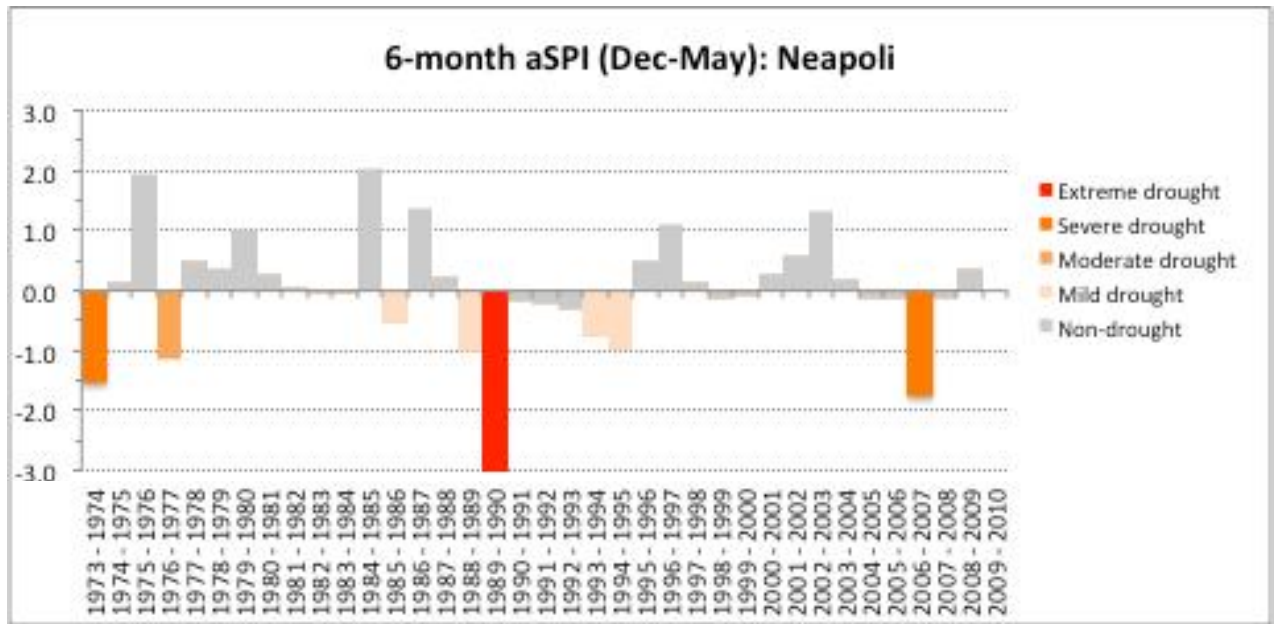
6-month aSPI (Dec-May): Katsidoni

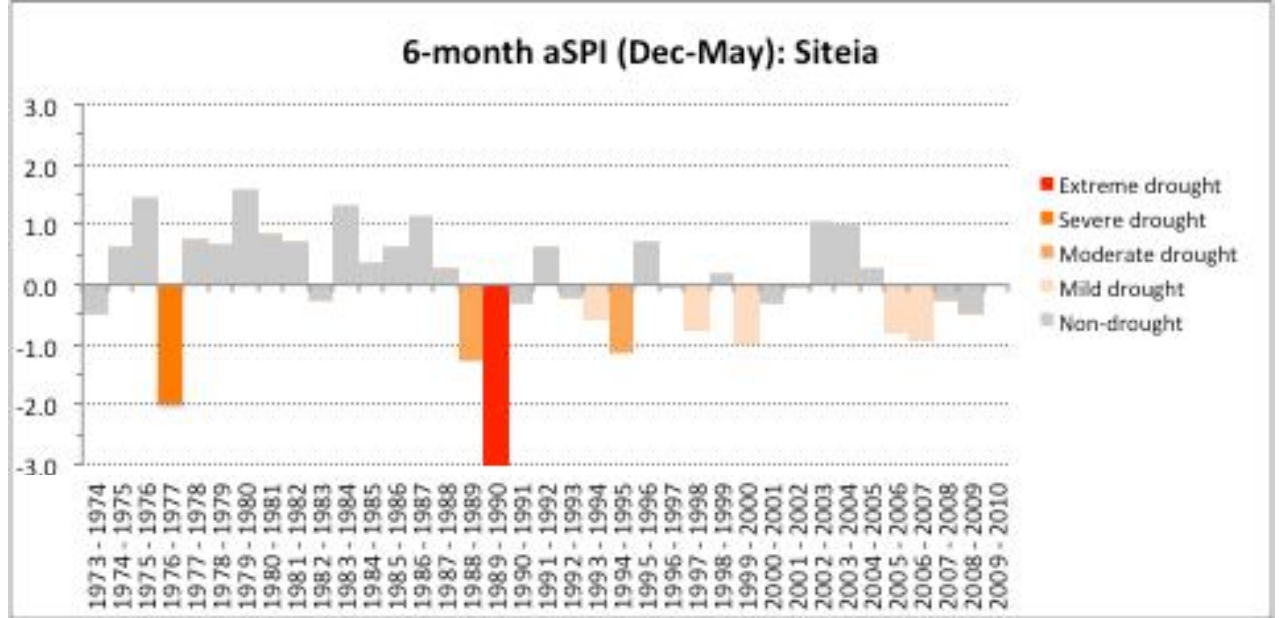
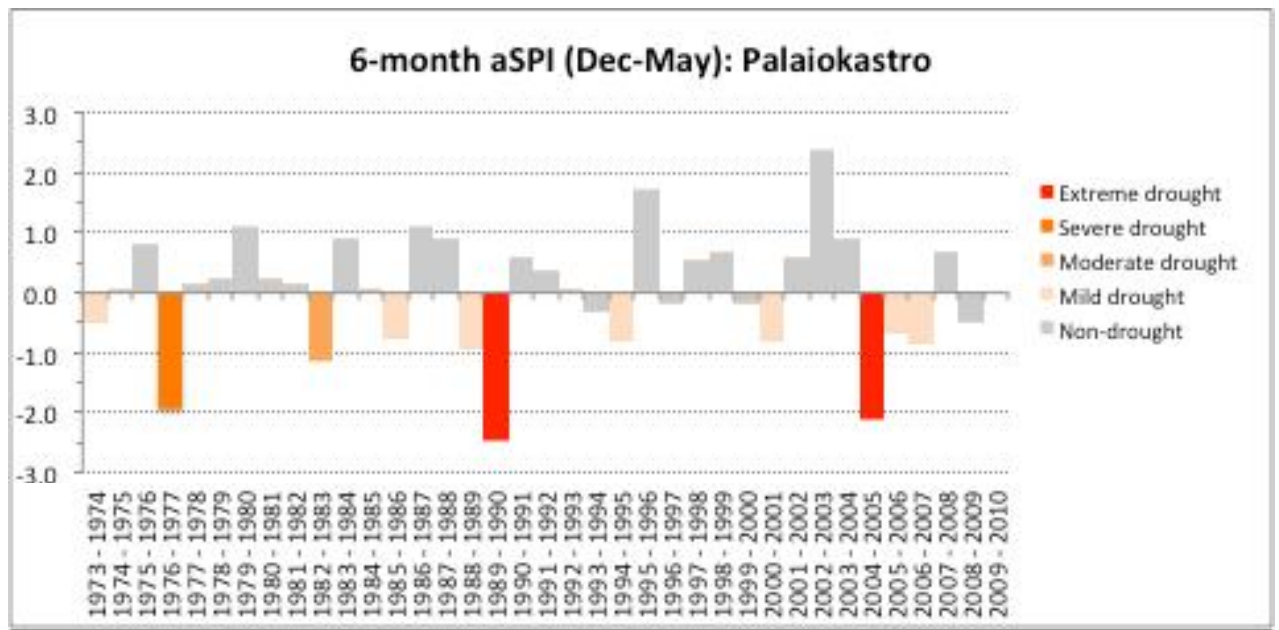


6-month aSPI (Dec-May): Malles

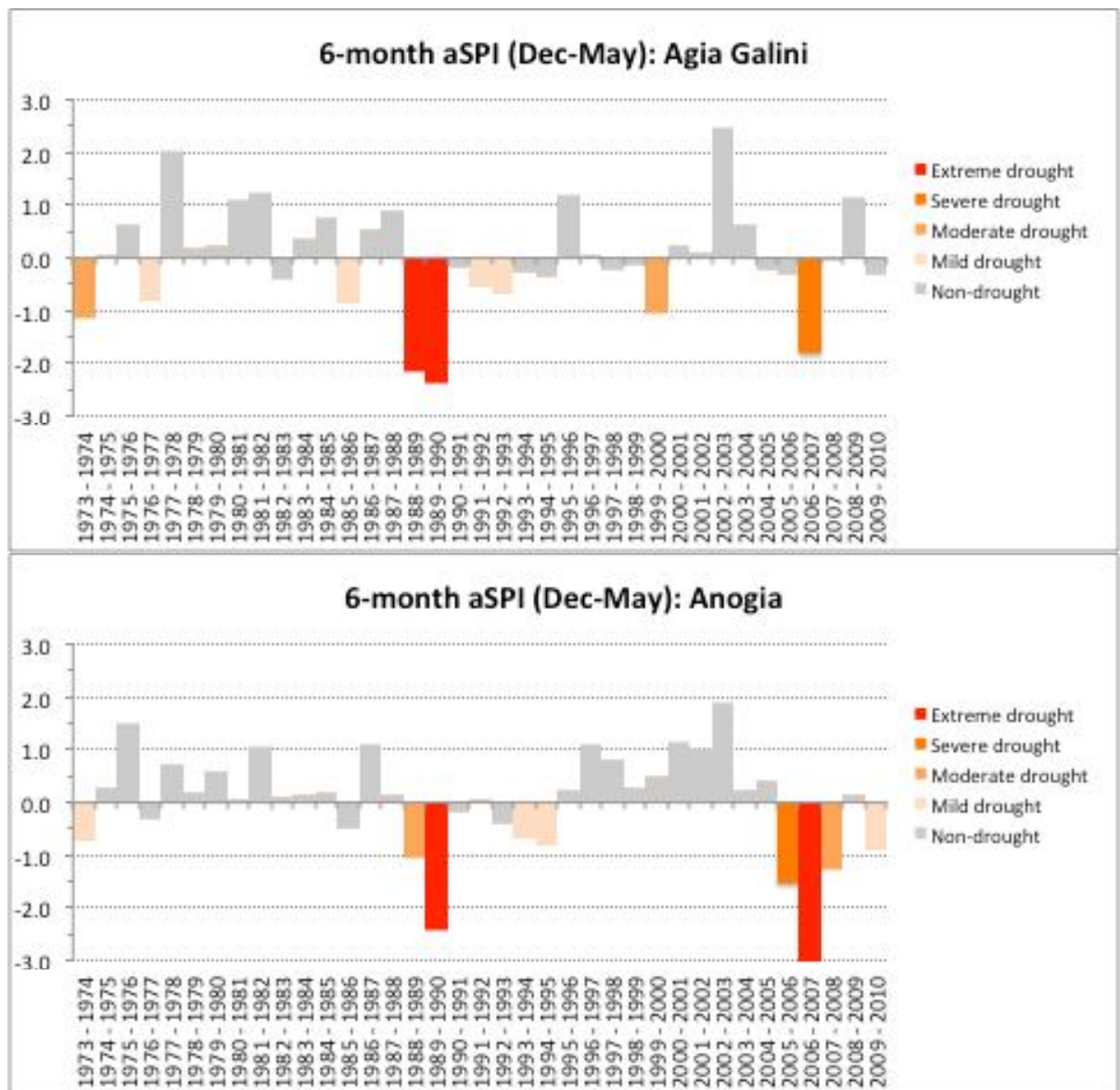


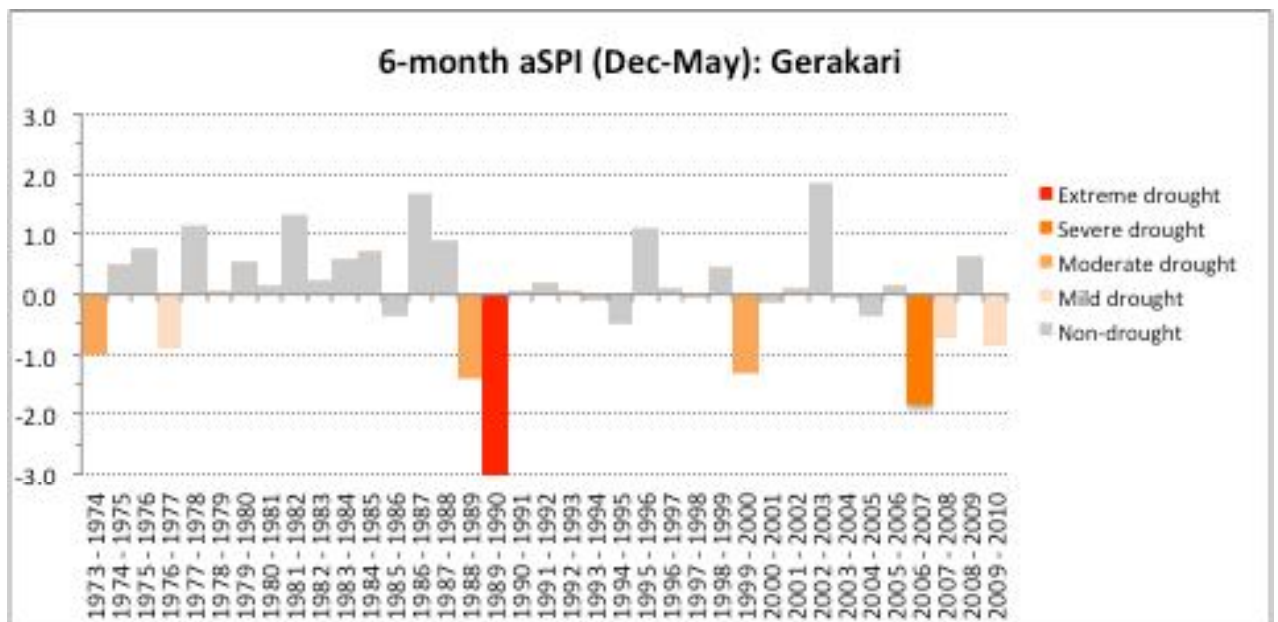
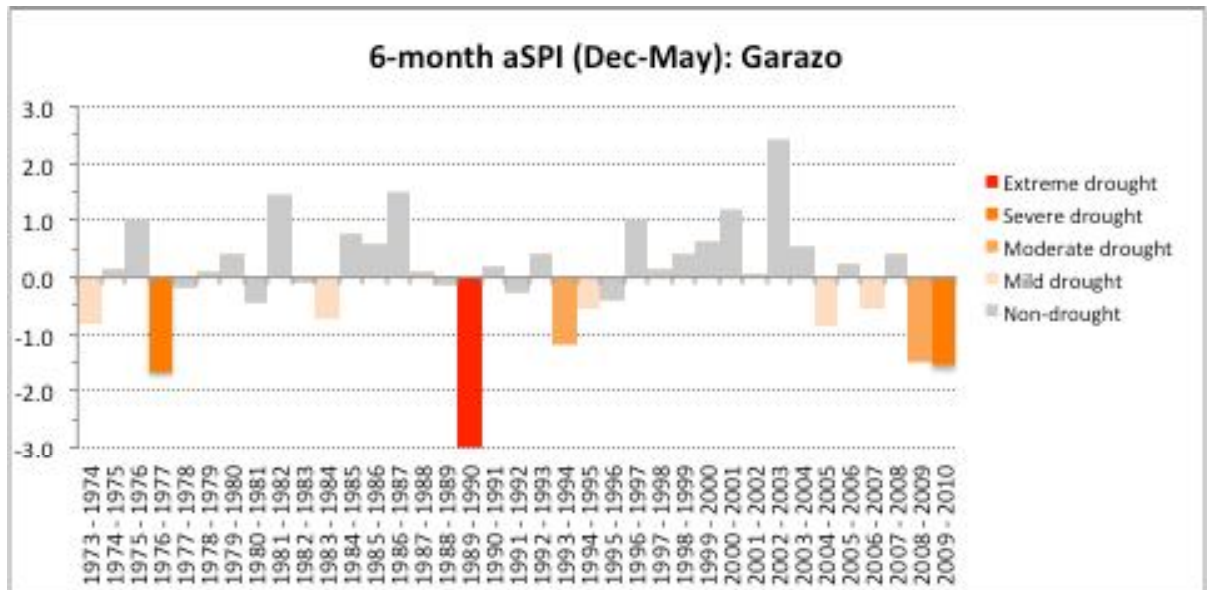


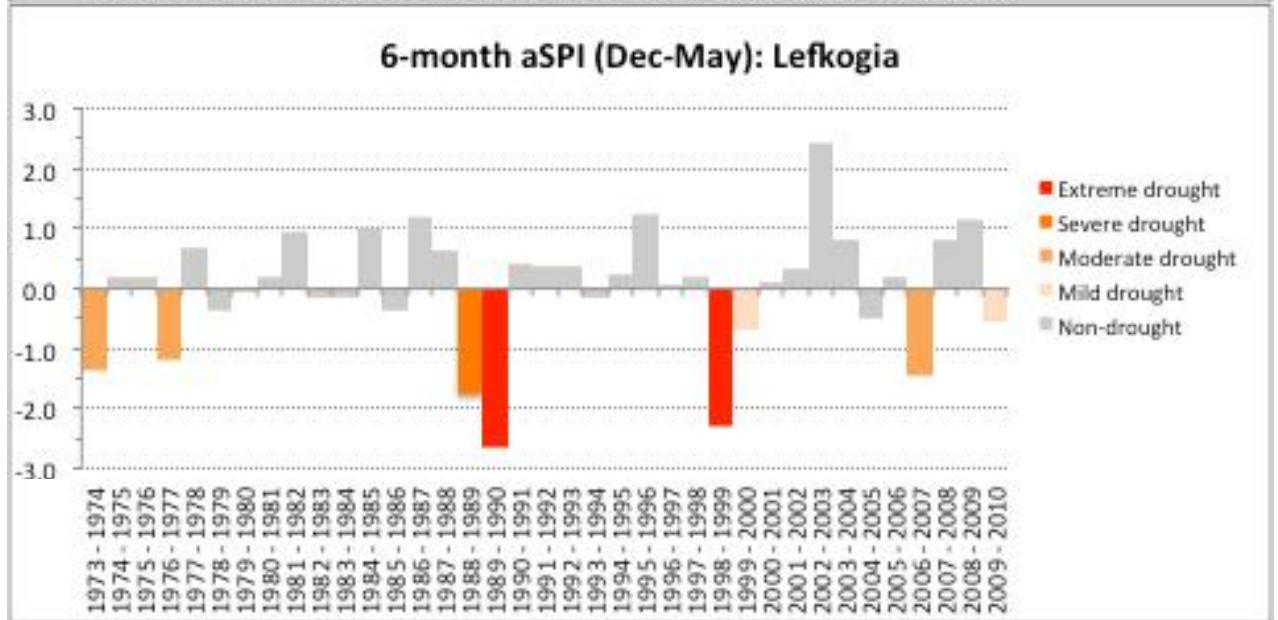
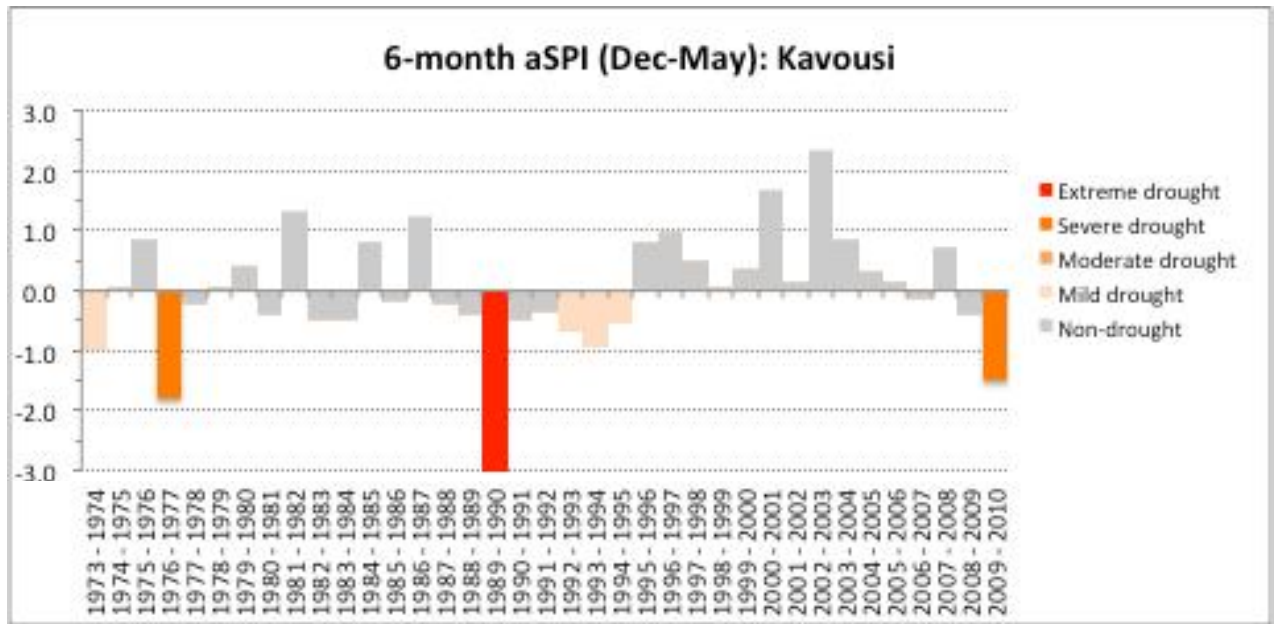


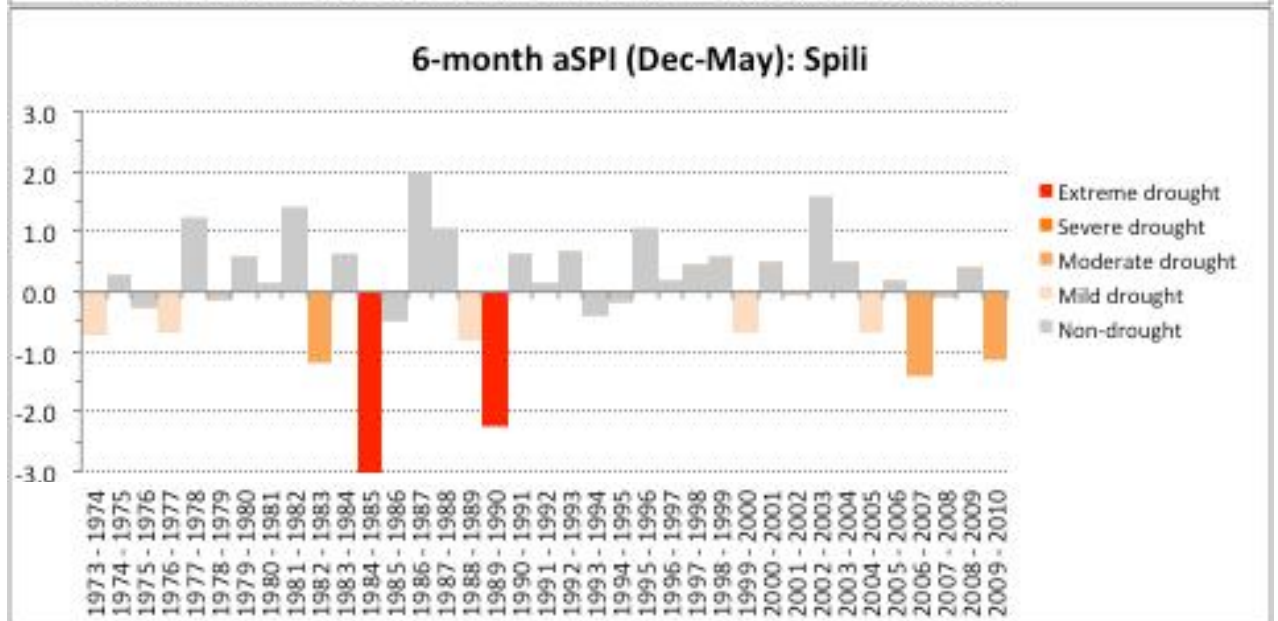
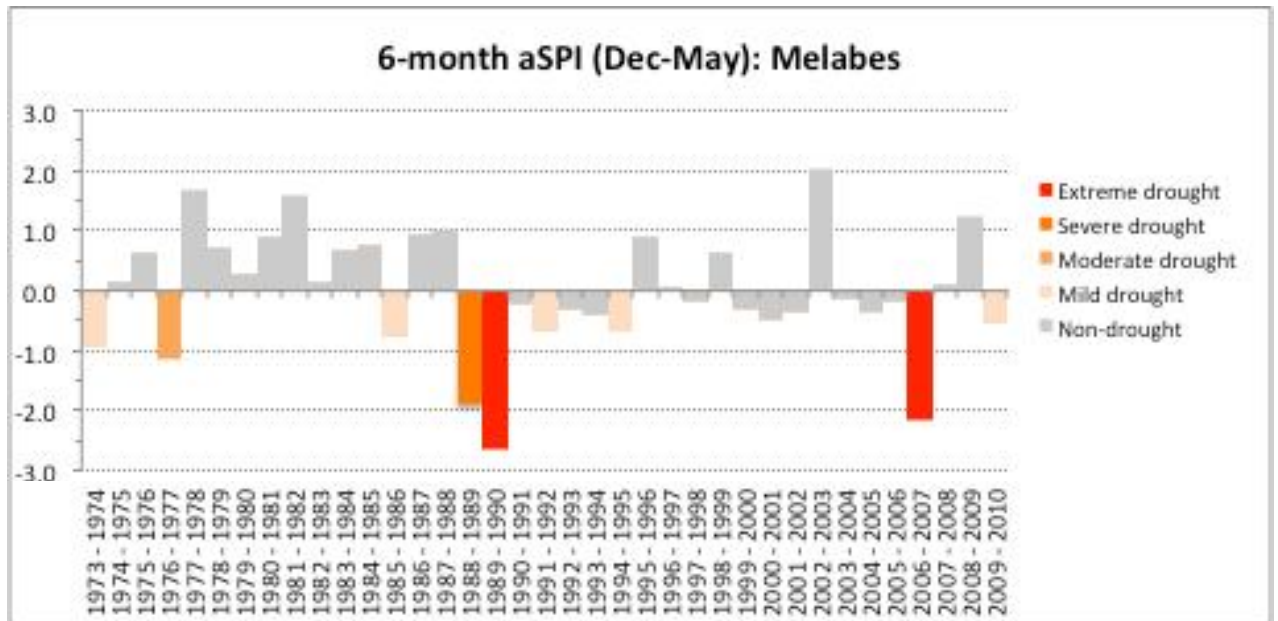


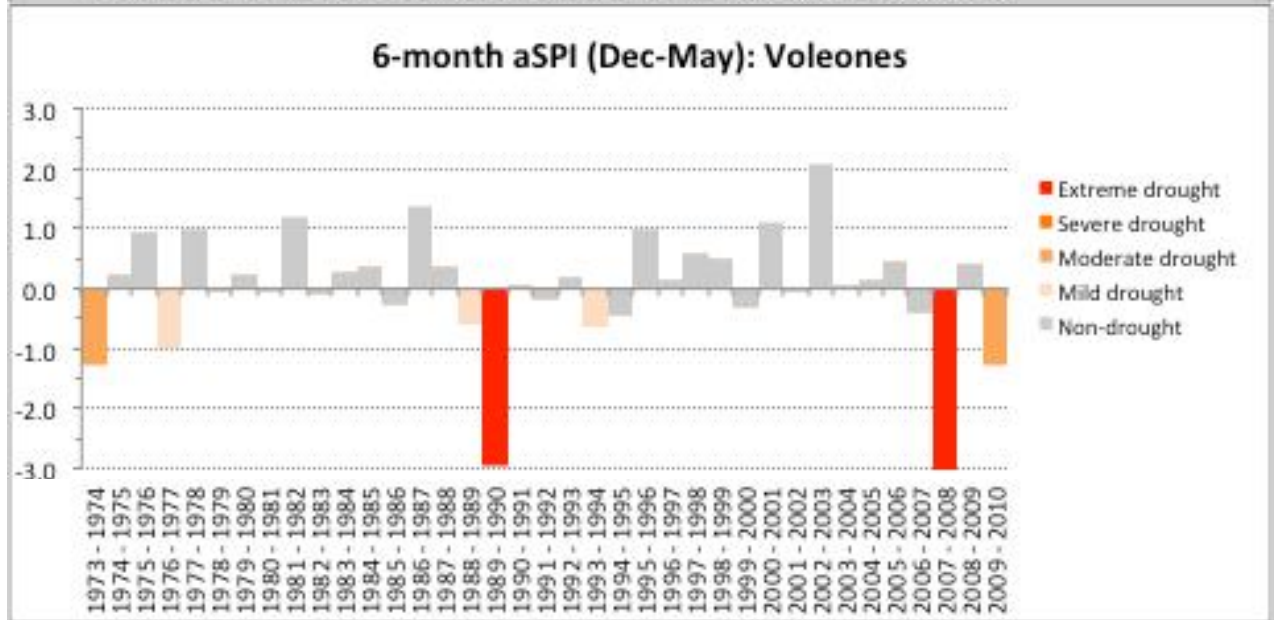
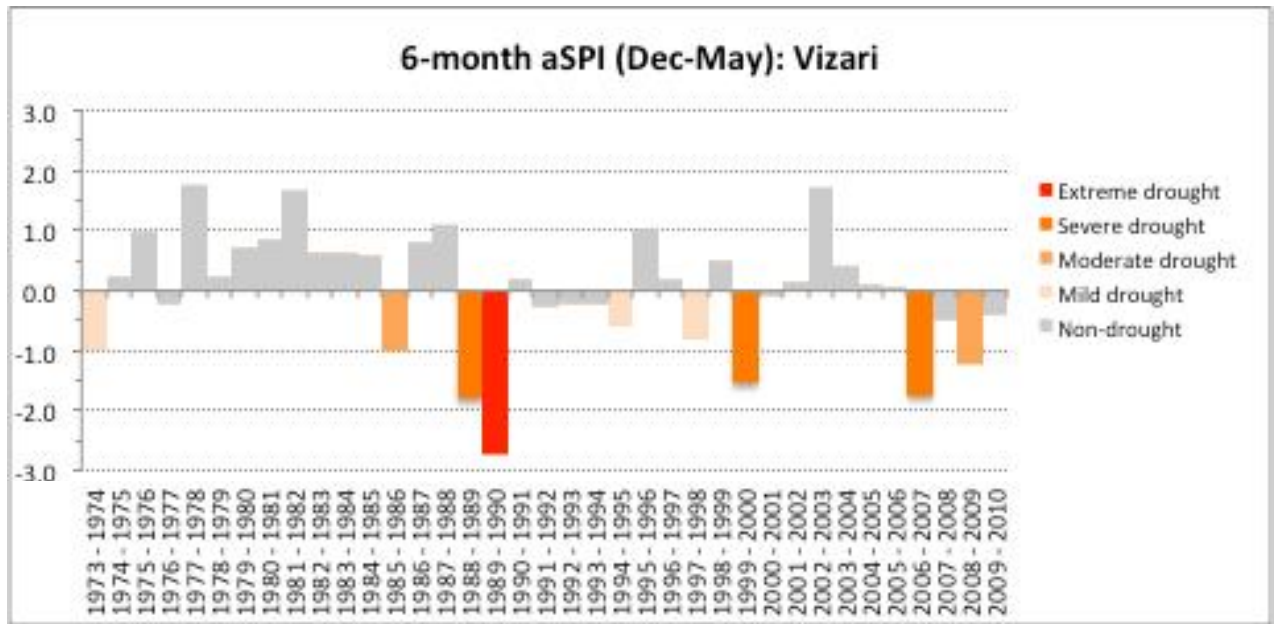
Ρέθυμνο











5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

5.1 Γενικά

Τα θέματα έλλειψης νερού για διάφορες καταναλώσεις που συνεχώς αυξάνονται λόγω της αύξησης του πληθυσμού στις πόλεις και του υψηλότερου επιπέδου διαβίωσης αλλά και των αναγκών σε νερό για άρδευση γεωργικών εκτάσεων και των αναγκών για τουρισμό που επίσης αυξάνει τις τελευταίες δεκαετίες, έχουν αποτελέσει αντικείμενο εγρήγορσης της διεθνούς κοινότητας. Το γεγονός αυτό αποτελεί κυρίαρχο θέμα στις συνδιασκέψεις του ΟΗΕ και της Ευρωπαϊκής Ένωσης με έξαρση τελευταία των θεμάτων αυτών λόγω της κλιματικής αλλαγής.

Ήδη από το 1977 στη συνδιάσκεψη στην Mar del Plata και λίγα χρόνια αργότερα στο Rio de Janeiro η έλλειψη νερού και η διαχείριση της με ολοκληρωμένο και διατηρήσιμο τρόπο, ήταν το κεντρικό θέμα ανάμεσα σε άλλα σημαντικά για τον πλανήτη θέματα.

Σύμφωνα με τον ΟΗΕ μια χώρα (και επομένως η γεωγραφική της περιοχή) θεωρείται ότι δέχεται πιέσεις (stress) αν δεν διαθέτει τουλάχιστον 1000 m³ ανά άτομο και έτος (1000m³/c/y). Ως εντονα ελλειμματικές σε υδατικούς πόρους (έντονη λειψυδρία - severe water scarcity) χαρακτηρίζονται οι χώρες που διαθέτουν λιγότερο από 500 m³/c/y).

Τα όρια και οι διαπιστώσεις των διεθνών οργανισμών απεικονίζονται καλύτερα στον πίνακα που ακολουθεί που προτάθηκε από την Falkenmark et al το 1989 και υιοθετήθηκε σε μεγάλο βαθμό για την ταξινόμηση των χωρών όσον αφορά στην κατάσταση τους σε σχέση με την έλλειψη νερού (Πιν. 5.1).

Πίνακας 5.1 Όρια κατάταξης των χωρών σε σχέση με τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους

Διαθεσιμότητα (m ³ /c/y)	Επίπεδο πίεσης (stress level)
>1700	Χωρίς πίεση
1000- 1700	Μέτρια πίεση
500- 1000	Υψηλή πίεση
< 500	Ακραία πίεση

5.2 Χωρική και Χρονική Βάση Ανάλυσης Λειψυδρίας

Όπως έχει ήδη αναφερθεί λειψυδρία είναι το φαινόμενο της ύπαρξης ενός σημαντικού ελλείμματος για την κάλυψη της ζήτησης νερού για διάφορες χρήσεις για σημαντικό χρονικό διάστημα που επηρεάζει μια σημαντική χωρική ενότητα.

Γίνεται φανερό ότι η λειψυδρία μπορεί να είναι ένα μόνιμο ή παροδικό (ή και επαναλαμβανόμενο) φαινόμενο για μια περιοχή που περιγράφεται από τους διεθνείς όρους «water scarcity» και «water shortage», αντίστοιχα.

Για την καλύτερη κατανόηση και αξιολόγηση του φαινομένου της λειψυδρίας πρέπει να καθορίζονται τόσο η έκταση (χωρική βάση) όσο και η χρονική περίοδος που εξετάζεται. Στις περισσότερες περιπτώσεις (εκτός ειδικών απαιτήσεων), η χωρική βάση της λειψυδρίας είναι το σύστημα διαχείρισης υδατικών πόρων (water system) που περιλαμβάνει τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους, τις καταναλώσεις και τα σημαντικά σημεία περιβάλλοντος. Όσον αφορά στην χρονική περίοδο αυτή στις πλείστες των περιπτώσεων συνήθως λαμβάνεται το υδρολογικό έτος που περιλαμβάνει ένα διακριτό στο χρόνο κύκλο του νερού. Η περίοδος αυτή ενδέχεται να είναι μεγαλύτερη του έτους σε περίπτωση ύπαρξης μεγάλων υπόγειων υδροφορέων ή μεγάλων επιφανειακών ταμιευτήρων αποθήκευσης υπερετήσιας ρύθμισης.

Αναλύοντας περαιτέρω το θέμα της χωρικής βάσης, αυτή μπορεί να είναι μια μεγάλη έκταση που αντιστοιχεί σε μια υδρογεωλογική λεκάνη. Όπως προηγούμενα αναφέρθηκε στην περίπτωση της αξιολόγησης και της διαχείρισης της ξηρασίας, η χωρική βάση που προτάθηκε βασίσθηκε στην υιοθέτηση της ομάδας υπολεκανών που αποτελείται από ένα αριθμό γειτονικών υπολεκανών στην οποία μπορούν με ικανοποιητικό βαθμό αξιοπιστίας να μεταφέρονται τα απαραίτητα μετεωρολογικά στοιχεία που χαρακτηρίζουν τα φαινόμενα ξηρασίας. Στην περίπτωση όμως της αξιολόγησης και της διαχείρισης της λειψυδρίας οι ομάδες αυτές δεν μπορούν πάντα να συμπεριλαμβάνουν τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους οι οποίοι μπορούν να αναφέρονται σε ευρύτερους υπόγειους υδροφορείς που εκτείνονται (αλλά και αξιοποιούνται από) χωρικά σε πολύ μεγαλύτερες γεωγραφικές εκτάσεις.

Ως συμπέρασμα και ιδίως για την Κρήτη όπου σημαντικοί υδατικοί πόροι προέρχονται από μεγάλους υπόγειους υδροφορείς, είναι πολύ δύσκολο αν όχι αδύνατο, η χωρική βάση των φαινομένων ξηρασίας να συμπίπτει με τη χωρική βάση των φαινομένων λειψυδρίας.

Το θέμα αυτό θα απασχολήσει τη μελετητική ομάδα και στο δεύτερο στάδιο της μελέτης για τη διαμόρφωση των συστημάτων διαχείρισης ξηρασίας και λειψυδρίας. Σημειώνεται ότι τα δύο φαινόμενα (ξηρασία και λειψυδρία) έχουν άμεση ιεραρχική σχέση αφού η ξηρασία είναι συνήθως η κύρια πρόκληση φαινομένων λειψυδρίας. Δεν πρέπει όμως να λησμονείται ότι η λειψυδρία σε μια περιοχή μπορεί να προέρχεται από την ξηρότητα του κλίματος (aridity) ή από την κακή διαχείριση των διαθέσιμων υδατικών πόρων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η λειτουργία ενός ταμιευτήρα νερού που έχει σχεδιασθεί για υπερετήσια ρύθμιση και συγκεκριμένη εγγυημένη ετήσια απόληψη, που λόγω μιας πλούσιας σε βροχοπτώσεις χρονιάς, δίνει τη δυνατότητα πολύ μεγαλύτερων απολήψεων κατά τη χρονιά αυτή. Αν

αυτό πραγματοποιηθεί είναι πολύ πιθανόν τα επόμενα χρόνια ο ταμιευτήρας να μην μπορεί να αποδώσει την εγγυημένη ετήσια απόληψη (με τη συγκεκριμένη πιθανότητα αστοχίας) σύμφωνα με τον σχεδιασμό του ταμιευτήρα.

5.2 Δείκτες Λειψυδρίας

Για την αξιολόγηση των συνθηκών λειψυδρίας μιας χωρικής ενότητας έχουν κατά καιρούς προταθεί διάφοροι δείκτες τόσο για τις συνθήκες μόνιμης όσο και για τις συνθήκες παροδικής λειψυδρίας. Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται οι πιο δημοφιλείς δείκτες λειψυδρίας.

5.2.1 Δείκτης Έκμετάλλευσης Νερού WEI (Water Exploitation Index)

Ο Δείκτης Έκμετάλλευσης Νερού [Water Exploitation Index (WEI)], υπολογίζεται για μεγάλη χρονική περίοδο (π.χ. 20ετία) σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού ως ο λόγος της συνολικής ετήσιας απόληξης νερού [Total Water Abstraction (TWA)] προς τη μέση υπερετήσια διαθεσιμότητα υδατικών πόρων της ίδιας χρονικής περιόδου [MWA (Mean Water Availability)]:

$$WEI = TWA / MWA$$

Ο δείκτης WEI ουσιαστικά δείχνει το βαθμό που η συνολική ζήτηση νερού ασκεί πίεση στους διαθέσιμους υδατικούς πόρους μιας ευρείας περιοχής ή χώρας. Δηλαδή ο δείκτης WEI αναδεικνύει εκείνες τις περιοχές μιας χώρας στις οποίες η ζήτηση νερού καλύπτει μεγάλο ποσοστό των διαθέσιμων υδατικών πόρων.

Ως γεωγραφική ενότητα στην οποία μπορεί να εφαρμόζεται ο WEI, θεωρείται το υδατικό διαμέρισμα (water district) ή ολόκληρη χώρα. Όμως ο δείκτης μπορεί να εφαρμόζεται και σε μικρότερες γεωγραφικές εκτάσεις όπως οι λεκάνες απορροής του Σχεδίου Διαχείρισης Υδατικών Πόρων (ΣΛΑΠ) ή ακόμη και σε ομάδες υπολεκανών της λεκάνης απορροής. Στην τελευταία περίπτωση κρίσιμο στοιχείο για την αξιοπιστία της μεθόδου είναι ο αξιόπιστος καθορισμός των μεγεθών της συγκεκριμένης ομάδας υπολεκανών που απομονώνονται από τις γειτονικές υπολεκάνες. Με άλλα λόγια ο Δείκτης WEI ενδείκνυται να εφαρμόζεται σε υδατικά συστήματα όπου όλες οι εισοδοί και οι έξοδοι μετρώνται ή εκτιμώνται αξιόπιστα.

Με βάση τον δείκτη αυτό καθορίζονται επίπεδα εγρήγορσης ως εξής:

- για τιμές του WEI κάτω από 20% υπάρχει επάρκεια στη διαθεσιμότητα υδατικών πόρων σε σχέση με τη ζήτηση (no water stress),
- για τιμές του WEI μεταξύ 20% και 40%, υπάρχει σχετική ανεπάρκεια στη διαθεσιμότητα υδατικών πόρων (water stress)

- και για τιμές του WEI άνω του 40% υπάρχει σοβαρή ανεπάρκεια στη προσφορά διαθεσιμότητα υδατικών πόρων (severe water stress).

Η Ελλάδα (ώς ενιαία γεωγραφική ενότητα) με βάση τα στοιχεία της EUROSTAT βρίσκεται περίπου στη μέση της κατάταξης μεταξύ των χωρών που έχουν μελετηθεί, με τιμή του δείκτη WEI ίση με 13,25% και σε επίπεδο εγρήγορσης για το οποίο υπάρχει επάρκεια στην προσφορά υδατικών πόρων (no water stress).

Όπως γίνεται φανερό η ανάλυση των συνθηκών διαθεσιμότητας υδατικών πόρων σε επίπεδο χώρας είναι αδρομερής και αποκρύπτει την ανομοιομορφία των συνθηκών που επικρατούν σε διάφορες περιοχές της χώρας.

Είναι δηλαδή προφανές ότι ο δείκτης εφαρμοζόμενος σε τέτοια χωρική κλίμακα δεν μπορεί να αναδείξει ενδεχόμενες υψηλές πιέσεις της ζήτησης νερού στους διαθέσιμους υδατικούς πόρους που αναπτύσσονται τοπικά όπως για παράδειγμα σε χωρικό επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού. Επίσης, δεν λαμβάνει υπόψη τις ποσότητες νερού που απαιτούνται για τη διατήρηση του περιβάλλοντος, ούτε και τις επιστροφές νερού στο σύστημα από τις διάφορες χρήσεις του.

5.2.2 Δείκτης WEI⁺

Τα τελευταία χρόνια κυρίως σε ερευνητικό επίπεδο διαμορφώνονται δείκτες λειψυδρίας που βασίζονται σε παραλλαγές του δείκτη WEI. Ο πιο διαδεδομένος από αυτούς είναι ο δείκτης WEI⁺, ο οποίος βρίσκεται σε διαδικασία ενσωμάτωσης στα κείμενα εφαρμογής της Οδηγίας για τη διαχείριση των Υδατικών Πόρων της Ε.Ε.(Guidance documents) που καλύπτει την ευρωπαϊκή πολιτική σε θέματα αντιμετώπισης ξηρασιών. Ειδικότερα ο δείκτης WEI⁺ έχει εφαρμοστεί σε διάφορες πιλοτικές λεκάνες απορροής ποταμών και τα αποτελέσματα της άσκησης οδήγησαν την Ομάδα των Εμπειρογνομώνων για την Ανάπτυξη Δεικτών Ξηρασίας και Λειψυδρίας (Expert Group on Water Scarcity and Drought Indicators) στην απόφαση να συμπεριληφθεί ο δείκτης στο προτεινόμενο σύστημα δεικτών.

Η μορφή του δείκτη WEI⁺ είναι ο λόγος της συνολικής απόληψης νερού προς τους συνολικά διαθέσιμους υδατικούς πόρους σε συγκεκριμένο χρονικό βήμα (π.χ. ετήσιο):

$$WEI^+ = TWA / RWA$$

- TWA (Total Water Abstraction): Συνολική ποσότητα απόληψης νερού για όλες τις χρήσεις (ύδρευση, βιομηχανία, 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 υδατικών πόρων που είναι διαθέσιμη και εκφράζεται ως

$$RWA = D + I - WR + R$$

Όπου:

D (internal flow): Συνολική φυσική εισροή στη λεκάνη απορροής που εκφράζεται ως η διαφορά του ύψους των κατακρημνισμάτων μείον την πραγματική εξατμισοδιαπνοή της λεκάνης απορροής,

I (external inflow): Συνολική απορροή που εισέρχεται από γειτονικές λεκάνες (επιφανειακά ή υπόγεια) ή και παραγωγή ποσοτήτων νερού με αφαλάτωση, που συνεισφέρουν στο υδατικό δυναμικό (θετική για εισροή από γειτονικές λεκάνες και 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, τη ναυσιπλοΐα, καθώς και για την εκπλήρωση διεθνών συνθηκών εφόσον υπάρχουν,

R (returned water): Όγκος νερού που επιστρέφει 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 βελτιωμένη μορφή του WEI με στόχο να ληφθεί υπόψη η απαιτούμενη ποσότητα νερού για την προστασία του περιβάλλοντος καθώς και οι επιστροφές ποσοτήτων νερού στο σύστημα για κατανάλωση.

Τέλος, το χρονικό βήμα υπολογισμού του δείκτη αποτελεί ένα επιπλέον σημείο που απαιτεί προσοχή. Στην περίπτωση που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ταμίευση του νερού σε υπόγειους υδροφορείς, ταμιευτήρες και χιόνι, το χρονικό βήμα θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο του έτους. Σε κάθε περίπτωση εάν ληφθεί υπόψη ως χρονικό βήμα υπολογισμού το έτος, αυτό θα πρέπει να είναι το υδρολογικό που για το Μεσογειακό κλίμα που ξεκινά την 1^η Οκτωβρίου. Επομένως, η εφαρμογή του δείκτη σε λεκάνες απορροής στις οποίες τα υπόγεια ανανεώσιμα αποθέματα δεν είναι πλήρως εκμεταλλεύσιμα οδηγεί σε υποτίμηση των συνθηκών λειψυδρίας.

Σε ότι αφορά τον προσδιορισμό των απαιτήσεων σε οικολογική παροχή, θεωρείται ότι η ελάχιστη αυτή παροχή υπολογίζεται ανά λεκάνη απορροής (ή ομάδα υπολεκανών) με βάση την ακόλουθη σειρά βημάτων: Με καθορισμένη την ελάχιστη οικολογική παροχή για μια λεκάνη απορροής με έγκριση περιβαλλοντικών όρων, η προτεινόμενη παροχή υιοθετείται (ως ετήσια ποσότητα). Αυτό είναι απαραίτητο ώστε η προσέγγιση να είναι συνεπής σε σχέση με άλλους τομείς των Σχεδίων Διαχείρισης. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση που υπάρχει προτεινόμενη οικολογική παροχή μέσω τεκμηριωμένης μελέτης, η οποία βρίσκεται ακόμα στο στάδιο της περιβαλλοντικής αδειοδότησης.

Τέλος, όπου τα παραπάνω δεν εφαρμόζονται διότι δεν έχει προσδιορισθεί ή προταθεί το ύψος της οικολογικής παροχής για τη λεκάνη απορροής ή την ομάδα υπολεκανών

απορροής, για την εκτίμηση της οικολογικής παροχής αξιοποιείται η μεθοδολογία που υιοθετείται συνήθως στα Σχέδια Διαχείρισης για την αξιολόγηση της έντασης της πίεσης απόληψης από ποτάμια υδάτινα σώματα. Πιο συγκεκριμένα ως αποδεκτή τιμή απόληψης για να ικανοποιούνται οι περιβαλλοντικές απαιτήσεις θεωρείται το 50% του λόγου της θερινής απόληψης προς τη μέση τιμή του θερινού όγκου απορροής υπό φυσικές συνθήκες. Ως θερινή απορροή διευκρινίζεται ότι λαμβάνεται η μέση τιμή της απορροής του τριμήνου Ιουλίου – Σεπτεμβρίου.

5.2.3 Water Poverty Index (WPI)

Ένας λεπτομερής δείκτης που αποτυπώνει με ένα ολοκληρωμένο τρόπο τη σχέση διαθεσιμότητας νερού και αξιοποίησης του για κατανάλωση είναι ο Δείκτης Υδατικής Φτώχειας (water Poverty Index) που προτάθηκε από τους Sullivan et al το 2002.

Ο Δείκτης WPI προκύπτει από τον σταθμισμένο μέσο όρο 5 μεγεθών: Διαθεσιμότητας υδατικών πόρων (Resource - R), Βαθμού ανάπτυξης υποδομών μεταφοράς και διανομής (Access- A), Ικανότητα αξιοποίησης που στηρίζεται στο ανθρώπινο δυναμικόν και την οικονομική δυνατότητα (Capacity- C), Χρήση και επιπτώσεις στην οικονομία (Use- U), και Περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σχέση με τη διατηρήσιμη οικολογική κατάσταση (Environmental- E).

Η εξίσωση του δείκτη WPI είναι:

$$WPI = \frac{W_1 R + W_2 A + W_3 C + W_4 U + W_5 E}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5}$$

Όπου W_i , με i ακέραιο που ανήκει 1(1)5 είναι τα βάρη σπουδαιότητας κάθε μεγέθους (από το 0 (ελάχιστο) μέχρι το 100 (μέγιστο)).

Λεπτομέρειες υπολογισμού του δείκτη βρίσκονται στο αρχικό άρθρο των Sullivan et al (2002) και σε πολλά άλλα άρθρα και εγχειρίδια (π.χ. Sullivan & Meigh, 2007).

5.2.4 Δείκτης Rex

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης (όπως παρουσιάσθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο), με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία και τη σχετική επεξεργασία προσδιορίστηκε για κάθε υδρογεωλογική λεκάνη ένας δείκτης που ισούται με τον

λόγο της ετήσιας απώληψης (αντλήσεις) προς τη μέση ετήσια τροφοδοσία από βροχοπτώσεις της κάθε υδρογεωλογικής λεκάνης.

Ο δείκτης αυτός (Rex) ορίζεται με την ακόλουθη εξίσωση και αποτελεί ενδεικτικό μέτρο λειψυδρίας:

$$Rex = \frac{D}{eP}$$

Όπου D ο μέσος όρος των ετήσιων απολήψεων από τον υδροφόροα (m^3)

e = ο λόγος του τμήματος του ετήσιου ύψους βροχής που καταλήγει στον υδροφόρο ορίζοντα μέσω της κατακόρυφης διήθησης στην υδρογεωλογική λεκάνη διά του ετήσιου ύψους βροχής (-)

P = ο μέσος όρος των συνολικών ετήσιων όγκων βροχής στην επιφάνεια της υδρογεωλογικής λεκάνης (m^3).

6. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ

6.1 Εισαγωγή

Μετά την ανάλυση των χαρακτηριστικών της ξηρασίας και την εκτίμηση της με βάση μια σειρά δεικτών, σημαντικό κεφάλαιο αποτελεί ο Σχεδιασμός ενός αξιόπιστου συστήματος παρακολούθησης της ξηρασίας σε μια γεωγραφική περιοχή όπως η Κρήτη.

Για το σχεδιασμό ενός τέτοιου συστήματος εκτός της θεωρητικής ανάλυσης χρήσιμες πληροφορίες μπορούν να αντληθούν από συστήματα παρακολούθησης της ξηρασίας άλλων κρατών σε άλλες γεωγραφικές περιοχές. Ιδιαίτερη σημασία έχει εδώ η συμβατότητα του συστήματος παρακολούθησης της ξηρασίας στην Κρήτη κυρίως με αυτό της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Για τον σκοπό αυτό σε αυτό στο Κεφάλαιο παρουσιάζονται πληροφορίες από Συστήματα άλλων χωρών που βρίσκονται σε λειτουργία ή σε φάση ολοκλήρωσης.

Σημαντικές ακόμη πληροφορίες μπορούν να αντληθούν από τις προσπάθειες των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης να αντιμετωπίσουν τα θέματα ξηρασίας και λειψυδρίας μέσα στο πλαίσιο των υποχρεώσεων εφαρμογής της Οδηγίας 2000/60 και κυρίως κατά τη δεύτερη φάση εφαρμογής της (αναθεωρημένα σχέδια διαχείρισης). Κατά την πρώτη φάση εφαρμογής της Οδηγίας τα θέματα ξηρασίας και λειψυδρίας αντιμετωπίστηκαν επιφανειακά και χωρίς ουσιαστικά αποτελέσματα για τη πλειονότητα των κρατών μελών της ΕΕ.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το Σύστημα παρακολούθησης τη ξηρασίας σχετίζεται άμεσα με το σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης ώστε προληπτικά να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα για την αντιμετώπιση των δυσμενών συνθηκών που προκαλούνται από την έλλειψη νερού για τις διάφορες χρήσεις. Συνεπώς το Κεφάλαιο αυτό ασχολείται με το Σύστημα παρακολούθησης έχοντας ως στόχο αυτό το σύστημα να οδηγεί μετά τις αναγκαίες προσθήκες με το Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης.

6.2 Παρακολούθηση της ξηρασίας (Drought monitoring)

Η παρακολούθηση της ξηρασίας (drought monitoring) αποτελεί τη βασική δράση για τη διαμόρφωση των προϋποθέσεων πρόβλεψης ενός πιθανού επεισοδίου ξηρασίας και την κατάρτιση του κατάλληλου πλαισίου προστασίας (Bordi and Sutera 2007). Κύριος στόχος ενός συστήματος παρακολούθησης της ξηρασίας είναι η παροχή υποστηρικτικών εργαλείων στα κέντρα λήψης αποφάσεων, ώστε να μπορούν να

αναγνωριστούν τα πιθανά επεισόδια ξηρασίας και να ληφθούν μέτρα αντιμετώπισης (Rossi 2003).

Τα κέντρα λήψης αποφάσεων χρειάζονται έγκαιρη και ακριβή πληροφόρηση σχετικά με την εξέλιξη των συνθηκών ξηρασίας, προκειμένου να προβούν στις απαραίτητες ενέργειες μόλις γίνει αντιληπτή η έναρξη του φαινομένου. Επίσης, είναι απαραίτητη η τροφοδότηση στοιχείων που αφορούν στο επίπεδο έντασης της ξηρασίας, ώστε να εφαρμοστούν τα αντίστοιχα σχέδια αντιμετώπισης των επιπτώσεων. Προκειμένου να έχει αποτελεσματικότητα, λαμβάνοντας υπόψη και την αργή εξέλιξη του φαινομένου, η παρακολούθηση της ξηρασίας πρέπει να αποτελεί μία αδιάλειπτη διαδικασία, ώστε να μην αφήνει περιθώρια σώρευσης των επιπτώσεων του φαινομένου.

Για να δημιουργηθούν οι προϋποθέσεις λήψης των απαραίτητων αποφάσεων για επιχειρησιακή δράση, η παρακολούθηση της ξηρασίας πρέπει να εντάσσεται σε ένα ευρύτερο σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης. Γενικότερα, κατά τον σχεδιασμό ενός συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης για φυσικές καταστροφές πρέπει να λαμβάνεται ουσιαστικά υπόψη ο ανθρώπινος παράγοντας. Τέσσερα βασικά στοιχεία που μπορούν να ενισχύσουν την αποδοτικότητα ενός τέτοιου συστήματος είναι (UN 2006):

- η γνώση της υφιστάμενης διακινδύνευσης
- η ύπαρξη υπηρεσιών τεχνικής παρακολούθησης και προειδοποίησης
- η παροχή πρακτικά χρήσιμης πληροφόρησης στις επαπειλούμενες πληθυσμιακές ομάδες
- η επαγρύπνηση του κοινού και η ετοιμότητα για δράση.

Ο σημαντικός ρόλος που μπορεί να παίξει ένα σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της ξηρασίας έχει συζητηθεί αρκετά κατά τα τελευταία χρόνια στην επιστημονική κοινότητα. Παρόλα αυτά, ο αριθμός των συστημάτων που βρίσκονται σήμερα σε λειτουργία είναι περιορισμένος και ακόμα λιγότερα είναι αυτά που λειτουργούν επιχειρησιακά. Βασικές αιτίες που φαίνεται να συντελούν στη δυσκολία ανάπτυξης αυτών των συστημάτων είναι :

- η ανεπάρκεια, σε πολλές χώρες, δικτύων μετεωρολογικών και υδρολογικών σταθμών (πυκνότητα σταθμών, ποιότητα και πληρότητα των δεδομένων, κλπ.)
- τα προβλήματα ανταλλαγής και διάθεσης δεδομένων μεταξύ διαφορετικών υπηρεσιών και το υψηλό κόστος των δεδομένων

- το γεγονός ότι η διαδικασία μόνιμης παρακολούθησης των υδρομετεωρολογικών συνθηκών και της κατάστασης των υδατικών αποθεμάτων αποτελεί συνήθως αντικείμενο αρκετών φορέων, με διαφορετικά αντικείμενα και στόχους, συνεπώς απαιτείται ιδιαίτερη προσπάθεια για να υπάρξει συνεργασία και συντονισμός
- η έλλειψη μακροχρόνιων χρονοσειρών δεδομένων για τον προσδιορισμό των ιστορικών χαρακτηριστικών της ξηρασίας
- οι δυσκολίες στην έγκαιρη λήψη δεδομένων για διάφορους λόγους (έλλειψη συστημάτων απομακρυσμένης λήψης στοιχείων, ελλιπής συντονισμός - συνεργασία μεταξύ φορέων, ανεπάρκεια καθορισμένων διαδικασιών λήψης και επεξεργασίας των δεδομένων, κλπ.)
- οι καθυστερήσεις στην έγκαιρη επικοινωνία των αποτελεσμάτων προς τους τελικούς χρήστες
- η έλλειψη διεθνώς καθορισμένων προτύπων για τον υπολογισμό δεικτών ξηρασίας, εξαιτίας των διαφορετικών ορισμών του φαινομένου
- τα αποτελέσματα των συστημάτων έγκαιρης πρόβλεψης μπορεί να παρουσιάζονται σε μορφή που δεν είναι κατανοητή στους αρμόδιους φορείς για τη λήψη αποφάσεων
- η έλλειψη μεθοδολογίας για τον προσδιορισμό των επιπτώσεων δυσχεραίνει την εξαγωγή αξιόπιστων εκτιμήσεων και την ενεργοποίηση των κατάλληλων μέτρων ή προγραμμάτων αντιμετώπισης

Επειδή ο προσδιορισμός των συνθηκών ξηρασίας απαιτεί τη συλλογή, μετάδοση, αποθήκευση, επεξεργασία και διάχυση ενός σημαντικού όγκου πληροφοριών, η επιλογή των κατάλληλων δεδομένων και ο συντονισμός διαφόρων πηγών πληροφορίας αποτελούν κρίσιμα θέματα για την ανάπτυξη ενός αποτελεσματικού συστήματος παρακολούθησης. Σύμφωνα με τον Rossi (2003), για τη διαμόρφωση του συστήματος χρειάζεται να εξεταστούν τα ακόλουθα ζητήματα:

- Η επιλογή των κατάλληλων δεικτών για τον προσδιορισμό των συνθηκών ξηρασίας, καθώς και το επίπεδο διακινδύνευσης. Αυτοί οι δείκτες πρέπει να χρησιμοποιούν λίγες παραμέτρους και να επιτρέπουν την απεικόνιση, των χωρικών και χρονικών διακυμάνσεων της ξηρασίας. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να απλοποιηθεί η επικοινωνία με τα κέντρα λήψης αποφάσεων.
- Ο προσδιορισμός των δικτύων σταθμών μέτρησης που μπορούν να παρέχουν

επαρκείς πληροφορίες (χωρικά και χρονικά) για τις απαραίτητες παραμέτρους (μετεωρολογικές, υδρολογικές κλπ.). Οι φορείς διαχείρισης και λειτουργίας των σταθμών είναι ένας παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη για την εξέταση των δυνατοτήτων διασύνδεσης των σταθμών και τη διαμόρφωση του δικτύου.

- Ο ορισμός των σταθμών – δικτύων μέτρησης για την παρακολούθηση της κατάστασης των υδατικών πόρων (ταμειυτήρες, υδροφορείς)
- Ο ορισμός των ελάχιστων δεδομένων σχετικά με την κατανάλωση νερού και την αναμενόμενη ζήτηση (περιοδική πληροφόρηση από τις αρμόδιες υπηρεσίες παροχής νερού) και ο ορισμός του βασικού δικτύου για την συλλογή και επεξεργασία αυτής της πληροφορίας.
- Η δημιουργία της οργανωτικής δομής και του συστήματος πληροφοριών με δυνατότητα να αντλεί σε πραγματικό χρόνο τα απαραίτητα δεδομένα (μετεωρολογικά, υδρολογικά κλπ.) και να αποστέλλει εγκαίρως τις απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες ξηρασίας στα αρμόδια κέντρα λήψης αποφάσεων.
- Ο ορισμός των μοντέλων αξιολόγησης των συνθηκών ξηρασίας και προσδιορισμός του επιπέδου των διαθέσιμων υδατικών αποθεμάτων κάτω από το οποίο θα κηρύσσεται κατάσταση επαγρύπνησης (alert conditions) ή κατάσταση έκτακτης ανάγκης (emergency conditions).

6.3 Σχεδιασμός ενός δικτύου παρακολούθησης της ξηρασίας

Όπως ήδη αναφέρθηκε, το δίκτυο των σταθμών που θα χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της ξηρασίας αποτελεί βασικό στοιχείο για την άρτια και αποτελεσματική λειτουργία ενός συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης. Σύμφωνα με τον Wilhite (2005), η βελτίωση των υφιστάμενων μετεωρολογικών δικτύων και η δημιουργία νέων αποτελεί τομέα προτεραιότητας για την υποστήριξη της διαδικασίας παρακολούθησης της ξηρασίας. Στη συνέχεια αναπτύσσονται οι βασικές αρχές σχεδιασμού ενός μετεωρολογικού δικτύου παρακολούθησης της ξηρασίας, με έμφαση στη χρήση δεικτών όπως ο SPI και ο RDI.

Η κύρια μετεωρολογική παράμετρος που χρησιμοποιείται στους δείκτες ξηρασίας είναι τα *ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (precipitation)* σε κάθε μορφή (βροχόπτωση, χιονόπτωση, κλπ.). Η δεύτερη σημαντική παράμετρος είναι η *δυναμική εξατμισοδιαπνοή*, η οποία προσδιορίζεται έμμεσα /από μετρήσεις άλλων μεταβλητών, όπως η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, η ταχύτητα ανέμου, κλπ. Ο

υπολογισμός της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους, ανάλογα και με τη διαθεσιμότητα των σχετικών μετεωρολογικών δεδομένων, αν και οι μέθοδοι που απαιτούν μόνο θερμοκρασιακά δεδομένα μπορεί κατά περίπτωση να θεωρηθούν επαρκείς. Οι περισσότεροι δείκτες ξηρασίας χρησιμοποιούν μηνιαίες, εποχικές και ετήσιες περιόδους αναφοράς, βάσει των αθροιστικών τιμών των μετεωρολογικών παραμέτρων. Έτσι, το ελάχιστο χρονικό βήμα στο οποίο θα πρέπει να διατίθενται τα δεδομένα μπορεί να είναι μηνιαίο.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι ελάχιστες απαιτήσεις για το σχεδιασμό ενός μετεωρολογικού δικτύου παρακολούθησης της ξηρασίας αφορούν σε ένα δίκτυο μηνιαίων βροχομετρικών και θερμοκρασιακών παρατηρήσεων. Δεδομένου ότι ο σχεδιασμός - κατασκευή των μετεωρολογικών δικτύων εξυπηρετεί συνήθως πολλαπλούς σκοπούς, εστιάζοντας στον προσδιορισμό της ξηρασίας μπορούν να επισημανθούν οι παρακάτω περιορισμοί:

- Η επιλογή των μετεωρολογικών σταθμών πρέπει να γίνει κατά κύριο λόγο από το υφιστάμενο δίκτυο.
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των σταθμών δεν μπορούν να καθοριστούν αποκλειστικά βάσει των απαιτήσεων για τις ανάγκες προσδιορισμού της ξηρασίας.
- Η βελτιστοποίηση του σχεδιασμού του δικτύου βάσει οικονομικών κριτηρίων δεν μπορεί να εφαρμοστεί πρακτικά.

Επειδή η χωρική διακύμανση της βροχόπτωσης είναι γενικά αρκετά μεγαλύτερη της θερμοκρασίας, ως κύρια παράμετρος για το σχεδιασμό του δικτύου μπορεί να θεωρηθεί η βροχόπτωση, περιορίζοντας το πρόβλημα στον σχεδιασμό του βροχομετρικού δικτύου. Το κρίσιμο σημείο στο σχεδιασμό του βροχομετρικού δικτύου είναι η επιλογή της χωρικής κλίμακας. Η ανάλυση της ξηρασίας μπορεί να γίνει σε χωρικές κλίμακες από μερικά km² έως μερικές εκατοντάδες km². Επομένως, η βασική μεταβλητή είναι η μέση χωρική βροχόπτωση (*Mean Areal Precipitation – MAP*) σε αυτές τις κλίμακες.

Ο σχεδιασμός του δικτύου αποτελεί ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης, στο οποίο επιδιώκεται η μεγιστοποίηση του καθαρού οφέλους. Το καθαρό όφελος εκτιμάται από τη μείωση της ζημιάς λόγω της έγκαιρης αποτύπωσης των συνθηκών ξηρασίας, και από το κόστος της κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης του δικτύου. Το καθαρό όφελος αυξάνει συναρτήσει της ακρίβειας υπολογισμού της MAP. Δεδομένου όμως ότι τα περισσότερα δίκτυα λειτουργούν ως πολλαπλού σκοπού, δεν είναι

δυνατή η βελτιστοποίηση μέσω της άμεσης συσχέτισης του οφέλους και της ακρίβειας της MAP. Το κριτήριο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον σχεδιασμό του δικτύου μπορεί να είναι η διατήρηση μίας ελάχιστης απαιτούμενης ακρίβειας. Κάτι τέτοιο απαιτεί δύο υπολογιστικά βήματα: την εκτίμηση της ακρίβειας της MAP για ένα δοκιμαστικό δίκτυο και τον ορισμό των απαιτήσεων ακρίβειας για τον σκοπό της εκτίμησης της ξηρασίας (Nalbantis et al. 2006).

Οι Nalbantis et al. (2006) πραγματοποίησαν ανασκόπηση διαφόρων μεθοδολογιών για την εκτίμηση της ακρίβειας της MAP, προκειμένου να επιλεγθεί η καταλληλότερη για τον συγκεκριμένο σκοπό. Η προσέγγιση που επιλέχθηκε έχει αναπτυχθεί στο National Polytechnic Institute της Grenoble (Γαλλία) από τους Lebel et al. (1987). Για τον σχεδιασμό του δικτύου εφαρμόζονται εργαλεία της γεωστατιστικής, όπως η μέθοδος kriging. Ο έλεγχος της μεθοδολογίας είχε πραγματοποιηθεί βάσει στοιχείων από μία πειραματική λεκάνη της νότιας Γαλλίας και από μία εφαρμογή ευρείας κλίμακας στο πλαίσιο του πειράματος HAPEX-Sahel στη δυτική Αφρική (Lebel and Le Barbe 1997).

Τα κύρια βήματα που ακολουθούνται για την εφαρμογή της μεθοδολογίας είναι (Nalbantis et al. 2006):

1. Εκτίμηση του εμπειρικού διαγράμματος ημιδιασποράς βάσει των διαθέσιμων δεδομένων
2. Προσαρμογή ενός μοντέλου στο εμπειρικό διάγραμμα ημιδιασποράς
3. Επιλογή ενός υποδικτύου ως υποψήφιο δίκτυο
4. Εκτίμηση του MSE της MAP.
5. Σύγκριση του MSE με την επιθυμητή ακρίβεια: εάν δεν πληρούνται οι προϋποθέσεις επαναλαμβάνεται η διαδικασία από το βήμα 3, ειδάλλως ο σχεδιασμός του δικτύου γίνεται αποδεκτός.

Το διάγραμμα ημιδιασποράς $\gamma(x_i - x_j)$ ορίζεται ως το ήμισυ της διασποράς των αποκλίσεων εντός του πεδίου μελέτης από ένα σημείο x_i σε ένα άλλο σημείο x_j . Η MAP υπολογίζεται ως γραμμική συνάρτηση των σημειακών βροχοπτώσεων, ενώ το MSE της MAP προσδιορίζεται με αναλυτικό τρόπο.

Για τον έλεγχο ενός υποψήφιου δικτύου, μπορούν να ακολουθηθούν τα ακόλουθα τυπικά βήματα υπολογισμού:

1. γίνεται εκτίμηση των παραμέτρων των εξισώσεων του συστήματος kriging για το υπό κλίμακα κλιματολογικό διάγραμμα ημιδιασποράς

2. προσδιορίζεται η υπό κλίμακα διακύμανση του σφάλματος της MAP και
3. η διακύμανση αυτή πολλαπλασιάζεται με τη διακύμανση του πεδίου για τον προσδιορισμό του MSE της MAP

Τα παραπάνω βήματα μπορούν να απλοποιηθούν ως εξής (Lebel and Le Barbe 1997):

1. εκτίμηση του εμπειρικού διαγράμματος ημιδιασποράς βάσει των δεδομένων από το υπάρχον δίκτυο
2. προσαρμογή ενός αναλυτικού μοντέλου στο εμπειρικό διάγραμμα ημιδιασποράς και εκτίμηση της απόστασης αποσυσχέτισης, η οποία ισούται με το εύρος του διαγράμματος ημιδιασποράς
3. επιλογή θέσεων σταθμών για το υποψήφιο δίκτυο
4. εκτίμηση της μέγιστης απόστασης μεταξύ των σταθμών
5. εάν αυτή η απόσταση είναι μικρότερη από το ήμισυ της απόστασης αποσυσχέτισης, ο σχεδιασμός του υποψήφιου δικτύου γίνεται αποδεκτός, ειδάλλως επαναλαμβάνεται η διαδικασία από το βήμα 3.

Σημειώνεται ότι η εφαρμογή της προαναφερθείσας μεθοδολογίας προϋποθέτει τις παραδοχές: α) ότι η μέση σημειακή βροχόπτωση έχει σταθερή συμπεριφορά σε χωρικό επίπεδο και β) ότι η βροχόπτωση παρουσιάζει ιστροπία. Οι παραδοχές αυτές μπορεί να μην ισχύουν σε περιοχές με έντονο ανάγλυφο και σημαντική χωρική διακύμανση στις κλιματικές συνθήκες. Κατάλληλες τροποποιήσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αυτές τις περιπτώσεις έχουν προταθεί και εφαρμοστεί σε μεσογειακές συνθήκες από τους Nalbantis and Tsakiris (2006).

Στο παράρτημα αυτού του Κεφαλαίου περιλαμβάνεται τμήμα της ανάλυσης για το Σχεδιασμό ενός αξιόπιστου δικτύου παρακολούθησης της ξηρασίας για την Κρήτη που είχε γίνει ως συμβολή στο Ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα SEDEMED II.

6.4 Συστήματα παρακολούθησης ξηρασίας και διεθνείς πρακτικές

Η ανάπτυξη συστημάτων παρακολούθησης της ξηρασίας κατά κανόνα συνδέεται με σχέδια διαχείρισης των επιπτώσεών της, που έχουν εκπονηθεί σε περιφερειακό ή εθνικό επίπεδο. Οι σύγχρονες εξελίξεις στην τεχνολογία συλλογής δεδομένων (αυτόματοι σταθμοί μέτρησης, δορυφορικά δεδομένα, κλπ.), αλλά και οι δυνατότητες που προσφέρει το διαδίκτυο για την άμεση και αποτελεσματική ενημέρωση όλων των ενδιαφερόμενων, αποτελούν βασικά εργαλεία για την περαιτέρω ανάπτυξη και αξιοποίηση των συστημάτων παρακολούθησης.

Ορισμένες χώρες, όπως η Η.Π.Α. και η Αυστραλία, έχουν αναπτύξει συστήματα παρακολούθησης τα οποία λειτουργούν επιχειρησιακά επί αρκετά χρόνια. Αντίστοιχες προσπάθειες έχουν γίνει και σε άλλες περιοχές, όπως η Βραζιλία και η Ν. Αφρική, με διαφορετικά επίπεδα επιχειρησιακής επιτυχίας. Επίσης, μετεωρολογικές υπηρεσίες και άλλοι οργανισμοί διαφόρων χωρών χρησιμοποιούν κλιματικούς δείκτες, όπως οι αποκλίσεις της βροχόπτωσης ή της θερμοκρασίας από τις μέσες τιμές, προκειμένου να επισημάνουν ακραία φαινόμενα. Συνήθως όμως, τέτοιες προσεγγίσεις δεν μπορούν να βοηθήσουν αποτελεσματικά τα κέντρα λήψης αποφάσεων στον εντοπισμό και την έγκαιρη αντιμετώπιση των επιπτώσεων της ξηρασίας (WMO 2006).

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένα παραδείγματα διεθνών πρακτικών για την ανάπτυξη συστημάτων παρακολούθησης της ξηρασίας.

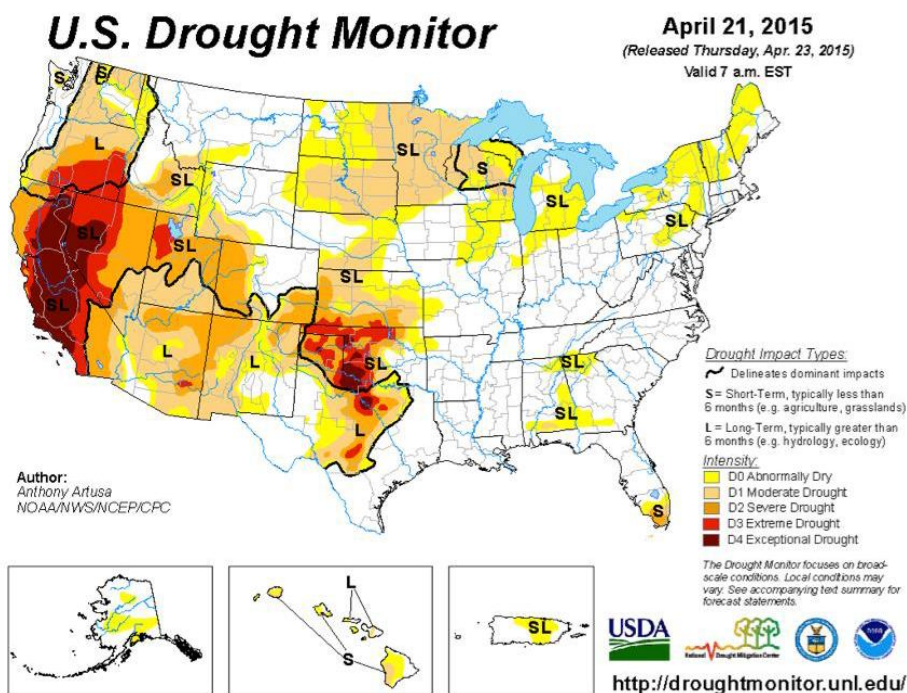
6.4.1 Παρακολούθηση ξηρασίας στις Η.Π.Α.

Το σύστημα παρακολούθησης που εφαρμόζεται στις Η.Π.Α. αποτελεί επιχειρησιακό πρόγραμμα που εφαρμόζεται από το 1999 με συνεργασία του Εθνικού Κέντρου Αντιμετώπισης Ξηρασίας (*National Drought Mitigation Center - NDMC*), με το Τμήμα Γεωργίας των Η.Π.Α. (*United States Department of Agriculture*) και τον Εθνικό Φορέα Ωκεανών και Ατμόσφαιρας (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) (USDM 2014). Το NDMC δημιουργήθηκε το 1995 με σκοπό την πληροφόρηση και την παροχή βοήθειας προς το κοινό και τους αρμόδιους φορείς ως προς την ανάπτυξη και την εφαρμογή μέτρων μείωσης της τρωτότητας των συστημάτων στην ξηρασία (NDMC 2014a).

Το σύστημα παρακολούθησης βασίζεται στην παραγωγή χαρτών ξηρασίας, με εβδομαδιαία συχνότητα, που καλύπτουν χωρικά το σύνολο των Η.Π.Α. Οι χάρτες βασίζονται στη μέτρηση κλιματικών, υδρολογικών και εδαφικών συνθηκών, αλλά και σε αναφορές και παρατηρήσεις ως προς τις επιπτώσεις της ξηρασίας. Οι πληροφορίες

αυτές παρέχονται από 350 πηγές σε εθνικό επίπεδο και αναλύονται από τους αρμόδιους επιστήμονες, οι οποίοι συνεκτιμούν τα διαθέσιμα στοιχεία, λαμβάνοντας υπόψη την αξιοπιστία κάθε πηγής (USDМ 2014).

Ο χάρτης παρακολούθησης παρέχει πληροφορίες για το τρέχον επίπεδο ξηρασίας σε κάθε περιοχή. Η πληροφορία αυτή εξάγεται με συνδυασμό αρκετών δεικτών και χρησιμοποιείται από τα κέντρα λήψης αποφάσεων και τα μέσα πληροφόρησης, προκειμένου να υπάρχει διάλογος για τις υφιστάμενες συνθήκες ξηρασίας και την κατανομή κονδυλίων για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων. Ενδεικτικά, με βάση τα αποτελέσματα του συστήματος παρακολούθησης, το Τμήμα Γεωργίας των Η.Π.Α. παρείχε βοήθεια της τάξεως των 1.6 δις δολαρίων για το διάστημα 2008-2011 για την αντιμετώπιση των απωλειών της αγροτικής παραγωγής. Επίσης, το 2012 κατά το οποίο επλήγησαν από επεισόδια ξηρασίας αρκετές περιοχές των Η.Π.Α., το σύστημα χρησιμοποιήθηκε για τον εξορθολογισμό της διαδικασίας έκδοσης δελτίων τύπου, με αποτέλεσμα να εκδίδονται σχετικά ανακοινωθέντα σε άμεση απόκριση των αποτελεσμάτων της παρακολούθησης για συνεχόμενο διάστημα οχτώ εβδομάδων (USDМ 2014). Ενδεικτικά, στο Σχήμα 6.1 παρουσιάζεται ο χάρτης ξηρασίας του συστήματος παρακολούθησης για τον Απρίλιο του 2015.



Σχήμα 6.1 Χάρτης του συστήματος παρακολούθησης της ξηρασίας των Η.Π.Α. (Απρίλιος 2015)
 (πηγή: <http://droughtmonitor.unl.edu>)

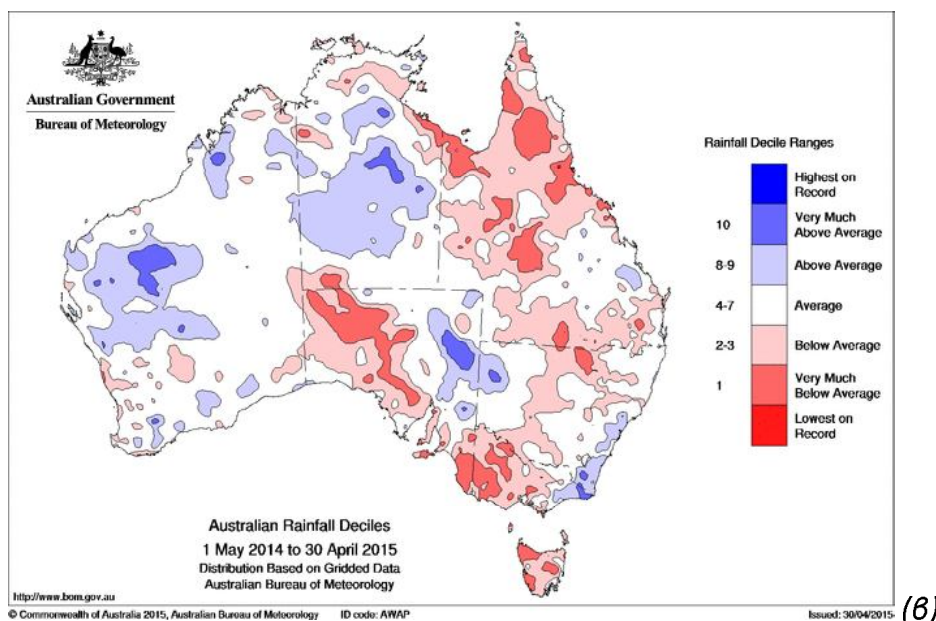
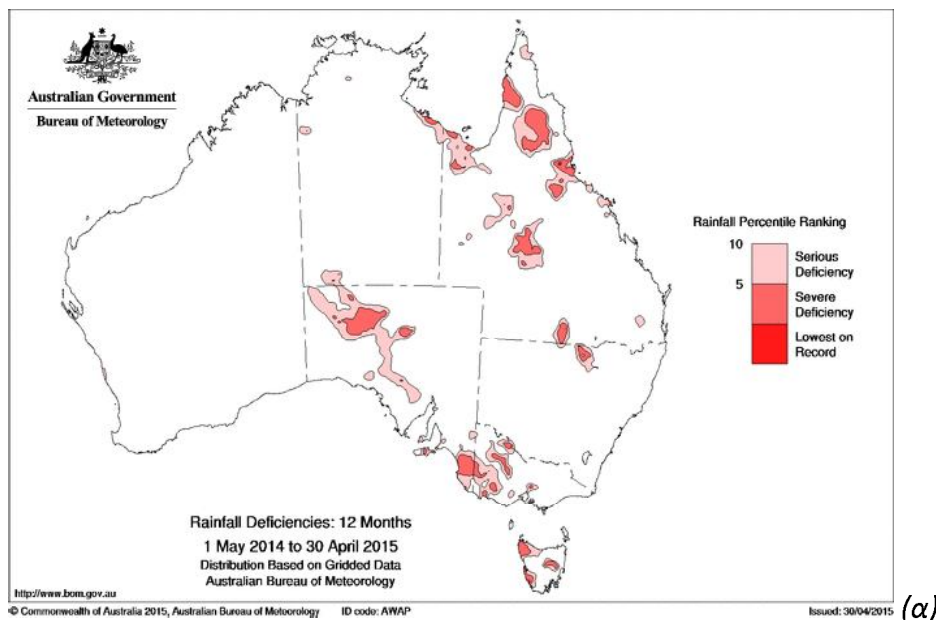
6.4.2 Σύστημα παρακολούθησης ξηρασίας στην Αυστραλία

Το σύστημα παρακολούθησης ξηρασίας στην Αυστραλία αποτελεί μία από τις πρώτες συστηματικές προσπάθειες που έγιναν για αυτό το σκοπό. Δημιουργήθηκε το 1992 από την Κοινοπολιτεία της Αυστραλίας και κυβερνήσεις επιμέρους πολιτειών, στο πλαίσιο της διαμόρφωσης εθνικής πολιτικής για την ξηρασία. Οι τρεις αρχές της πολιτικής αυτής ήταν (Botterill 2005):

- Η ενθάρρυνση του πρωτογενούς τομέα και άλλων τομέων της αγροτικής περιφέρειας της Αυστραλίας, προκειμένου να υιοθετήσουν μέτρα για την προστασία και διαχείριση των επιπτώσεων των κλιματικών διακυμάνσεων.
- Η διατήρηση και προστασία του υφιστάμενου γεωργικού και περιβαλλοντικού πλούτου της Αυστραλίας κατά τη διάρκεια ακραίων κλιματικών πιέσεων.
- Η διασφάλιση της ταχείας αποκατάστασης συστημάτων και υποδομών σε μακροπρόθεσμα επίπεδα βιωσιμότητας.

Η παρακολούθηση της ξηρασίας πραγματοποιείται από τη Μετεωρολογική Υπηρεσία της Αυστραλίας, μέσω της έκδοσης επικαιροποιημένων αναφορών για την υφιστάμενη κατάσταση και την παραγωγή χαρτών με διάφορους δείκτες (έλλειμμα

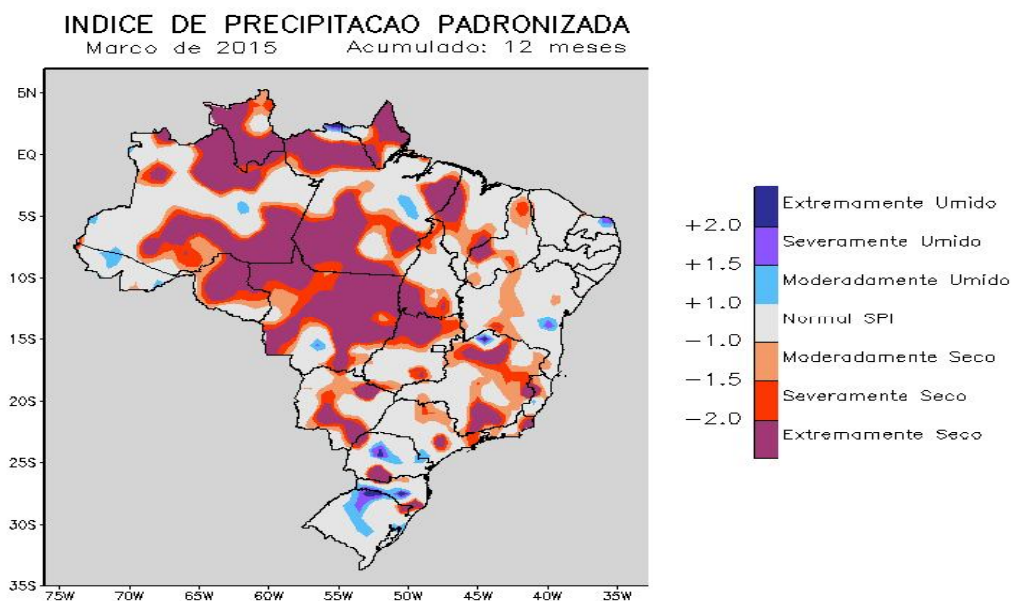
βροχόπτωσης, rainfall deciles, κλπ.), που βασίζονται κυρίως στα στοιχεία βροχόπτωσης διαφόρων περιόδων αναφοράς (Σχήμα 6.2). Τα αποτελέσματα αξιοποιούνται από την κυβέρνηση της Αυστραλίας για την υποστήριξη των αγροτικών επιχειρήσεων και των πληττόμενων οικογενειών.



Σχήμα 6.2 Χάρτες παρακολούθησης της ξηρασίας στην Αυστραλία με περίοδο αναφοράς 12-μήνου (Μάιος 2014 – Απρίλιος 2015) για (α) το έλλειμμα βροχόπτωσης και (β) τον δείκτη Rainfall Deciles (πηγή: <http://www.bom.gov.au/climate/drought>)

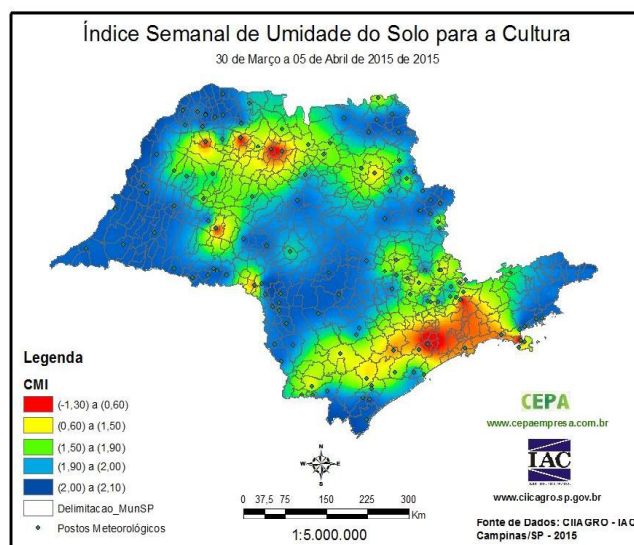
6.4.3 Παρακολούθηση της ξηρασίας στη Βραζιλία

Το Εθνικό Ινστιτούτο Μετεωρολογίας (*Instituto Nacional de Meteorologia*) της Βραζιλίας παρακολουθεί σε μηνιαία βάση την εξέλιξη διαφόρων κλιματικών δεικτών, μέσω των οποίων είναι δυνατή και η παρακολούθηση της ξηρασίας σε εθνική κλίμακα. Οι δείκτες που χρησιμοποιούνται είναι οι αποκλίσεις από τη μέση μηνιαία ή τριμηνιαία αθροιστική βροχόπτωση, οι αποκλίσεις από τη μέση μηνιαία ή τριμηνιαία θερμοκρασία, ο Deciles και ο SPI για διάφορες περιόδους αναφοράς (Σχήμα 6.3).



Σχήμα 6.3 Τιμές του δείκτη SPI 12-μήνου στη Βραζιλία (Μάρτιος 2015)
(πηγή: <http://www.inmet.gov.br>)

Επίσης, υπάρχουν φορείς που εφαρμόζουν προγράμματα παρακολούθησης της ξηρασίας σε τοπική κλίμακα, όπως το Κέντρο Παρακολούθησης και Αντιμετώπισης Ξηρασίας και Υδρο-Μετεωρολογικών Ανωμαλιών (*Centro de Monitoramento, Mitigação da Seca e Adversidades Hidro-Meteorológicas - INFOSECA*) της περιφέρειας του Sao Paulo. Το κέντρο αυτό έχει στόχο την παροχή άμεσης πληροφόρησης για τις συνθήκες ξηρασίας, προκειμένου να λαμβάνονται εγκαίρως μέτρα αντιμετώπισης, ιδίως για την προστασία της αγροτικής παραγωγής, η οποία αποτελεί τη βασική οικονομική δραστηριότητα στη συγκεκριμένη περιοχή. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται διάφοροι δείκτες ξηρασίας, όπως ο PDSI, ο SPI, ο CMI, κ.α. (Σχήμα 6.4).



Σχήμα 6.4 Τιμές του δείκτη CMI για την περιοχή του Sao Paulo στη Βραζιλία (περίοδος 30/03 - 05/04/2015) (πηγή: <http://www.infoseca.sp.gov>)

6.4.4 Κέντρο παρακολούθησης ξηρασίας της Νοτιοαφρικανικής Αναπτυξιακής Κοινότητας

Η Νοτιοαφρικανική Αναπτυξιακή Κοινότητα (*Southern African Development Community - SADC*) δημιουργήθηκε το 1992 και απαρτίζεται από 14 κράτη-μέλη, με περισσότερους από 250 εκατ. κατοίκους (Σχήμα 6.5). Έχει ως κύριους στόχους την επίτευξη οικονομικής ανάπτυξης, ειρήνης και ασφάλειας, ανακούφιση της φτώχειας και αναβάθμιση της ποιότητας ζωής των λαών της περιοχής και την υποστήριξη των κοινωνικά αδύναμων, μέσω της περιφερειακής ολοκλήρωσης (SADC 2014). Στο πλαίσιο επίτευξης αυτών των στόχων, δημιουργήθηκαν αρκετά περιφερειακά κέντρα, μεταξύ των οποίων το Κέντρο Παρακολούθησης Ξηρασίας (*Drought Monitoring Centre - DMC*). Η περιοχή της SADC χαρακτηρίζεται κυρίως από ξηρό ή ημίξηρο κλίμα και τα επεισόδια ξηρασίας, τα οποία παρατηρούνταν σε ευρεία διασυνοριακή χωρική κλίμακα, προκαλούσαν συχνά και έντονα προβλήματα. Από την εμπειρία των χωρών της περιοχής καταδείχθηκε ότι η αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών μπορεί να είναι αποτελεσματικότερη όταν γίνεται σε περιφερειακή κλίμακα (Garanganga 2007).

Έτσι, το DMC, με την καθοδήγηση του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (*World Meteorological Organization - WMO*), αποτέλεσε μία από τις πρώτες οργανωμένες προσπάθειες παρακολούθησης της ξηρασίας. Η κύρια δράση του είναι η σύνταξη αναφορών για τις εποχικές διακυμάνσεις της βροχόπτωσης, καθώς και βραχυχρόνιες προβλέψεις για ακραία συμβάντα. Παράλληλα, εκδίδει προειδοποιήσεις και ενημερώνει τους αρμόδιους φορείς για τη λήψη των αναγκαιών

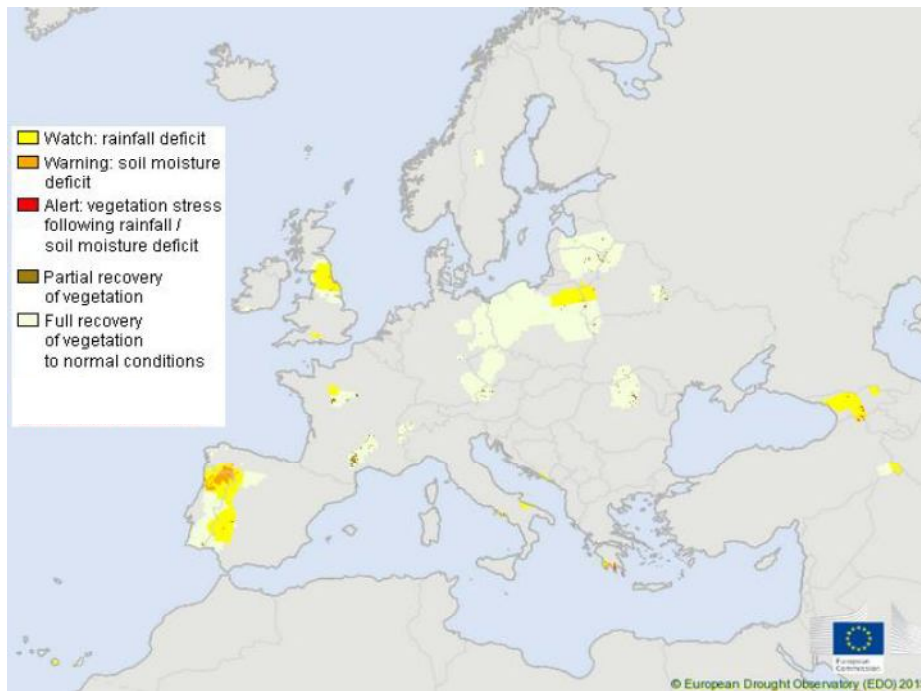
μέτρων (Zeidler and Chunga 2007). Αξίζει όμως να σημειωθεί ότι το κοινωνικο-οικονομικό επίπεδο των επιμέρους χωρών αποτελεί συχνά περιοριστικό παράγοντα για την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων και την ουσιαστική αντιμετώπιση των επιπτώσεων του φαινομένου (Garanganga 2007).



Σχήμα 6.5 Περιοχή που περιλαμβάνει τις χώρες μέλη της Νοτιοαφρικανικής Αναπτυξιακής Κοινότητας (πηγή: <http://www.sadc.int>)

6.4.5 Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο Ξηρασίας

Το Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο Ξηρασίας (*European Drought Observatory - EDO*) έχει αναπτυχθεί από το Κοινό Κέντρο Ερευνών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (*European Commission's Joint Research Centre - JRC*). Σκοπός του παρατηρητηρίου είναι η παροχή επικαιροποιημένης πληροφόρησης σχετικά με την ξηρασία σε πανευρωπαϊκή κλίμακα (Σχήμα 6.6), προκειμένου να αποτελέσει συμπληρωματικό βοήθημα στις εθνικές και περιφερειακές προσπάθειες αντιμετώπισης των επιπτώσεων του φαινομένου. Η διαδικτυακή βάση του συστήματος περιλαμβάνει αρχείο χαρτών, κατάλογο δεδομένων και εργαλεία ανάλυσης. Ως απώτεροι στόχοι του συστήματος, είναι η ανάπτυξη προϊόντων πρόβλεψης της ξηρασίας σε ευρεία κλίμακα, η ανάλυση της διακινδύνευσης και η παρακολούθηση των επιπτώσεων της ξηρασίας (Vogt et al. 2013).



Σχήμα 6.6 Κατάσταση ξηρασίας σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο Ξηρασίας (Μάρτιος 2015) (πηγή: <http://edo.jrc.ec.europa.eu>)

Ορισμένοι από τους δείκτες που χρησιμοποιεί το σύστημα είναι ο Combined Drought Indicator (CDI), η εδαφική υγρασία και ο SPI για διάφορες περιόδους αναφοράς. Ανάλογα με το είδος της πληροφορίας, η αποτύπωση μπορεί να γίνεται είτε σε χωρικό κλίμακα είτε τοπικά, στα σημεία όπου βρίσκεται ο σταθμός παρατήρησης.

Τέλος στο πλαίσιο των Σχεδίων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων σε Λεκάνες Απορροής εκπονήθηκαν Σχέδια Διαχείρισης της Ξηρασίας από τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Τα σχέδια αυτά αν στις περισσότερες περιπτώσεις θεωρούνται ως αρχικές προσπάθειες των κρατών – μελών να αντιμετωπίσουν τα θέματα ξηρασίας. Είναι προφανές ότι κάθε χώρα επιλέγει διαφορετικά εργαλεία και στόχους γεγονός που προκύπτει από τις ιδιαίτερες συνθήκες κάθε χώρας και την υπάρχουσα υποδομή.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη μελέτη αυτή αποτελεί το Σχέδιο Διαχείρισης της Ξηρασίας της Κύπρου μιας χώρας που υποφέρει από έντονα προβλήματα ξηρασίας και γιαυτό έχει επενδύσει σημαντικά στον τομέα αυτόν με κατασκευή φραγμάτων (ήδη η συνολική χωρητικότητα των ταμιευτήρων της Κύπρου είναι της τάξης των 300 εκατ. κυβ. μέτρων) (60 φράγματα ανά 10000 km²) και την κατασκευή εργοστασίων αφαλάτωσης (συνολικής ετήσιας παραγωγής 70 εκατ. κυβ. μέτρων).

6.5 Συμπερασματικά Σχόλια - Σύνοψη

Ο Σχεδιασμός ενός αξιόπιστου συστήματος εκτίμησης/αξιολόγησης της ξηρασίας εξαρτάται άμεσα από τη μετεωρολογικές –υδρολογικές παραμέτρους που συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με τα φαινόμενα ξηρασίας.

Όπως είναι γνωστό η ξηρασία μιας περιοχής να χαρακτηρίζεται ως;

- Μετεωρολογική, όταν μετεωρολογικές μεταβλητές (όπως η βροχόπτωση) βρίσκονται σε σημαντική απόκλιση από τον μέσο όρο,
- Υδρολογική, όταν υδρολογικές μεταβλητές (όπως η επιφανειακή απορροή ή ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων) αποκλίνουν σημαντικά από τον μέσο όρο,
- Γεωργική, όταν η εδαφική υγρασία αποκλίνει σημαντικά από τις κανονικές για την εποχή συνθήκες.

Είναι προφανές ότι η υδρολογική και η γεωργική ξηρασία έπονται χρονικά της μετεωρολογικής. Συνεπώς ένα Σύστημα διακρίβωσης και εκτίμησης της ξηρασίας πρέπει να στηρίζεται στην μετεωρολογική ξηρασία η οποία αποτελεί και τη γεννεσιουργό έκφραση σε σχέση με τις δύο επόμενες.

Όπως έχει εξηγηθεί στη μετεωρολογική ξηρασία βασικές παράμετροι του υδατικού ισοζυγίου στην επιφάνεια του αναγλύφου είναι η βροχόπτωση και η εξατμισοδιαπνοή. Η άμεσα μετρούμενη παράμετρος είναι η βροχόπτωση η οποία παρουσιάζει μεγάλη χωρική και χρονική μεταβλητότητα πολύ μεγαλύτερη από αυτήν της εξατμισοδιαπνοής. Λόγω της μεγαλύτερης μεταβλητότητας στον χώρο και τον χρόνο της βροχόπτωσης, η παράμετρος αυτή καθορίζει και τις απαιτούμενες προδιαγραφές/απαιτήσεις του συστήματος παρακολούθησης της ξηρασίας.

Καθοριστικός παράγοντας σχεδιασμού ενός βροχομετρικού δικτύου είναι η πυκνότητα του δικτύου που καθορίζεται κυρίως από την απόσταση (ισαποχή) μεταξύ των σταθμών.

Ερευνητικές εργασίες για τον σχεδιασμό των βροχομετρικών δικτύων έχουν διεξαχθεί από ερευνητικά κέντρα τις προηγούμενες δεκαετίες. Ιδιαίτερα για το σχεδιασμό ενός αξιόπιστου δικτύου εκτίμησης της ξηρασίας πρέπει να αναφερθούν οι εργασίες του Εργαστηρίου Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Διαχείρισης Υδατικών Πόρων του ΕΜΠ στο πλαίσιο Ευρωπαϊκών Ερευνητικών Προγραμμάτων για την ξηρασία στην Ευρώπη και κυρίως στη Μεσόγειο (πχ MEDROPLAN, SEDEMED, PRODIM κ.α.).

Ιδιαίτερα για τις συνθήκες και τα δεδομένα της Κρήτης οι ερευνητικές εργασίες κατέληξαν να προτείνουν ένα σύστημα από βροχομετρικούς σταθμούς που δεν απέχουν μεταξύ τους περισσότερο από 17 Km. Με το δεδομένο ότι η Κρήτη διαθέτει ένα ιδιαίτερα πυκνό δίκτυο βροχομετρικών σταθμών δεν υπάρχει ανάγκη για

εγκατάσταση νέων σταθμών για την παρακολούθηση της ξηρασίας. Στο Παράρτημα αυτού του Κεφαλαίου περιλαμβάνεται η ανάλυση για το σχεδιασμό του δικτύου της Κρήτης που αποτελεί εργασία των καθηγητών Ι. Ναλμπάντη και Γ. Τσακίρη του ΕΜΠ ως συμβολή στο Ευρωπαϊκό Ερευνητικό Πρόγραμμα SEDEMED II.

Παράρτημα κεφαλαίου 6

Designing a drought monitoring network

I. Nalbantis and G. Tsakiris

National Technical University of Athens

Laboratory of Reclamation works and Water Resources Management

1 Introduction

1.1 Information needs

In-depth description of drought indices as this is given in other articles of the project show that the main variables involved in drought assessments are the following:

Precipitation in all its forms (rainfall, snowfall etc.)

Potential evapotranspiration

The second variable is assessed only indirectly through measuring other variables such as air temperature, air humidity, wind speed, surface roughness etc.

The time scale of measurement varies from a few minutes for modern electronic sensors to one day for conventional manual practices. The time scales of interest in this study are monthly, seasonal –no matter how season is defined- and annual. Consequently, processed aggregated data are expected to be used. The lowest time scale being one month, the hydrological variables of interest are:

1. Total monthly precipitation (mm)
2. Total monthly potential evapotranspiration (mm)

The latter is calculated through the Penman method or its extensions. In cases of lack of the necessary data, one could accept the Thornthwaite method which makes use of the mean monthly air temperature only. Consequently, in the worst case the

analyst will have to design a meteorological network for monthly precipitation and monthly air temperature.

1.2 The problem of designing networks for drought assessments

Design of meteorological networks has long been a field of active research. It involves both technological and economic aspects. Traditionally, meteorological networks have been multi-purpose ones. First, weather forecasting has guided network design towards serving special needs such as aviation and agriculture, or informing the general public. Second, climatic studies are served for two purposes: research and information to be disseminated to wide audiences. Here the focus is on drought assessments in a context which implies the following constraints:

3. No new meteorological stations are allowed to be installed; thus, selection from the existing meteorological network will be the only alternative.
4. The meteorological stations serve multiple purposes so that their features and operation cannot be fully dictated by drought assessments.
5. Due to the above complexities, no economic optimisation is possible.
6. The type of any station in regard to its technical features cannot explicitly be taken into account since this factor cannot be modified within the frame of drought assessments.

Since spatial variability of precipitation generally exceeds that of temperature, the key variable for network design is precipitation. This is the reason why we have restricted our research to the design of precipitation networks.

2 Methodologies for designing precipitation networks

2.1 Background - Definitions

In section 1 we concluded that monthly precipitation is our variable of interest. At this point, the problem of choosing the spatial scale becomes critical. We start from the idea that drought assessments are needed at spatial scales from a few km² to a few hundreds km². Hence, mean areal precipitation (referred to as MAP) will be our key variable. To help posing the problem of designing a precipitation network for assessing MAP we define some quantities:

7. K is the number of stations in network,
8. $B(K)$ is the benefit from network operation which is an increasing function of the accuracy of MAP,

9. $C(K)$ is the cost of the network (installation, operation, etc.),

10. $NB(K)$ is the net benefit given as $B(K) - C(K)$

Naturally, the network design problem is reduced to the optimisation problem

$$\text{Maximise } NB(K) \quad (1)$$

s.t.

$$\text{accuracy of MAP} \geq \text{required accuracy} \quad (2)$$

However, such optimisation is impossible since:

11. Most networks are designed –or become later- as multi-purpose ones.

12. No direct relation between benefits and the accuracy of MAP can be established for many of the purposes served.

13. Even if this were possible the question how to aggregate those relations remains open.

Obviously, the above preclude estimating net benefits. Then only equation 2 is left and the network design problem is reduced to two computational steps:

14. Estimation of MAP accuracy of a trial network.

15. Definition of the MAP accuracy requirement by the user (here the analyst performing drought assessments).

The problem of estimating the MAP accuracy has been extensively studied in the last three decades of the past century. We examined only well tested methodologies which at the same time rely on rigorous mathematical; treatment of the spatial variability of precipitation. These requirements precluded early empirical approaches such as pure trial-and-error ones based on Thiessen polygons. Methods with clear and reproducible analytical solutions are only selected. Among methodologies meeting this criterion we preferred to search the related literature for the first appearance of the each methodology without considering later extensions as separate methodologies. Finally, we selected three methodologies which meet the entire set of criteria:

Methodology A: Researchers from the MIT, USA were the first to pose the problem of MAP estimation within a rigorous mathematical framework (Bras and Rodriguez-Iturbe, 1976). Undoubtedly, the contribution of this research was catalytic for later developments.

Methodology B: Based on research results of methodology A, researchers from the Institute of Hydrology, UK (Jones et al., 1979) formulated the problem of

network design in a more application-oriented context before applying the methodology developed to an extensive study aiming at restructuring the whole precipitation network in the UK.

Methodology C: Based on the above research results and the power of new geostatistical tools, a research team from the National Polytechnic Institute at Grenoble, France (Lebel et al, 1987) developed a methodology for network design based on data from a French experimental basin before attempting a large-scale application within the global-scale experiment HAPEX-Sahel in West Africa.

The basic features of the above methodologies are outlined next.

2.2 Methodology A

The central idea in this methodology consists in the following:

16. The problem of network design is posed as an optimisation problem with an objective function which trades off the MAP accuracy and the network costs.
17. MAP is estimated in two stages: first the true integral of precipitation over the area of interest is approached by a sum of point precipitation values at a finite set of specified points; second, the precipitation at these points is estimated as a linear function of point precipitation measurements possessing measurement errors also.
18. As shown below, MAP accuracy is represented by the mean square error of estimation from all estimation steps.
19. The MAP estimation problem requires a measure of the spatial variability of point precipitation which is chosen to be the field covariance.
20. A theoretical model for covariance is required.
21. Systematic research on idealised networks was performed.

Next, the main features of the methodology are discussed by keeping rigorous mathematical treatments to a strict minimum.

First, the network design is reduced to an optimisation problem completely analogous to that given in equations 1 and 2. The benefit is taken as the mean square error (MSE) of MAP estimate and the cost is transformed into a quantity commensurate with MSE through a trade-off sensitivity parameter.

The region of interest with an area A is discretised into n rectangular cells or a grid of n points (centres of cells). At some of these points stations are assumed to exist (K in number). For each station j measured point precipitation is Z_j . No reference

to time is needed. At each point i ($i = 1, 2, \dots, n$) we define the true point precipitation Y_i , and the estimated point precipitation X_i based on erroneous point precipitation measurements. A linear model is assumed, i.e.

$$Z_j = \sum_{i=1}^n h_{ij} X_i + V_j \quad (3)$$

where V_j is the measurement error and h_{ij} are coefficients (zero or unknown).

The estimated MAP PE is obtained as

$$PE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (4)$$

the approximate MAP PA is

$$PA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i \quad (5)$$

while the true MAP is given as

$$P = \frac{1}{A} \int_A Y(\mathbf{x}) d\mathbf{x} \quad (6)$$

where \mathbf{x} are coordinates in two dimensions.

In passing from P to PE we commit two errors: first, model error defined as

$$e_2 = PA - P \quad (7)$$

and second, the estimation error given by

$$e_1 = PE - PA \quad (8)$$

Analytical treatment allowed for decomposing the mean square error (MSE) of the MAP estimate into three terms as

$$MSE = E[e_1^2] + E[e_2^2] + 2 \text{cov}(e_1, e_2) \quad (9)$$

where terms 1, 2 and 3 are numbered according to their order of appearance in the above equation. These are defined as follows:

22. Term 1 is due to estimation error related to estimating point precipitation throughout the whole grid based on erroneous point measurements.

23. Term 2 is due to model error or else the replacement of the continuous spatial integral with a finite summation.

24. Term 3 is due to the linear dependence of the above two errors.

Extensive studies on idealised but realistic network problems showed that:

25. Term 1 is generally dominant and accounts for almost the total MSE with the exception of cases with very high density of stations.

26. Terms 2 and 3 remain always smaller than term 1 being of the same order of magnitude and of opposite sign.

The above conclusions allow ignoring model error and estimating MAP as a linear combination of measured point precipitations only. In Figure 1 we depicted an example where the three terms of MSE and the total MSE are compared for a broad spectrum of the number of stations. We observe that Term 1 accounts for almost the totality of the MSE.

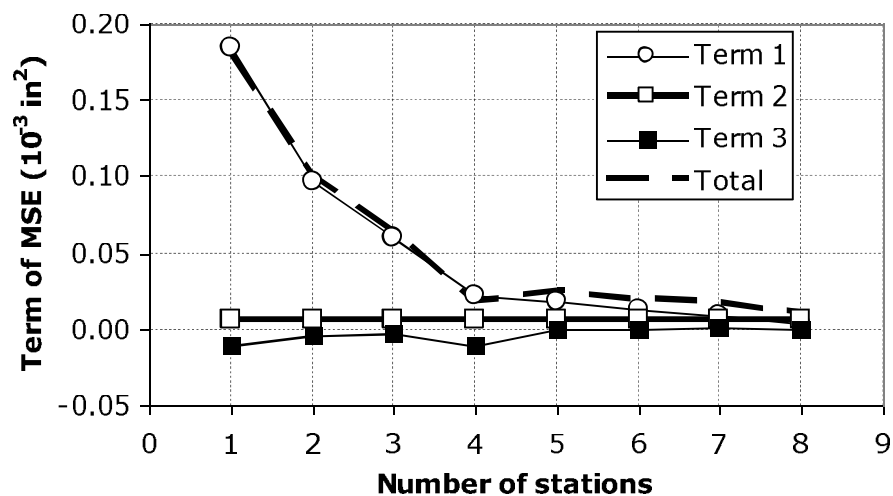


Figure 1: Terms of MAP MSE from a trial network of 30 grid points (Bras and Rodriguez-Iturbe, 1976).

The representation of the spatial variability of the precipitation field through covariance leads to very complex analytical expressions for the MSE terms. These will not be given here.

2.3 Methodology B

Research results of methodology A have been exploited by the Institute of Hydrology (IH), UK to formulate a methodology which is more practicable than methodology A. Many assumptions remain the same as in methodology A while others are modified to increase applicability. The modified assumptions are the following:

27. The problem is not posed as an optimisation problem since MAP accuracy and the network costs are non-commensurate quantities. As mentioned in subsection 2.1, this leads to estimating MAP accuracy only.

28. Opposite to methodology A, MAP is estimated in a single stage: the true integral of point precipitation over the area of interest is estimated as a linear function of point precipitation measurements which possess measurement errors also.

The two dimensional space is considered continuous without any discretisation. At each point \mathbf{x} with coordinates (x_1, x_2) the true point precipitation $Y(\mathbf{x})$ is defined together with measurements $Z(\mathbf{x})$ at some points. The number of measurement points is K . The true MAP is given by equation 6 and the estimated MAP by

$$PE = \sum_{i=1}^K \lambda_i Z_i \quad (10)$$

where λ_i are unknown coefficients.

The mean square error of MAP estimate is defined as

$$MSE = E[(PE - P)^2] \quad (11)$$

while the bias of estimation is defined as

$$Bias = E[PE] - P \quad (12)$$

The following optimisation problem is solved

$$\begin{aligned} & \text{minimise MSE} \\ & \text{s.t.} \\ & Bias = 0 \end{aligned} \quad (13)$$

This allows for estimating parameters λ_i and μ (Lagrange multiplier) through the system of equations

$$\begin{aligned} \text{For } i = 1, \dots, K \quad & \sum_{j=1}^K \lambda_j \text{cov}(\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j) + \mu = \frac{1}{A} \int_A \text{cov}(\mathbf{x} - \mathbf{x}_i) d\mathbf{x} \\ & \sum_{j=1}^K \lambda_j = 1 \end{aligned} \quad (14)$$

where $\text{cov}(\cdot)$ is the covariance of the true precipitation field.

At the same time MSE is obtained analytically as

$$MSE = \frac{1}{A^2} \iint_A \text{cov}(\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j) d\mathbf{x}_i d\mathbf{x}_j - \frac{1}{A} \int_A \sum_{j=1}^K \lambda_j \text{cov}(\mathbf{x} - \mathbf{x}_j) d\mathbf{x} - \mu \quad (15)$$

To keep homogeneity in presenting all methodologies the above equations are somewhat simplified in respect to those given by Jones et al. (1979).

Covariance of the true precipitation field is defined as

$$\text{cov}(\mathbf{x} - \mathbf{x}') = \int_A (Y(\mathbf{x}) - m(\mathbf{x}))(Y(\mathbf{x}') - m(\mathbf{x}')) \quad (16)$$

where \mathbf{x} and \mathbf{x}' are two points in the area A , $(\mathbf{x} - \mathbf{x}')$ is Euclidean distance thereof and $m(\mathbf{x})$, $m(\mathbf{x}')$ are mean values (drift).

An analytical expression or model of covariance is calibrated based on data. The IH team applied the exponential model enhanced with anisotropy

$$\begin{aligned} \text{cov}(\mathbf{x} - \mathbf{x}') &= \sigma^2 (a + (1 - a - \varepsilon) \exp(-bv)) \\ \text{where } v &= \left((x_1 - x_1' + c_1(x_2 - x_2'))^2 + c_2(x_2 - x_2')^2 \right)^{1/2} \end{aligned} \quad (17)$$

with σ^2 the field variance, and a , b , c_1 , c_2 and ε parameters.

The problem of network design in an area with a pre-existing dense network is posed as follows:

29. First, a candidate network is selected based on an arbitrary criterion.
30. The MSE of MAP is estimated.
31. The MSE estimate is compared to a minimum required.
32. If the network is not satisfactory another network is selected in a predefined way and the procedure restarts from point 1.

As an example among numerous applications by the IH team in the UK we give that from the Bristol Avon water basin in Wessex Water Authority, UK with an area of 2200 km² and time scale equal to one month. The existing network comprised of 51 stations. Various reduced networks were evaluated following two steps:

33. For a fixed number of stations K a random selection of stations was performed.
34. The root mean square error (RMSE) of MAP estimation for the whole area is calculated based on the methodology outlined above.

Results are shown in Figure 2 in terms of root mean square error (RMSE) of MAP estimate as a function of the number of stations in network. From this figure it becomes clear that networks with more than 20 stations would not add much information in regard to MAP. Also, a test with 20 stations and regular spacing

showed a slight improvement in regard to the case with 20 stations randomly selected.

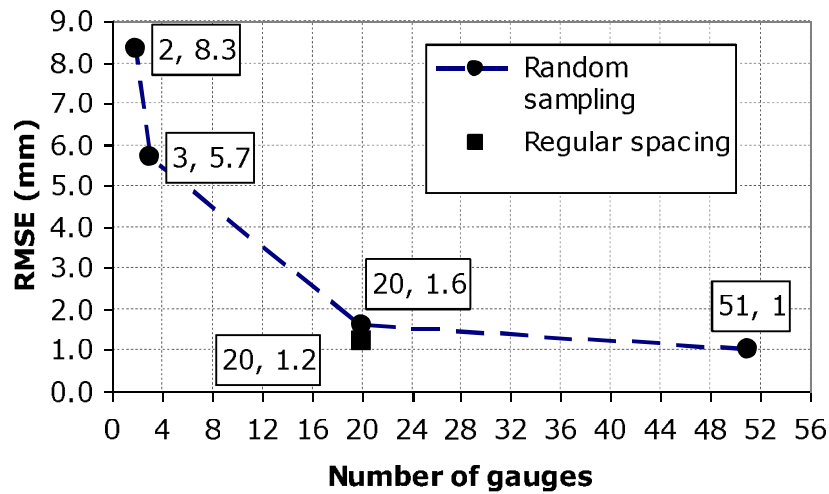


Figure 2: Root mean square error of MAP estimate (RMSE) versus number of stations in network for the study in the Bristol Avon water basin, UK (adapted from O’Connell, 1978).

2.4 Methodology C

Methodology C exploits advancements made in geostatistics by researchers from the School of Mines, at Fontainebleau, Paris, France. More precisely, the kriging method and its variants formed the basis for studying precipitation fields.

The spatial structure of the precipitation field is represented by the semi-variogram defined as

$$\gamma(\mathbf{x} - \mathbf{x}') = \frac{1}{2} \text{Var}[Y(\mathbf{x}) - Y(\mathbf{x}')] \quad (18)$$

where $\text{Var}[\cdot]$ means variance and \mathbf{x} and \mathbf{x}' are two distinct points in 2-D space.

Introducing semi-variogram leads to adopting assumptions on precipitation which are fundamentally different from those of the case of using covariance. With the exception of these assumptions the rest of the features of methodology B remain unchanged.

MAP is estimated through the kriging system

$$\text{For } i = 1, \dots, K \quad \sum_{j=1}^K \lambda_j \gamma(\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j) + \mu = \frac{1}{A} \int_A \gamma(\mathbf{x} - \mathbf{x}_i) d\mathbf{x} \quad (19)$$

$$\sum_{j=1}^K \lambda_j = 1$$

where λ_i and μ are the unknown parameters.

At the same time MSE of MAP estimate is obtained analytically as

$$\text{MSE} = -\frac{1}{A^2} \iint_A \gamma(\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j) d\mathbf{x}_i d\mathbf{x}_j + \frac{1}{A} \int_A \sum_{j=1}^K \lambda_j \gamma(\mathbf{x} - \mathbf{x}_j) d\mathbf{x} + \mu \quad (20)$$

Dividing the semi-variogram of each realisation by the variance of the field the scaled semi-variogram is obtained. The average of the scaled semi-variograms over the total number of field realisations is defined as the scaled climatological semi-variogram (Lebel and Bastin, 1985). Applying kriging with the scaled climatological semi-variogram yields the scaled variance of MAP error which is the key criterion for network design since: (a) it depends on the average behaviour of the precipitation field in the area of interest, and (b) it is linked to the configuration of the network only.

For testing a specific network, the following steps are involved:

35. Equation 19 gives parameters for the scaled climatological semi-variogram.
36. MSE of equation 20 now represents the scaled variance of the MAP error.
37. The latter is multiplied by the field variance to yield the MSE of MAP

As in methodology B, analyses start with fitting a theoretical model to the "empirical" scaled climatological semi-variogram obtained from data. A variety of such models can be found in textbooks on kriging.

The methodology has been tested in a heavily equipped region of Southern France, the region of Cevennes. The principal water basin is the Gardon d'Anduze basin with 34 recording rain gauges. Results in the Cevennes region for a small sub-basin are given in Figure 3. Figure 4 shows analogous results for the whole Gardon d'Anduze basin. Time scale was one hour.

At a later stage, the methodology was extensively tested within the frame of the Hydrologic-Atmospheric Pilot Experiment in Sahel (HAPEX – Sahel) in West Africa. This was carried out in a domain of $1^\circ \times 1^\circ$ equipped with 107 stations in total. The main time scale was the rainy event (up to a few hours) while larger time scales were used also. An example of results at the event time scale is given in Figure 5

where the scaled standard deviation of MAP is the square root of the scaled variance of MAP.

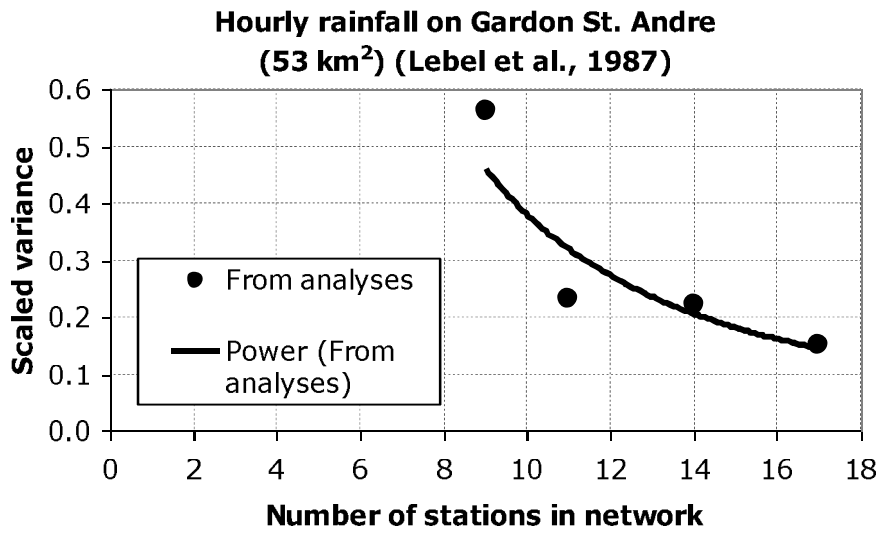


Figure 3: Scaled variance of MAP as a function of number of stations in network for the 1-h time scale of the Cevennes study (adapted from Lebel et al., 1987)

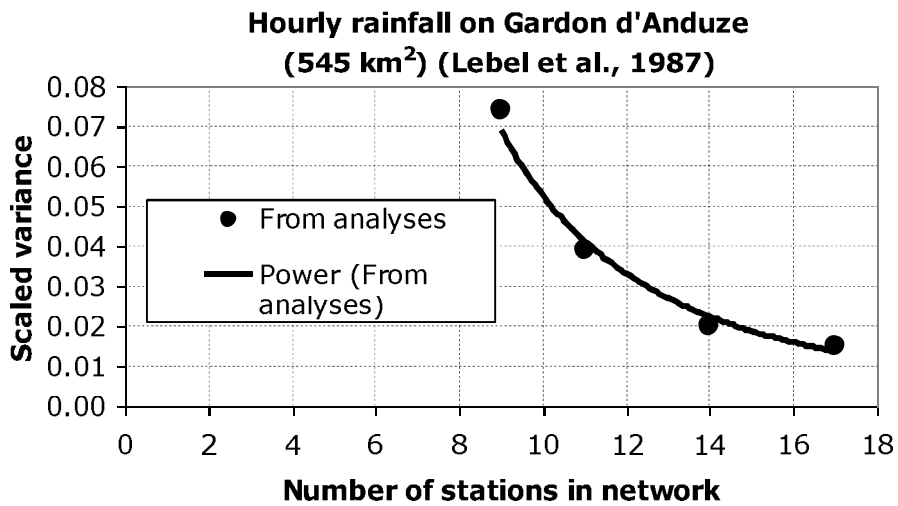


Figure 4: Scaled variance of MAP as a function of number of stations in network for the 1-h time scale of the Cevennes study (adapted from Lebel et al., 1987)

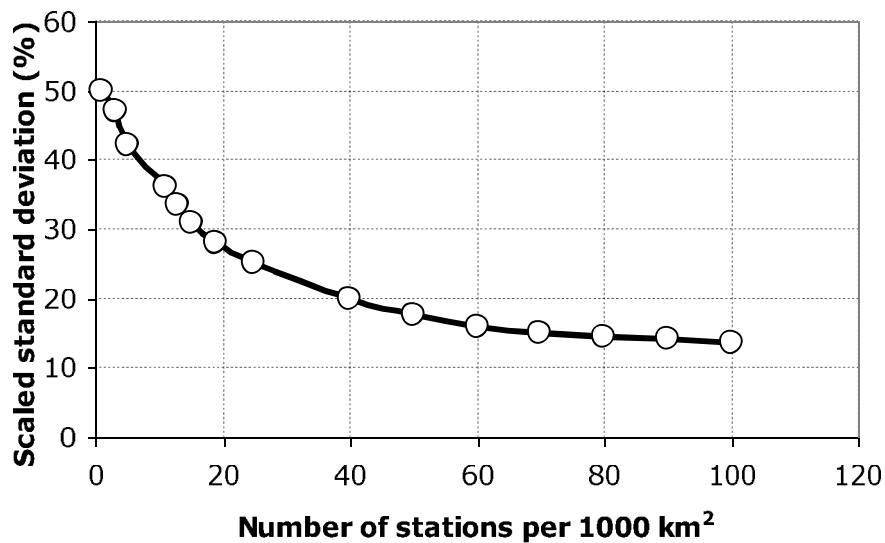


Figure 5: Scaled standard deviation of MAP as a function of number of stations in network for the event time scale of the HAPEX-Sahel experiment and an area of 100 km² (adapted from Lebel and Le Barbe, 1997)

3 Methodology proposed

3.1 Conclusions from previous work

In Section 2 three existing methodologies for designing precipitation networks were analysed. They possess common methodological steps which are:

Fitting theoretical models for the spatial structure of precipitation fields, MAP estimation through a linear combination of point precipitations, and analytical estimation of the MSE of MAP.

We believe that any of the methodologies tested would do.

Methodology A involves a procedure of discretising the domain of interest which is tedious and is shown to be unnecessary. Methodology B could be fully satisfactory for our needs. Nevertheless, difficulties in its use arise from: (a) the lack of related software, (b) the high complexity of the covariance model utilised, (c) the lack of published research results in areas close to the Mediterranean, and (d) the consideration of measurement errors which in our case of monthly time scale is unnecessary.

We believe that, for our needs, Methodology C is equivalent to Methodology B as far as the desired output and the computational effort involved. We preferred keeping Methodology C for a number of reasons:

38. It is based on the kriging method which is included in many general-purpose software packages.
39. It can exploit a wide variety of extensions of the kriging method.
40. Published results of its application exist for areas close to the Mediterranean.
41. No measurement errors are considered which is absolutely realistic for time scales used in this work.
42. It has been more intensively applied to wide spectrum of spatial and temporal scales such as the domain of the HAPEX – Sahel experiment.

Typical methodological steps for network design via Methodology C would be:

43. Estimation of empirical semi-variogram based on data from a pre-existing network
44. Fitting a theoretical analytical model to the empirical semi-variogram.
45. Selection of station sites for a candidate network.
46. Estimation of the MSE of MAP.
47. If this is not adequate return to step 3, else accept the network design

To obtain an “average” performance of the network under design the concept of scaled climatological semi-variogram is applied as exposed in subsection 2.4.

However, at the first stage of network design no estimates of MAP are required. Consequently, Methodology C need not be applied as is. The necessary network density (number of stations per km²) is sufficient for network design and the methodological steps can be simplified. This is discussed next.

3.2 Adaptation of existing methodology

Experience from applications of Methodology C in France and West Africa is summarised by Lebel and Le Barbe (1987) as follows:

“For areas down to 1000 km², or so, the same number of gauges (ten) is needed, meaning that as long as the gauge spacing is larger than half the decorrelation length the prime criterion to consider is the absolute number of gauges present in the surface of estimation rather than the network density. For still smaller areas the number of gauges in the surface of estimation can be assessed by imposing a gauge spacing of half the decorrelation length, that is one gauge every 15 km.

However, below 10 km² the spatial variability linked to the convective cells is no longer smoothed out by the spatial averaging...” .

In light of these findings, typical methodological steps 1 to 5 of sub-section 3.1 were simplified into:

48. Estimation of empirical semi-variogram based on data from a pre-existing network
49. Fitting a theoretical analytical model to the empirical semi-variogram and estimation of the decorrelation length which is typically equal to the range of the semi-variogram.
50. Selection of station sites for a candidate network.
51. Estimate the maximum inter-stations' spacing.
52. If this is less than half the decorrelation length, then accept the network design, else return to step 3.

The spherical model was used. This is given by

$$\gamma(u) = \begin{cases} c_0 + c(1.5u/a - 0.5(u/a)^3) & u \leq a \\ c_0 + c & u > a \end{cases} \quad (21)$$

where c_0 is the nugget, $c+c_0$ is the sill, a is the range and u is distance. The model has three parameters (c , c_0 and a).

The methodology proposed is based on two drastic assumptions

The average point precipitation does not vary in space.

The precipitation field is isotropic,

These assumptions, although very useful, should be put in question when dealing with geographical areas such as the Mediterranean since:

wild variation of elevation due to rugged topography is expected to induce variation into the average point precipitation also which is called the drift, and.

persistence in the occurrence of moisture carrying weather patterns with specific trajectories can lead to anisotropic behaviour of precipitation fields.

The problems of drift and anisotropy were tackled with the aid of pre-existing methodologies which are not analysed in detail.

The problem of drift was tackled via “detrending” point precipitation through a simple procedure which involved:

Calibrating a linear regression model with time-averaged precipitation depth as the dependent variable and elevation as the independent variable.

Detrending all data by reducing them to a common reference elevation H_0 (e.g., the sea level) using the above regression model.

Applying the methodological steps 1 to 5 above based on detrended data.

The problem of anisotropy was tackled via modifying methodological step 2 as follows:

The circle around each station is divided into four sectors each corresponding to one prevailing direction (1 = West-East, 2 = Southwest-Northeast, 3 = Northwest-Southeast, 4 = North-South).

A specific direction is selected.

All calculations on semi-variograms are limited to station pairs satisfying the definition of the direction selected.

To avoid confusion, application of all the above methodological variants needs systematic definition of tests. So:

A series of tests without detrending is first performed based on the isotropy assumption

This is followed by a series of tests on detrended data again with the isotropy assumption.

o test anisotropy both series were repeated for each one of basic directions.

4 Case study

4.1 The study area

The study area was the eastern part of the island of Crete which covers the areas of two out of four prefectures of the island (Heraklion and Lasithi). A more detailed description of the area is given elsewhere in this series of papers. What is interesting for our analyses is that the existing network for measuring precipitation in the area is comprised of 44 stations which are more or less uniformly spaced. Unfortunately, the network does not fully cover high-altitude areas where snow is not infrequent. Forty stations are owned by the Ministry of Agricultural Development and Food while the remaining four belong to the National Meteorological Service. The latter are situated in the coastal zone. A map of the existing precipitation network is presented in Figure 6.

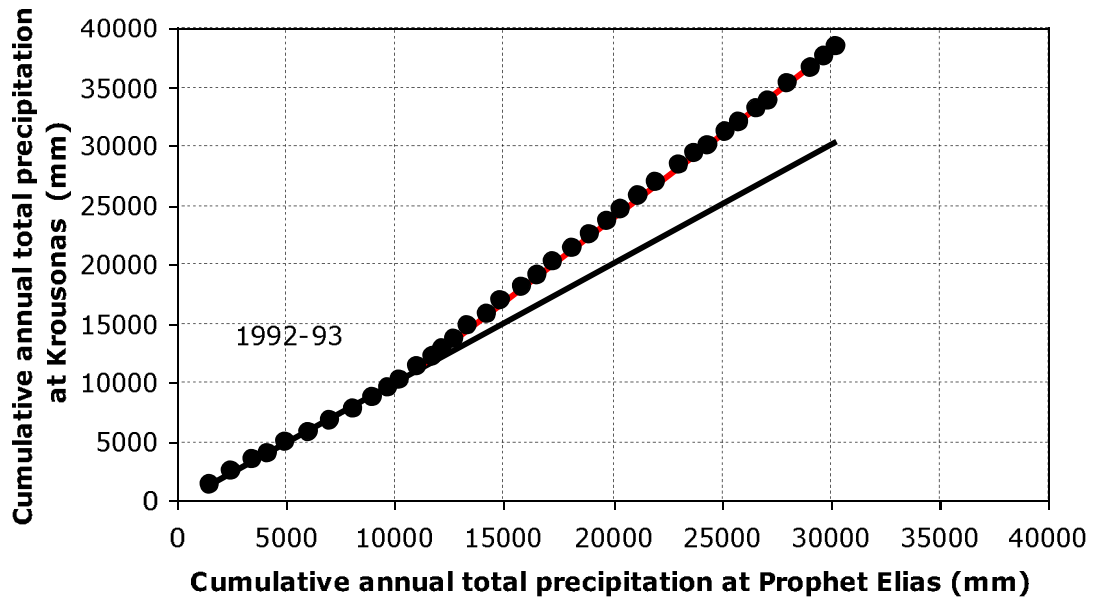


Figure 7: Example of double mass curve with slope change in hydrological year 1992-93.

4.3 Results

The proposed methodology given in section 3.2 was applied at various time scales. First, the annual time scale was chosen. This is expected to yield the most reliable results since annual totals are closer to being normally distributed than totals at any smaller time scale. The fact that in the Mediterranean, the distinction between a dry and a wet season is clear led to selecting wet period totals as well. For this a six-month time scale was used comprising totals from October to March. In moving to a three-month scale, the wet period was divided into two three-month periods (October to December and January to March). Finally, the monthly scale was tested where we kept months of the wet season only (October to March). In summary, the following time periods within the hydrological year were examined.

- 57. Annual
- 58. Wet season (October to March)
- 59. October to December
- 60. January to March
- 61. October
- 62. November
- 63. December

- 64. January
- 65. February
- 66. March

First, a series of numerical tests was based on data without detrending. For each time period the semi-variogram range was estimated. The results are depicted in Figure 8. For large time scales (annual to three-month) the range (parameter a of equation 21) is found slightly below 30 km while for the monthly time scale it fluctuates around 30 km.

When passing to detrended data the range increases to values slightly higher than 35 km for annual and six-month scales and starts fluctuating for smaller scales. These fluctuations are rather mild for the three-month scale but become wild for monthly data. This is the reason why in Figure 8 only scales from annual to three-month are shown.

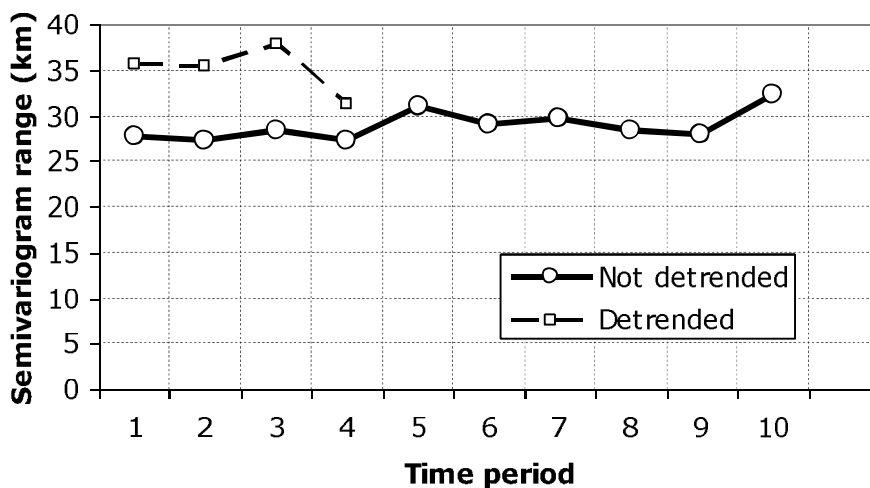


Figure 8: Semi-variogram range (km) for various time periods (1 = Annual, 2 = Wet season from October to March, 3 = October to December, 4 = January to March, 5 = October, 6 = November, 7 = December, 8 = January, 9 = February, 10 = March) and isotropic precipitation fields.

Checks for anisotropy in precipitation fields following the methodology of subsection 3.2 revealed large variations in semi-variogram range between different directions. The uncertainty of the results is high due to two reasons:

The number of station pairs used in calculations is significantly restricted for any specific direction as compared to taking all pairs.

The shape of the study area (elongated in the East-West direction and of small dimension in the North-South direction) proved very restrictive in obtaining any reliable estimation of the empirical semi-variogram.

Results with the smallest variation between directions correspond to the annual time scale. For not detrended data the range of 28 km for all directions rises to 55 km for the West-East direction and further to 76 km for the Southwest-Northeast direction. Conversely, it drops to 24 km for the Northwest-Southeast direction and further to 15 km for the North-South direction. Ranges based on detrended data are generally higher.

High uncertainty in the results of anisotropy tests led us accept these results only for qualitative statements about network design. Hence, we adopted the case with the isotropy assumption as the basis for network design. We preferred considering large time scales (annual and six-month) for which the methodological assumptions are better suited. We also preferred keeping results of detrended data since the orographic effect is expected to undoubtedly play a role in Eastern Crete. Based on the above assumptions the semi-variogram range for network design is 35.5 km for the annual scale and 35.3 km for the six-month scale. These two values being practically equal to each other, the maximum station distance for network design is $(35.3/2) \approx 17.6$ km. The related fitted semi-variogram for the annual time scale is given in Figure 9. Having in mind the final design criterion various networks were numerically constructed via random spatial sampling. Random selection of "precise" station sites was followed by selection of the nearby existing station site which becomes the "approximate". station site. Remembering results on anisotropy checks one could say that stations' spacing could be larger in the East-West direction. This is, however, not taken into account in designing networks within the frame of this project. An example of a network with 10 stations is given in Figure 10. The maximum stations' spacing in this network is 15.2 km.

Last, a final network was selected based on other criteria also: the accessibility to stations, the data quality, and the coverage of hypsometric zones.

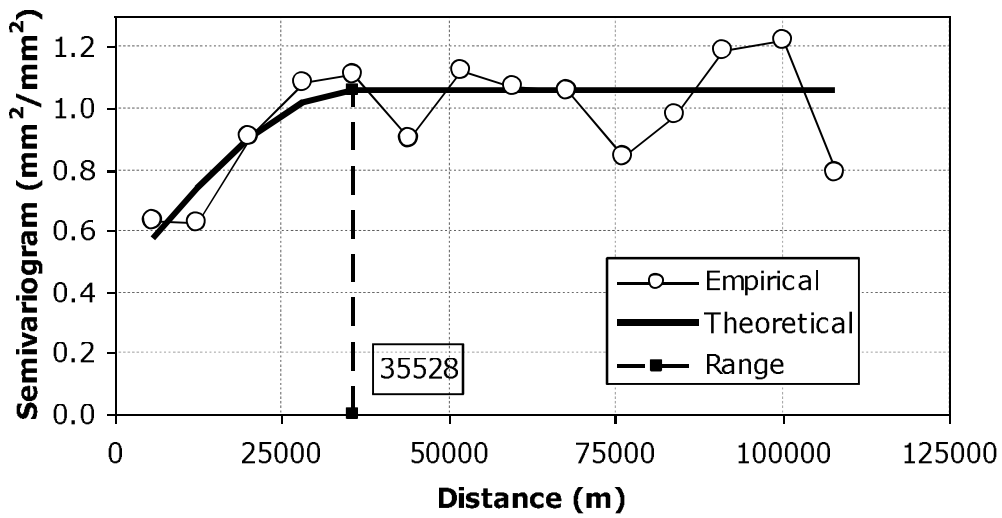


Figure 9: Fitting of theoretical semi-variogram to the empirical one for detrended data, all directions and the annual time scale.

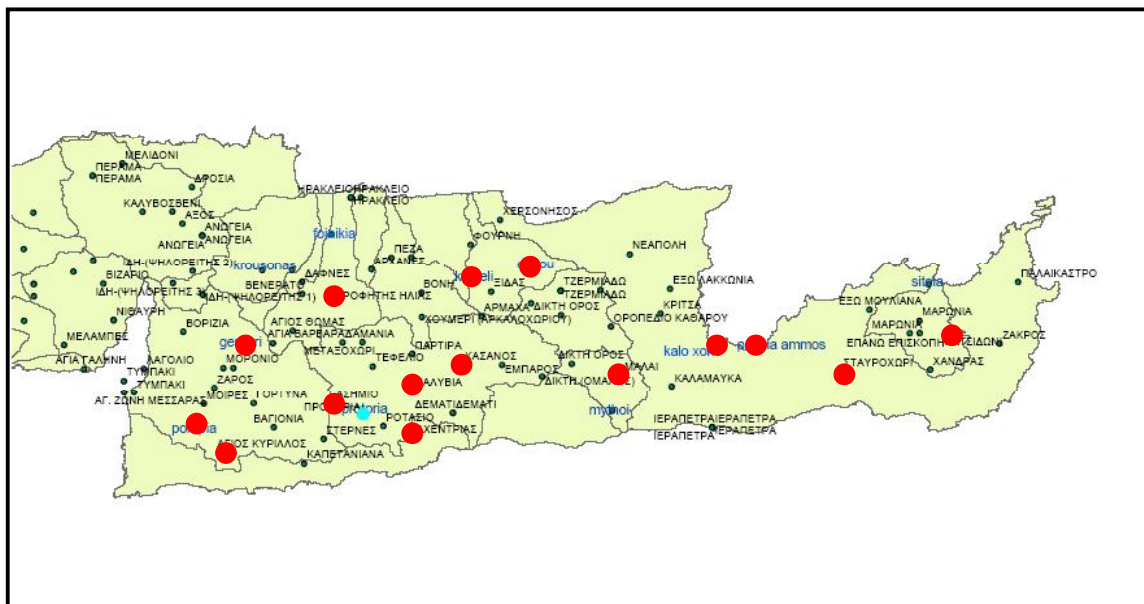


Figure 10: Example of a precipitation network in Eastern Crete with 10 stations which is designed through random spatial sampling.

Concluding remarks

Analysis of information needs for drought assessments allowed posing the monitoring problem as a design problem for precipitation networks. Related methodologies were reviewed with the aim to select some of them for further

analysis. Rigorous criteria were applied for this selection. Three methodologies (A, B and C) fulfilled those criteria. These possess common features which are:

67. They are based on the theory of random fields.

68. The spatial structure of precipitation fields is represented through the field covariance or the semi-variogram.

69. Mean areal precipitation (or MAP) is the key variable whose estimation accuracy is the sole criterion for design.

70. MAP accuracy is represented by the Mean Square Error (MSE) of MAP estimate through a linear model.

71. The estimation problem is solved analytically.

72. Also, analytical estimation of MSE of MAP is obtained.

73. Analytical treatment requires modelling of the spatial structure of precipitation fields.

Close examination of all three methodologies showed that anyone would do. Methodology C was finally chosen mainly because: (a) it is based on kriging which is a well-known and thoroughly tested method, and (b) it has been developed through application in areas close to the Mediterranean.

Methodology C was adapted to our needs. To this end, we first took advantage of the idea of using the scaled climatological semi-variogram and, second, we exploited results from previous studies which allowed limiting our analyses to the estimation of the range of the theoretical semi-variogram thus avoiding the estimation of MSE.

Also, the adapted methodology was enhanced to cope with the problems of drift and anisotropy in the precipitation fields.

Application to Eastern Crete showed that:

The maximum allowed stations' spacing is of the order of 17 km.

Based on this design criterion the existing 44-station network is too dense.

A subset of stations should be used in drought assessments.

Candidate networks fulfilling the design criterion and numerically constructed via random spatial sampling showed that the required number of stations is in the order of 10 to 15.

References

- Bras, R. L., and I. Rodriguez-Iturbe, Network design for the estimation of area mean of rainfall events, *Water Resour. Res.*, 12(6), 1185-95, 1976.
- Jones, D. A., R. J. Gourney, and P. E. O'Connell, Network design using optimal estimation procedures, *Water Resour. Res.*, 15(6), 1801-1812, 1979.
- Le Barbe, L., and T. Lebel, Rainfall climatology of the HAPEX-Sahel region during the years 1950-1990. *J. Hydrol.*, 188-189, 43-73, 1997.
- Lebel, T., and G. Bastin, Variogram identification by the mean-square interpolation error method with application to hydrologic fields. *J. Hydrol.*, 77, 31-56, 1985.
- Lebel, T., G. Bastin, C. Obled, and J. D. Creutin, On the accuracy of areal rainfall estimation: a case study, *Water Resour. Res.*, 23(11): 2123-2138, 1987.
- Lebel, T., and L. Le Barbe, Rainfall monitoring during HAPEX-Sahel: 2. Point and areal estimation at the event and seasonal scales, *J. Hydrol.*, 188-189, 97-122, 1997.
- O'Connell, P. E., Rationalisation of the Wessex Water Authority rain gauge network, Institute of Hydrology, Wallingford, report no 51, 1978.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση

- Beguería S., Vicente-Serrano S.M., Reig F., Latorre B., 2014. Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring. *International Journal of Climatology*, 34(10): 3001-3023.
- Beran, M.A., Rodier, J.A., 1985. *Hydrological Aspects of Drought*. Studies and Reports in Hydrology 39, Unesco-WMO, ISBN: 92-3-102288-1, France, 151 pp.
- Bhalme, H.N., Mooley, D.A., 1980. Large scale droughts/floods and monsoon circulation. *Monthly Weather Review*, 108:8, 1197-1211.
- Bonaccorso B., Cancelliere A., Rossi G., 2003. An analytical formulation of return period of drought severity. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 17(3): 157-174.
- Correia, F.N., Santos, M.A., Rodrigues, R.R., 1991. Reliability in Regional Drought Studies. In: *Water Resources Engineering Risk Assessment*, Jacques Ganoulis (ed.), NATO ASI Series, Vol. G 29, Berlin, 43-62.
- Dracup J.A., Lee K.S., Paulson E.G., 1980. On the statistical characteristics of drought events. *Water Resources Research*, 16(2): 289-296.
- Edossa, D.C., Babel, M.S., Guota, A.D., 2010. Drought Analysis in the Awash River Basin, Ethiopia. *Water Resources Management*, 24:7, 1441-1460.
- Edwards, D.C., McKee, T.B., 1997. Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. *Climatology Report No. 97-2 (Atmospheric Science Paper No. 634)*, Department of Atmospheric Science, Colorado State University, Fort Collins (CO), May 1997, 155 p.
- Fernández B., Salas J., 1999. Return period and risk of hydrologic events. I. Mathematical formulation. *Journal of Hydrologic Engineering*, 4(4): 297-307.
- Gibbs, W.J., Maher, J.V., 1967. Rainfall deciles as drought indicators. *Bureau of Meteorology Bulletin 48*, Commonwealth of Australia, Melbourne, Australia, 84 p.
- Glantz, M.H., Katz, R.W., 1977. When is a drought a drought? *Nature*, 267: 192-193.
- Guha-Sapir, D., Hargitt, D., Hoyois, P., 2004. *Thirty Years of Natural Disasters 1974-2003: The Numbers*. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, Presses Universitaires de Louvain (UCL), Brussels, 188 pp.
- Gumbel, E.J., 1963. Statistical Forecast of Droughts. *International Association of Scientific Hydrology. Bulletin*, 8:1, 5-23.
- Hargreaves G.H., Samani Z.A., 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Transaction of ASAE*, 1(2): 96-99.
- Hashimoto, T., Stedinger, J.R., Loucks, D.P., 1982. Reliability, resiliency, and vulnerability criteria for water resource system performance evaluation. *Water Resources Research*, 18:1, 14-20.
- Hayes, M.J., Alvord, C., Lowrey J., 2007. Drought Indices. Feature Article, *Intermountain West Climate Summary*, 3:6, 2-6.
- Hayes, M.J., Svoboda, M.D., Wilhite, D.A., Vanyarkho, O.V., 1999. Monitoring the 1996 Drought Using the Standardized Precipitation Index. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80:3, 429-438.
- Heim R.R., 2002. A Review of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83:8, 1149-1165.

- Hollinger, S.E., Isard, S.A., Welford, M.R., 1993. A new soil moisture drought index for predicting crop yields. Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society. Anaheim (CA), 17-22 January 1993, AMS, pp 187-190.
- Jinno, K., 1995. Risk Assessment of a Water Supply System during Drought. International Journal of Water Resources Development, 11:2, 185-204.
- Katz, R.W., Glantz, M.H., 1986. Anatomy of a rainfall index. Monthly Weather Review, 114:4, 764-771.
- Keyantash, J., Dracup, J.A., 2002. The Quantification of Drought: An Evaluation of Drought Indices. Bulletin of the American Meteorological Society, 83:8, 1167-1180.
- Kumar V, Panu U, 1997. Predictive assessment of severity of agricultural droughts based on agro-climatic factors. Journal of the American Water Resources Association 33: 1255-1264
- McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scale. Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society. Anaheim (CA), 17-22 January 1993, AMS, pp. 179-184.
- Meyer, S.J., Hubbard, K.G., Wilhite, D.A., 1993. A crop specific drought index for corn: I. Modern development and validation. Agronomy Journal, 85:2, 388-395.
- Mishra, A.K., Singh, V.P., 2010. A review of drought concepts. Journal of Hydrology, 391:1-2, 202-216.
- Nalbantis, I., Tsakiris, G., 2009. Assessment of hydrological drought revisited. Water Resources Management, 23:5, 881-897.
- Narasimhan, B., Srinivasan, R., 2005. Development and evaluation of Soil Moisture Deficit Index (SMDI) and Evapotranspiration Deficit Index (ETDI) for Agricultural Drought Monitoring. Agricultural and Forest Meteorology, 133:1-4, 69-88.
- NDMC, 1995. Understanding and Defining Drought. Categories of Drought Definition, <http://enso.unl.edu/ndmc/enigma/def2.htm>, First published: November 15, 1995.
- Niemeyer, S., 2008. New drought indices. Proceedings of the 1st International Conference "Drought management: Scientific and technological innovations" (Option Méditerranéennes, Series A, No. 80), 12-14 June 2008, Zaragoza (Spain), pp. 267-274.
- Palmer, W.C., 1965. Meteorological Drought. US Department of Commerce, Weather Bureau, Research Paper No. 45, Washington D.C., 58 pp.
- Palmer, W.C., 1968. Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: The new Crop Moisture Index. Weatherwise, 21:4, 156-161.
- Paulo, A.A., Pereira, L.S., 2009. Drought Concepts and Characterization: Comparing Drought Indices Applied at Local and Regional Scales. Water International, 31:1, 37-49.
- Peters E., Torfs P.J.J.F., Van Lanen H.A.J., Bier G., 2003. Propagation of drought through groundwater - a new approach using linear reservoir theory. Hydrological Processes, 17(15): 3023-3040.
- Prud'homme, A. 2011. Drought: A Creeping Disaster. The New York Times. July 17: SR3.
- Redmond, K., 1991. Climate monitoring and indices. Proceedings of the Drought Management and Planning Seminar and Workshop, D.A. Wilhite, D.A. Wood and P.A. Kay (Eds.), Lincoln, NE, University of Nebraska, Lincoln, pp. 29-33.
- Rossi G., Benedini M., Tsakiris G., Giakoumakis S., 1992. On regional drought estimation and analysis. Water Resources Management, 6: 249-277.
- Rossi, G., Cancelliere, A., Giuliano, G., 2005. Case Study: Multicriteria Assessment of Drought Mitigation Measures. Journal of Water Resources Planning and Management, 131:6, 449-457.

- Shafer, B.A., 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, Reno (NV), 19-23 April 1982, Colorado State University, Fort Collins (CO), pp. 164-175.
- Stahl, K., 2001. Hydrological drought – A study across Europe. Dissertation, Albert-Ludwigs Universitat Freiburg, Freiburg, 122 p.
- Sullivan, C. A., & Meigh, J., 2007. Integration of the biophysical and social sciences using an indicator approach: addressing water problems at different scales. *Water resources management*, 21(1), 111-128.
- Sullivan, C., 2002. Calculating a water poverty index. *World development*, 30(7), 1195-1210.
- Tannehill, I.R., 1947. Drought, Its Causes and Effects. Princeton, N.Y.: Princeton University Press, New Jersey, U.S.A., 264 pp.
- Tate, E.L., Gustard A., 2000. Drought Definition: A Hydrological Perspective. In: J.V. Voght and F. Somma (eds.), Drought and Drought Mitigation in Europe (Advances in Natural and Technological Hazard Research), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 2000, The Netherlands, ISBN: 0-7923-6589-5, pp. 23-48.
- Tigkas, D, Tsakiris G, 2015. Early estimation of drought impacts on rainfed wheat yield in Mediterranean climate. *Environmental Processes* 2(1): 97-114
- Tigkas, D, Vangelis H, Tsakiris G, 2015. DrinC: a software for drought analysis based on drought indices. *Earth Science Informatics* 8(3): 697-709
- Tigkas, D, Vangelis H, Tsakiris G, 2019. Drought characterisation based on an agriculture-oriented standardised precipitation index. *Theoretical and Applied Climatology*, 135(3–4): 1435–1447
- Tigkas, D., Vangelis, H., Tsakiris, G., 2017. An enhanced effective reconnaissance drought index for the characterisation of agricultural drought. *Environmental Processes*, 4(suppl. 1): 137-148.
- Tsakiris, G., 2008. Uni-dimensional analysis of droughts for management decisions. *European Water*, 23/24, 3-11.
- Tsakiris, G., Loukas, A., Pangalou, D., Vangelis, H., Tigkas, D., Rossi, G., & Cancelliere, A. (2007). Drought characterization. *Drought management guidelines technical annex*, 85-102.
- Tsakiris, G., Nalbantis, I., Vangelis, H., Verbeiren, B., Huysmans, M., Tychon, B., Jacquemin, I., Canters, F., Vanderhaegen, S., Engelen, G., Poelmans, L., De Becker, P., Batelaan, O., 2013. A System-based Paradigm of Drought Analysis for Operational Management. *Water Recourses Management* 27, 5281–5297.
- Tsakiris, G., Pangalou, D., Vangelis, H., 2017. Regional drought assessment based on the Reconnaissance Drought Index (RDI). *Water Resources Management*, 21:5, 821-833.
- Tsakiris, G., Tigkas, D., Vangelis, H., Pangalou, D., 2007. Regional Drought Identification and Assessment. Case Study in Crete. In: Rossi G., Vega T., Bonaccorso B. (eds) *Methods and Tools for Drought Analysis and Management*. Water Science and Technology Library, vol 62. Springer, Dordrecht, pp. 169-191.
- Tsakiris, G., Vangelis, H., 2004. Towards a Drought Watch System based on Spatial SPI. *Water Resources Management*, 18:1, 1-12.
- Tsakiris, G., Vangelis, H., Tigkas, D., 2010. Assessing Water System Vulnerability to Multi-year Droughts. *European Water* 29, 21-29.
- Tucker, C.J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8:2, 127-150.
- van Rooy, M.P., 1965. A rainfall anomaly index independent of time and space. *Notos, Weather Bureau of South Africa*, 14, 43-48.

- Vangelis H., Tigkas D., Tsakiris G., 2013. The effect of PET method on Reconnaissance Drought Index (RDI) calculation. *Journal of Arid Environments*, 88: 130-140.
- Vicente-Serrano S.M., Beguería S., López-Moreno J.I., 2010. A Multi-scalar drought index sensitive to global warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index - SPEI. *Journal of Climate*, 23: 1696-1718.
- Vlachos, E.C., 1982. Drought management interfaces. In: Annual ASCE Conference, Las Vegas, Nevada, 15 pp.
- Wilhite, D.A., 1993. The Enigma of Drought. In: Wilhite D.A. (eds) *Drought Assessment, Management, and Planning: Theory and Case Studies*. Natural Resource Management and Policy, vol 2. Springer, Boston, MA, p. 3-15.
- Wilhite, D.A., Glantz, M.H., 1985. Understanding: the Drought Phenomenon: The Role of Definitions, *Water International*, 10:3, 111-120.
- Wilhite, D.A., Hayes, M.J., Svoboda, M.D., 2000. Drought Monitoring and Assessment: Status and Trends in the United States. In: J.V. Voght and F. Somma (eds.), *Drought and Drought Mitigation in Europe (Advances in Natural and Technological Hazard Research)*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 2000, The Netherlands, ISBN: 0-7923-6589-5, pp. 149-160.
- WMO & GWP, 2016. World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP), 2016: Handbook of Drought Indicators and Indices (M. Svoboda and B.A. Fuchs). Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2. Geneva, 49 pp.
- WMO (World Meteorological Organization), 2012. Standardized Precipitation Index User Guide (M. Svoboda, M. Hayes and D. Wood). (WMO-No. 1090), Geneva, Switzerland.
- Yevjevich, V., 1967. An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts. *Hydrology Papers*, No. 23.
- Zhai, J., Su, B., Krysanova, V., Vetter, T., Gao, C., Jiang T., 2010. Spatial Variation and Trends in PDSI and SPI Indices and their Relation to Streamflow in 10 Large Regions of China. *Journal of Climate*, 23:3, 649-663.

Ελληνική

- Βαγγέλης, Χ. 2012. Εκτίμηση και Προληπτικός Σχεδιασμός Αντιμετώπισης της Ξηρασίας. Διδακτορική Διατριβή, Χ. Βαγγέλης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 356 σ.
- ΕΓΥ, 2015. Σχέδιο διαχείρισης λεκανών απορροής ποταμών υδατικού διαμερίσματος Κρήτης (GR13), ΕΓΥ.
- Κριτωτάκης Μ., Παυλίδου Σ., 2013. Κατάσταση υπόγειων υδροφόρων Κρήτης. Αποκεντρωμένη Διοίκηση Κρήτης.
- Νικολαΐδης Ν. κ.α. (2017) Τελική Έκθεση Προγράμματος AQUAMAN. EEA - Aquaman Project, https://aquaman.tuc.gr/images/users/sotiria/Aquaman_Final_Report.pdf
- Παπαρηγορίου Σ., Καϊμάκη Σ., Παπαγεωργίου-Τορτοπίδη, Ν., Περλέρος Β., Λαζαρίδης & Σ/τες, 2001. Μελέτη Διαχείρισης υδατικών πόρων Κρήτης. Περιφέρεια Κρήτης.
- Τσακίρης & Βαγγέλης, 2013. Κεφάλαιο 13: Ξηρασία. Γ. Τσακίρης και Χ. Βαγγέλης. ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ: Ι. Τεχνική Υδρολογία & Εισαγωγή στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων (σελίδες 704). Υπεύθυνος Έκδοσης: Γ. Τσακίρης. Εκδόσεις Συμμετρία, ISBN: 978-960-266-380-6, Αθήνα 2013, σ. 473-522.
- ΥΠΑΠΕ, 2017. Καινοτόμες Μεθοδολογίες Διαχείρισης Υδατικών Πόρων για την Προσαρμογή της Κλιματικής Αλλαγής και Διακυβέρνησης της Περιφέρειας Κρήτης (Aquaman).

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΡΗΤΗΣ
ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΗΣ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΥΔΑΤΩΝ

ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ -
ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

Ανάδοχος:

- SEEMAN SMART ENVIRONMENTAL ENGINEERING AND MANAGEMENT ΙΔΙΩΤΙΚΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥΧΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ, με δ.τ. SEEMAN ENVIRONMENTAL
- ΣΑΒΒΑΣ Ν. ΠΑΡΙΤΣΗΣ ΓΡΑΦΕΙΟ ΜΕΛΕΤΩΝ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ ΙΚΕ, με δ.τ. ΣΑΒΒΑΣ Ν. ΠΑΡΙΤΣΗΣ

Ηράκλειο, Ιούνιος 2020

**ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ – ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ**

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
2. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ	8
2.1 Χωρική έκταση της ξηρασίας.....	8
2.2 Αξιολόγηση δεικτών σε επίπεδο ομάδων υπολεκανών απορροής της Κρήτης.....	11
Δείκτης SPI	12
Δείκτης aSPI	20
2.3. Χάρτες ξηρασίας.....	29
3. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ – ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	
ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ-ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ.....	66
3.1 Γενικά περί σχεδιασμού αντιμετώπισης ξηρασίας-λειψυδρίας.....	66
3.2 Σύστημα προειδοποίησης.....	69
Σύστημα Παρακολούθησης.....	69
Υπολογιστική διαδικασία	69
Σύστημα πρόγνωσης	69
3.3 Επιπτώσεις και επιλογές.....	72
Εκτίμηση των επιπτώσεων	74
Δυνητικές επιλογές	75
Ορθολογική ιεράρχηση της ικανοποίησης της ζήτησης.....	78
3.4 Οργανωτική διάσταση.....	83
Θεσμικό και νομικό πλαίσιο	83
Συμμετοχικές διαδικασίες.....	85
Προσπάθεια συμμετοχής του κοινού στον Ελληνικό χώρο	89
3.5 Στρατηγικός και Επιχειρησιακός Σχεδιασμός.....	99
3.6 Περιεχόμενα Σχεδίου Διαχείρισης Ξηρασίας-Λειψυδρίας	101
3.7 Εκτίμηση λειψυδρίας: μεθοδολογία και εφαρμογή.....	104
3.8 Παραδείγματα εφαρμογής Σχεδιασμού Αντιμετώπισης της ξηρασίας- λειψυδρίας	116
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ	118
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	119
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	122
ΥΠΟΓΡΑΦΕΣ - ΘΕΩΡΗΣΕΙΣ.....	124

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το έργο «Κατάρτιση Σχεδίου δράσης για την Αντιμετώπιση Ξηρασίας - Λειψυδρίας στην Περιφέρεια Κρήτης» ανατέθηκε με την υπογραφή της σχετικής σύμβασης στις 11/9/2019. Η συνολική χρονική διάρκεια εκπόνησης της μελέτης/έργου είναι 14 μήνες από την υπογραφή της σύμβασης και το έργο χωρίζεται σε τρία στάδια (πακέτα εργασιών) που καλύπτουν τρεις περιόδους και καταλήγουν σε 3 παραδοτέα αντίστοιχα.

Σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα εκπόνησης του έργου που εγκρίθηκε από τους επιβλέποντες, ο ανάδοχος σε 5 μήνες από την υπογραφή της σύμβασης, υπέβαλε εμπρόθεσμα στην Διευθύνουσα Υπηρεσία το 1^ο Παραδοτέο στο οποίο συμπυκνώνονται τα αποτελέσματα των εργασιών της Μελετητικής ομάδας για τις πρώτες 6 δράσεις/εργασίες του έργου όπως αναφέρονται παρακάτω:

1. Ιστορική αναδρομή φαινομένων ξηρασίας-λειψυδρίας, η διαχείριση τους και οι επιπτώσεις στο οικονομικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό επίπεδο.
2. Πρόβλεψη της ζήτησης σε νερό για διάφορες χρήσεις μέχρι το 2021 για κάθε ομάδα υπολεκανών.
3. Καταγραφή του ισοζυγίου κάθε υδατικού συστήματος (υπόγειου ή επιφανειακού) και έργου (ταμιευτήρες, λιμνοδεξαμενές, πεδία γεωτρήσεων κλπ).
4. Αποτύπωση των σχέσεων ζήτησης και διαθεσιμότητας υδατικών πόρων για κάθε ομάδα υπολεκανών
5. Ανάλυση και καθορισμός φαινομένων ξηρασίας και λειψυδρίας με τη χρήση κατάλληλων δεικτών.
6. Σχεδιασμός δικτύου παρακολούθησης της ξηρασίας με βάση την υπάρχουσα υποδομή.

Το παρόν τεύχος αποτελεί το 2^ο Παραδοτέο του έργου που υποβάλλεται από τον Ανάδοχο εμπρόθεσμα στη Διευθύνουσα Υπηρεσία για έγκριση. Στο δεύτερο παραδοτέο αναπτύσσονται τα αντικείμενα 7 και 8 (ή 3.7 και 3.8 όπως αναφέρονται στο τεύχος τεχνικών δεδομένων της Διακήρυξης του έργου):

7. Αξιολόγηση των δεικτών που θα έχουν καθοριστεί με τη χρήση ιστορικών δεδομένων–χρονοσειρών βάσει σεναρίων για ήπιες - μέτριες - σοβαρές καταστάσεις ξηρασίας καθώς και σεναρίων επανάληψης φαινομένων ξηρασίας σε περίοδο δύο συνεχόμενων ετών και τριών συνεχόμενων ετών
8. Καθορισμός κατάστασης επικινδυνότητας ανά ομάδα υδρολογικών υπολεκανών με 4βαθμια κλίμακα: «κανονική κατάσταση», «μέση κατηγορία κινδύνου», «υψηλή κατηγορία κινδύνου» και «κατηγορία συναγερμού». Ο καθορισμός θα γίνει με την ανάπτυξη σχετικού αλγορίθμου που θα συμπεριλαμβάνει τους δείκτες ξηρασίας, τα υδραυλικά έργα, τα υδατικά αποθέματα κλπ. ,

Στα κεφάλαια που ακολουθούν εκτός των δύο παραπάνω αντικειμένων παρουσιάζεται αναλυτικά ο

σχεδιασμός του δικτύου παρακολούθησης και πρόγνωσης της ξηρασίας που προτείνεται να χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της σφοδρότητας της ξηρασίας σε κάθε ομάδα υπολεκανών σε συνδυασμό με την υπάρχουσα υποδομή και τα αποθέματα στην αρχή κάθε υδρολογικού έτους. Κυρίως όμως παρουσιάζονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την οργάνωση ενός αποδοτικού συστήματος παρακολούθησης και πρόγνωσης της ξηρασίας με όλες τις επιλογές αντιμετώπισης της και τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων με την ενεργό συμμετοχή των ενδιαφερομένων και του κοινού.

Για τη σύνταξη του παρόντος εκτός των αναφορών που παρουσιάζονται στο τέλος του τεύχους χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα Ευρωπαϊκών ερευνητικών προγραμμάτων όπως το MEDROPLAN, SEDEMED II, PRODIM (στα οποία συμμετείχε η μελετητική ομάδα) καθώς και το ερευνητικό πρόγραμμα AQUAMAN.

2. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ

2.1 Χωρική έκταση της ξηρασίας

Η ξηρασία είναι ένα τριδιάστατο φαινόμενο, με τα χαρακτηριστικά της να προσδιορίζονται από την ένταση, τη διάρκεια και τη χωρική έκταση. Ο προσδιορισμός της πραγματοποιείται συνήθως μέσω χαρτών, στους οποίους αποτυπώνεται η κατανομή της έντασης της ξηρασίας στην περιοχή ενδιαφέροντος (Kim et al. 2002, Tsakiris and Vangelis 2004, Loukas and Vasiliades 2004, Vicente-Serrano 2006). Η δημιουργία των χαρτών μπορεί να γίνει με διάφορες προσεγγίσεις, όπως μεθόδους γεωστατιστικής ή κάποια διαδικασία διακριτοποίησης (Tsakiris et al. 2007b).

Οι χάρτες ξηρασίας είναι σημαντικά εργαλεία για την απεικόνιση των τμημάτων μίας περιοχής που πλήττονται από ξηρασία, αλλά και για τον εντοπισμό των περιοχών που είναι περισσότερο ευαίσθητες στην παρουσίαση επεισοδίων ξηρασίας, ως συνάρτηση της έντασης και της συχνότητας εμφάνισης του φαινομένου, καθώς και των υφιστάμενων δραστηριοτήτων σε κάθε περιοχή.

Η αποτύπωση ενός γενικευμένου χάρτη ξηρασίας παρουσιάζει το μειονέκτημα ότι δεν προσδιορίζει το φαινόμενο σε επίπεδο λεκανών απορροής, που αποτελούν την κύρια μονάδα αναφοράς για τη διαχείριση υδατικών πόρων (Tsakiris et al. 2007a). Όπως άλλωστε είναι γνωστό, η λεκάνη απορροής (ή το σύνολο μικρών γειτονικών λεκανών απορροής) είναι η χωρική μονάδα όπου λαμβάνονται διαχειριστικές αποφάσεις που αφορούν στους υδατικούς πόρους σύμφωνα και με την Ευρωπαϊκή Οδηγία Πλαίσιο 2000/60. Συνεπώς, η αποτύπωση και ο προσδιορισμός της ξηρασίας με αναφορά στις λεκάνες απορροής αποτελεί σημαντική παράμετρο προκειμένου να είναι δυνατή η εξαγωγή σαφών και ορθολογικών αποτελεσμάτων ως προς τα πιθανά προβλήματα και τις δυνατότητες διαχείρισης των υδατικών συστημάτων. Ανάλογα με τις ανάγκες διερεύνησης, αλλά και τις ιδιαιτερότητες μιας περιοχής (π.χ. μορφολογικά χαρακτηριστικά, μέγεθος λεκανών απορροής, κατηγορίες υδατικών συστημάτων, είδος και κατανομή υδατικών αναγκών), η ανάλυση μπορεί να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας ως χωρική μονάδα, αντί της λεκάνης απορροής, υπολεκάνες (παρέχοντας αναλυτικότερη αποτύπωση σε περιπτώσεις μεγάλων λεκανών) ή ομάδες λεκανών (δίνοντας σαφέστερη εικόνα για την αποτελεσματική διαχείριση των υδατικών συστημάτων σε περιπτώσεις μικρών λεκανών).

Η εφαρμογή της χωρικής ανάλυσης μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών, σε χρήση κατάλληλων μεθόδων. Η είσοδος δεδομένων στο σύστημα πραγματοποιείται μέσω βάσεων δεδομένων, υπό τη μορφή χωρικών γεωγραφικών οντοτήτων. Συγκεκριμένα, από την επεξεργασία των χρονοσειρών, προκύπτουν σημειακές οντότητες ανά χρονική μονάδα (π.χ. έτος). Στη διεθνή βιβλιογραφία συναντάται ένα ευρύ φάσμα μεθόδων χωρικής ολοκλήρωσης για την κατανομή κλιματικών μεταβλητών (π.χ., βροχόπτωση). Οι μέθοδοι χωρικής κατανομής δύναται να κατηγοριοποιηθούν σε δύο κατηγορίες: ντετερμινιστικές μεθόδους (π.χ., μέθοδος Thiessen, μέθοδος Inverse Distance Weighting-IDW κλπ.) και σε γεω-στατιστικές μεθόδους (Ordinary Kriging, Co-Kriging,

Empirical Bayesian kriging, Thin Plate Smoothing Splines κλπ.) (Zheng and Basher, 1995, Rhee et al., 2008). Σε αντίθεση με τις ντετερμινιστικές μεθόδους οι γεω-στατιστικές μέθοδοι χωρικής ολοκλήρωσης επιτρέπουν στον χρήστη να αξιοποιήσει τη χωρική συσχέτιση μεταξύ γειτονικών παρατηρήσεων για την πρόβλεψη μιας μεταβλητής στο χώρο. Στην παρούσα μελέτη για λόγους πληρότητας γίνεται χρήση μιας ντετερμινιστικής μεθόδου (Inverse Distance Weighting-IDW) καθώς και μιας γεω-στατιστικής μεθόδου (Empirical Bayesian Kriging), οι οποίες θεωρούνται κατάλληλες για χρήση με δείκτες ξηρασίας (π.χ. Tsakiris and Vangelis 2004, Karavitis et al. 2011, Cai et al. 2015).

Η μέθοδος IDW αποτελεί έναν αλγόριθμο στάθμισης σύμφωνα με τον οποίο οι τιμές στο χώρο επηρεάζονται περισσότερο από τους πλέον κοντινούς σταθμούς. Οι εξισώσεις για τον υπολογισμό της τιμής στο χώρο σύμφωνα με τη μέθοδο IDW είναι (Yuan et al., 2016):

$$Z(S_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(S_i) \quad (1)$$

$$\lambda_i = \frac{d_i^{-p}}{\sum_{i=1}^n d_i^{-p}} \quad (2)$$

όπου $Z(S_i)$ είναι η μετρημένη τιμή στον σταθμό i , λ_i είναι το βάρος στο σταθμό i , $Z(S_0)$ είναι η εκτιμώμενη τιμή, n είναι ο αριθμός των σταθμών, d_i είναι η απόσταση από τον i σταθμό και p είναι η παράμετρος δύναμης. Στην παρούσα μελέτη η παράμετρος δύναμης (p) επιλέχθηκε ίση με δύο (Yuan et al. 2016).

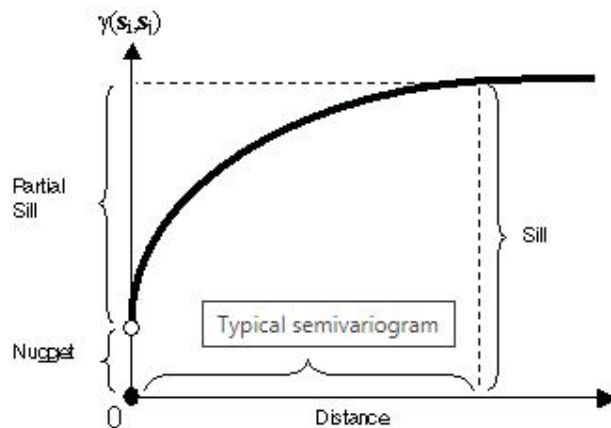
Η Μέθοδος Ordinary Kriging αποτελεί μια στοχαστική μέθοδο, η οποία χρησιμοποιεί το ημιβαριόγραμμα (semivariogram) ως μέτρο ανομοιομορφίας μεταξύ των παρατηρήσεων (Akhtari et al., 2009). Το ημιβαριόγραμμα ουσιαστικά αποτελεί ένα μαθηματικό μοντέλο το οποίο χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της διακύμανσης της συνάρτησης Z , η οποία υπολογίζεται ως εξής:

$$Z(s) = \mu + \delta(s) \quad (3)$$

όπου μ και $\delta(s)$ ο μέσος όρος και η τυχαία διακύμανση για την οποία θεωρούμε ότι η χωρική συσχέτιση μεταξύ $\delta(s)$ και $\delta(s+h)$ είναι υπαρκτή, αντίστοιχα. Το h είναι ένα διάνυσμα (Μυριούνης, 2008). Για την κλασική εκτίμηση του ημιβαριόγραμματος ($2\gamma(h)$) χρησιμοποιείται η Εξίσωση 4 (Μυριούνης, 2008):

$$2\gamma h = \frac{1}{n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [z(s_i) - z(s_i + h)]^2 \quad (4)$$

όπου $n(h)$ είναι ο αριθμός των ζευγών που απέχουν απόσταση h (χωρικό βήμα-Lag distance), $\gamma(h)$ είναι ημιδιακύμανση (semi-variance), και η αντίστοιχη συνάρτηση που τη συνδέει με το διάνυσμα h καλείται ημιβαριόγραμμα (semi-variogram). Το ημιβαριόγραμμα παρέχει πληροφορίες σχετικά με την χωρική συσχέτιση των τιμών μιας τυχαίας συνάρτησης στο χώρο και των μεταξύ τους αποστάσεων. Στο Σχήμα 2.1 παρουσιάζεται ένα τυπικό ημιβαριόγραμμα.



Σχήμα 2.1 Τυπικό ημιβαριόγραμμα (semivariogram)

(Πηγή: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/geostatistical-analyst/semivariogram-and-covariance-functions.htm>)

Σύμφωνα με τον Μυριούνη (2008) οι πληροφορίες που παρουσιάζονται στο ημιβαριόγραμμα είναι: η παράμετρος Nugget η οποία είναι η χωρική διακύμανση που οφείλεται στο συστηματικό λάθος μέτρησης και δειγματοληψίας, ή σε άλλες ανεξήγητες πηγές. Η παράμετρος Partial Sill η οποία αποτελεί την χωρική δομή της διακύμανσης που οφείλεται στη διαφοροποίηση της τυχαίας συνάρτησης Z στο χώρο, έτσι όπως καταγράφηκε από τις παρατηρήσεις. Το άθροισμα των Nugget και Partial Sill καλείται όριο ή κατώφλι (Sill), και θεωρητικά ισούται με τη διακύμανση του πληθυσμού των δειγμάτων σε μεγάλες αποστάσεις διαχωρισμού εάν απουσιάζουν τοπικές τάσεις. Αν η παράμετρος Nugget ισούται με την παράμετρο Sill, αυτό σημαίνει την απουσία χωρικής συσχέτισης και την τυχαία διακύμανση της Z (Μυριούνης, 2008), φαινόμενο γνωστό και ως φαινόμενο σβόλου (nugget effect). Το παραπάνω φαινόμενο ενδέχεται να οφείλεται σε λάθη παρατήρησης, αλλά και σε τοπικές διαταραχές του φαινομένου σε μικροκλίμακες μελέτης. Στα πειραματικά ημιβαριόγραμμα προσαρμόζονται θεωρητικά μοντέλα ημιβαριόγραμμάτων. Τα κυριότερα θεωρητικά μοντέλα ημιβαριόγραμμάτων είναι: το Γραμμικό μοντέλο (Linear Model), το Σφαιρικό μοντέλο (Spherical Model), το Εκθετικό μοντέλο (Exponential Model) και το Μοντέλο Gauss (Gauss Model) (Μυριούνης, 2008). Η προσαρμογή των θεωρητικών μοντέλων στα δεδομένα πεδίου πραγματοποιείται με τη χρήση αριθμητικών μεθόδων (π.χ., μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων). Για την παραγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων είναι απαραίτητη η χειροκίνητη βαθμονόμηση των παραμέτρων (Krivoruchko, 2012, Krivoruchko and Gribon 2019).

Η μέθοδος Empirical Bayesian Kriging (EBK) αποτελεί μια γεω-στατιστική μέθοδο χωρικής κατανομής η οποία διαφέρει από τις κλασικές μεθόδους Kriging, καθώς λαμβάνει υπόψιν το σφάλμα το οποίο εισάγεται κατά την εκτίμηση του ημιβαριόγραμματος. Οι κλασικές μεθοδοι Kriging υπολογίζουν το ημιβαριόγραμμα κάνοντας χρήση των παρατηρήσεων και στη συνέχεια το χρησιμοποιούν για τον υπολογισμό των μεταβλητών σε περιοχές χωρίς μετρήσεις. Η παραπάνω διαδικασία θεωρεί το εκτιμώμενο ημιβαριόγραμμα ως το πραγματικό για την περιοχή και ως εκ τούτου δεν λαμβάνεται υπόψη

η αβεβαιότητα, με αποτέλεσμα να υποεκτιμάται σημαντικά το σφάλμα πρόγνωσης (Krivoruchko 2012). Η μέθοδος EBK εκτιμά το παραπάνω σφάλμα χρησιμοποιώντας πολλαπλά ημιβαριογράμματα αντί ενός. Η μέθοδος περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα (Krivoruchko 2012): (α) εκτίμηση ενός ημιβαριογράμματος από τα δεδομένα, (β) χρήση του ημιβαριογράμματος για την εκτίμηση μιας νέας τιμής για τις περιοχές που υπάρχουν παρατηρήσεις, (γ) εκτίμηση ενός νέου ημιβαριογράμματος από τα προσομοιωμένα δεδομένα και εκτίμηση του βάρους του ημιβαριογράμματος σύμφωνα με το θεώρημα Μπέυζ. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τη μέθοδο Empirical Bayesian Kriging: Chilès and Delfiner (1999) και Krivoruchko and Gribon (2019).

2.2 Αξιολόγηση δεικτών σε επίπεδο ομάδων υπολεκανών απορροής της Κρήτης

Κατόπιν της προηγούμενης εξέτασης των δεικτών ξηρασίας ανά περιοχή (μετεωρολογικό σταθμό), πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση των δεικτών σε χωρικό επίπεδο, με αναφορά στις επιλεγμένες ομάδες υπολεκανών απορροής. Η χωρική ανάλυση πραγματοποιήθηκε και με τις δύο προαναφερθείσες μεθόδους (IDW και Kriging), ώστε να υπάρχει αντικειμενικότερη αξιολόγηση και να ελαχιστοποιηθούν οι αβεβαιότητες που υπεισέρχονται λόγω των διαφορετικών χωρικών μεθοδολογικών προσεγγίσεων.

Όσον αφορά στα χαρακτηριστικά της ξηρασίας βάσει των εξεταζόμενων δεικτών ξηρασίας, προσδιορίζονται βάσει των συνθηκών του Πίνακα 2.1. Επισημαίνεται ότι ο χαρακτηρισμός προκύπτει βάσει των συνθηκών που επικρατούν στο σύνολο της εκάστοτε εξεταζόμενης περιοχής, σύμφωνα με τον μέσο όρο των σημειακών τιμών κατόπιν της εκάστοτε εφαρμοζόμενης μεθόδου χωρικής ανάλυσης. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ανά ομάδα λεκανών (1, 2, κ.λπ.), όπως εμφανίζονται στον χάρτη του Σχήματος 2.2, και συμβολίζονται στη συνέχεια με S1, S2, κ.λπ., αντίστοιχα.

Τιμή δείκτη ξηρασίας	Κατηγορία συνθηκών
> 2.00	Εξαιρετικά υγρό
1.50 έως 1.99	Έντονα υγρό
1.00 έως 1.49	Μέτρια υγρό
0.50 έως 0.99	Κανονικές συνθήκες (ήπια υγρό)
0.00 έως 0.49	Κανονικές συνθήκες (υγρό)
0.00 έως -0.49	Κανονικές συνθήκες (ξηρό)
-0.50 έως -0.99	Κανονικές συνθήκες (ήπια ξηρασία)
-1.00 έως -1.49	Μέτρια ξηρό (μέτρια ξηρασία)
-1.50 έως -1.99	Έντονα ξηρό (έντονη ξηρασία)
< -2	Εξαιρετικά ξηρό (ακραία ξηρασία)



Σχήμα 2.2 Περιοχές ομάδων υπολεκανών απορροής της Κρήτης

Δείκτης SPI

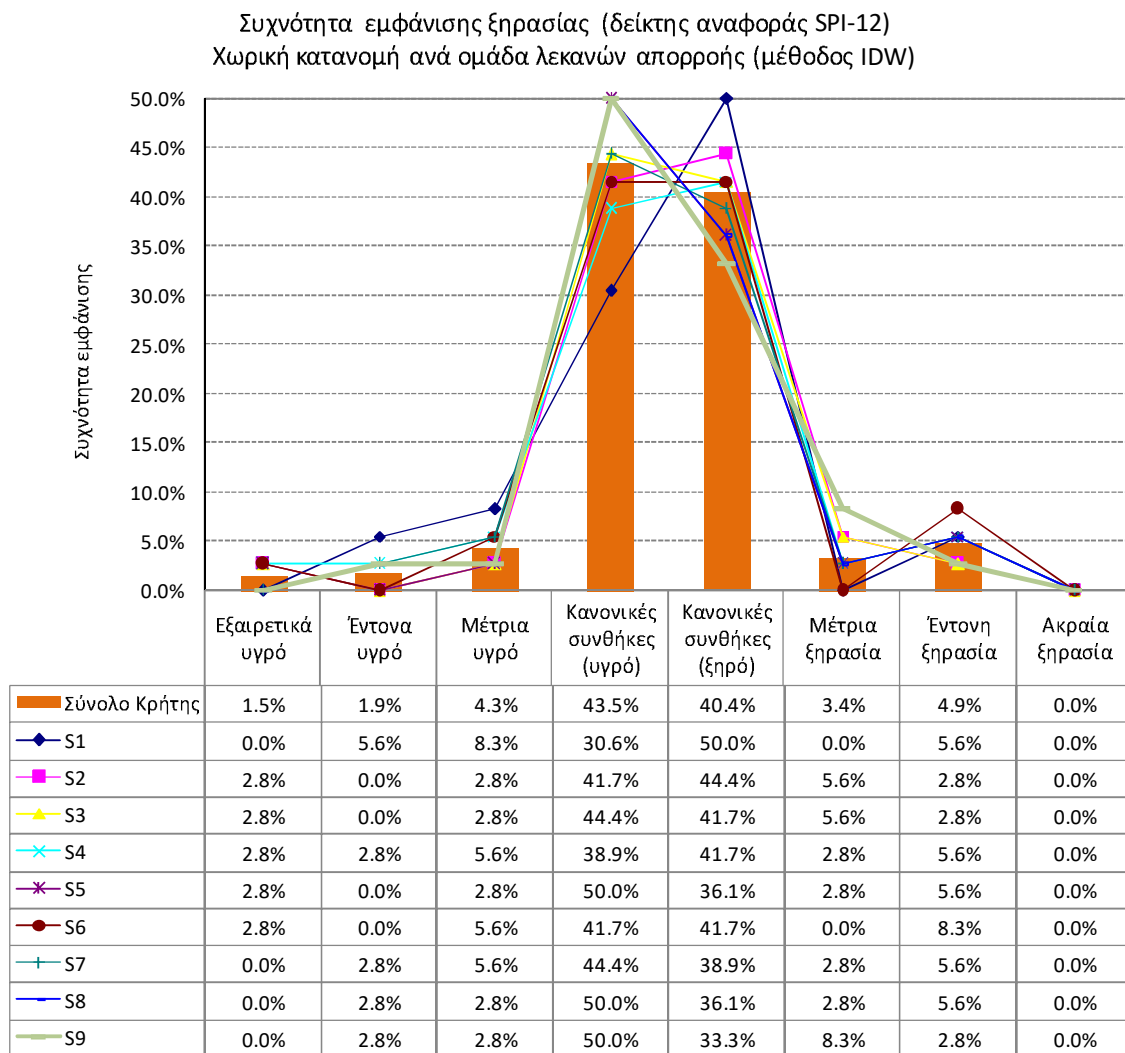
Η εξέταση των επεισοδίων ξηρασίας στις επιλεγμένες ομάδες λεκανών απορροής πραγματοποιήθηκε αρχικά με χρήση του δείκτη SPI. Όπως είναι γνωστό, ο SPI βασίζεται αποκλειστικά στη χρονοσειρά βροχοπτώσεων, με δυνατότητα υπολογισμού σε διάφορες χρονικές κλίμακες 9 (π.χ. 1, 3, 6, 9, 12 μήνες), προκειμένου να αποτυπωθούν διαφορετικά χαρακτηριστικά του φαινομένου, καθώς και η απόκρισή τους στα υδατικά συστήματα. Προκειμένου να διαμορφωθεί μία συνολική και αντιπροσωπευτική εικόνα των συνθηκών στην περιοχή εξετάζεται ο SPI στην 12-μηνια χρονική κλίμακα (SPI-12) και με ετήσιο βήμα προσδιορισμού. Ως περίοδος αναφοράς επιλέχθηκε το υδρολογικό έτος (Οκτώβριος – Σεπτέμβριος), ώστε να είναι σαφής η αντιστοίχιση των συνθηκών κάθε έτους με την εναλλαγή του υδρολογικού κύκλου, με έναρξη, δηλαδή, την περίοδο που παρατηρείται η αρχή της εποχής των βροχοπτώσεων (αύξηση απορροών) αλλά και της επαναφόρτισης της εδαφικής υγρασίας.

Στο Σχήμα 2.3 και Σχήμα 2.4 παρουσιάζονται οι τιμές του δείκτη, όπως έχει προσδιοριστεί χωρικά ανά ομάδα λεκανών απορροής, με τις μεθόδους IDW και Kriging, αντίστοιχα. Παρατηρείται ότι, ανάλογα με την εφαρμοζόμενη μέθοδο, υπάρχουν μικρές αποκλίσεις, χωρίς όμως να διαπιστώνεται ουσιαστική διαφοροποίηση αναφορικά με τον χαρακτηρισμό του φαινομένου ως προς τις επικρατούσες συνθήκες ανά περιοχή. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, το υδρολογικό έτος 1989-90 ήταν το δυσμενέστερο σχετικά με τις συνθήκες ξηρασίας, καθώς επικράτησε έντονη ξηρασία στο σύνολο της Κρήτης. Το επόμενο έτος (1990-91) επικράτησαν και πάλι συνθήκες ξηρασίας, παρόλα αυτά με διακυμάνσεις ανά περιοχή, από έντονη και μέτρια ξηρασία στις δυτικές περιοχές (S1 και S2, αντίστοιχα), ως ήπια ξηρασία στις ανατολικότερες περιοχές (S3-S8). Έτη με ιδιαίτερη ξηρασία ήταν, επίσης, το 1992-93 με έντονη ξηρασία στα κεντρικά τμήματα του νησιού, και το 1999-00 με το φαινόμενο να παρουσιάζει μεγαλύτερη ένταση στις ανατολικές περιοχές. Ενδιαφέρον παρουσιάζει, ακόμα, το έτος 1996-97 κατά το οποίο παρατηρήθηκε ήπια έως έντονη ξηρασία στα ανατολικά (περιοχές S8 και S9, αντίστοιχα), ενώ στις υπόλοιπες περιοχές επικράτησαν εν γένει κανονικές συνθήκες.



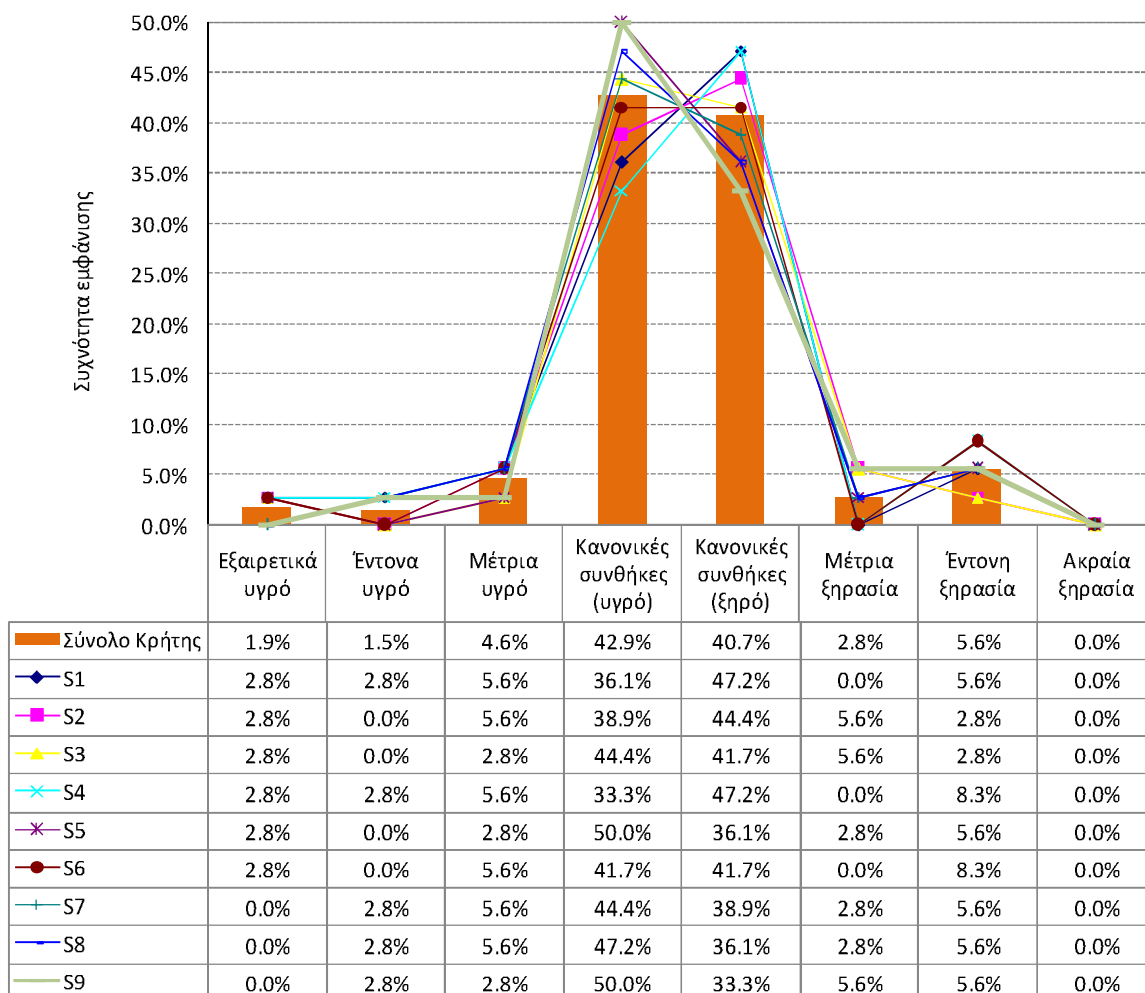
Σχήμα 2.4 Τιμές δείκτη ξηρασίας SPI-12 χωρικά προσδιορισμένου ανά ομάδα υπολεκανών απορροής (μέθοδος Kriging).

Όσον αφορά στη συχνότητα εμφάνισης ανά επίπεδο έντασης ξηρασίας, τα αποτελέσματα της χωρικής ανάλυσης ανά περιοχή παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.5 και Σχήμα 2.6, όπως προκύπτουν με τις μεθόδους IDW και Kriging, αντίστοιχα. Στη χωρική ενότητα των επιλεγμένων ομάδων υπολεκανών διαπιστώνεται ότι δεν παρατηρήθηκαν επεισόδια ξηρασίας ακραίας έντασης κατά την περίοδο διερεύνησης. Έντονα επεισόδια ξηρασίας παρουσιάζονται συχνότερα στις κεντρικές περιοχές (S4, S6) και πιο σπάνια στις δυτικές περιοχές (S2, S3).



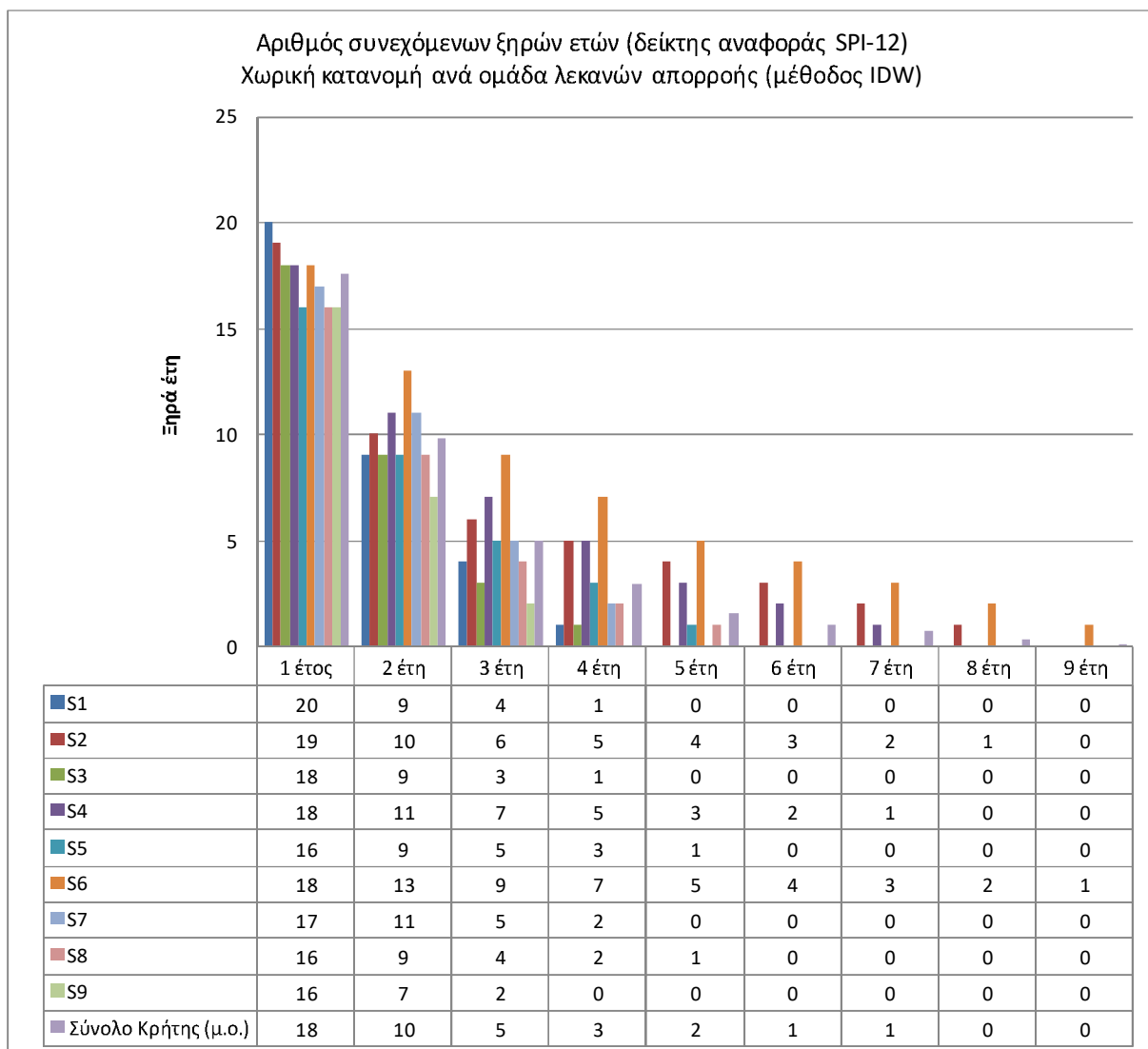
Σχήμα 2.5 Συχνότητα εμφάνισης επιπέδων έντασης ξηρασίας ανά περιοχή (μέθοδος IDW), βάσει του δείκτη ξηρασίας SPI-12.

Συχνότητα εμφάνισης ξηρασίας (δείκτης αναφοράς SPI-12)
Χωρική κατανομή ανά ομάδα λεκανών απορροής (μέθοδος Kriging)

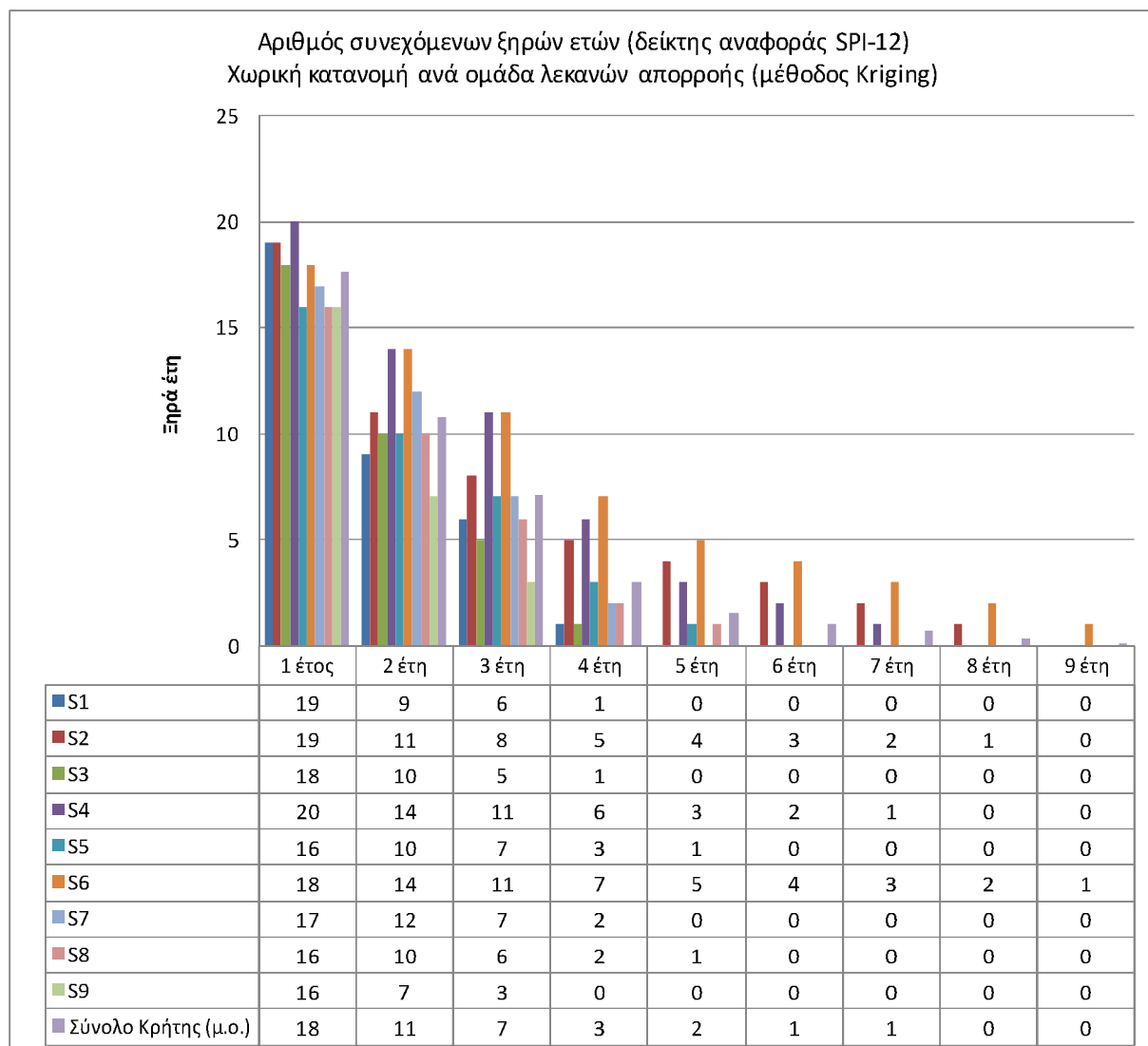


Σχήμα 2.6 Συχνότητα εμφάνισης επιπέδων έντασης ξηρασίας ανά περιοχή (μέθοδος Kriging), βάσει του δείκτη ξηρασίας SPI-12.

Στο Σχήμα 2.7 και Σχήμα 2.8 παρουσιάζεται ο αριθμός των συνεχόμενων ξηρών ετών ($SPI-12 < 0$) ανά εξεταζόμενη περιοχή, σύμφωνα με τη χωρική ανάλυση με τις μεθόδους IDW και Kriging, αντίστοιχα. Η εξέταση του αριθμού συνεχόμενων ξηρών ετών παρουσιάζει ενδιαφέρον σχετικά με την καταπόνηση διαφόρων συστημάτων (π.χ. καλλιέργειες) και των πηγών υδροδότησης λόγω της παρατεταμένα μειωμένης τροφοδότησης μέσω της βροχόπτωσης, σε σχέση με το αναμενόμενο. Δύο συνεχόμενα ξηρά έτη παρατηρούνται κατά μέσο όρο σε 10 φορές κατά την εξεταζόμενη περίοδο, ενώ για τα τρία συνεχόμενα έτη ο αριθμός μειώνεται στο μισό (5 έτη). Οι περιοχές με σχετικά μεγαλύτερο αριθμό συνεχόμενων ξηρών ετών (>3) είναι οι S2, S4 και S6, ενώ παρατηρούνται έως και 9 συνεχόμενα ξηρά έτη (S6).

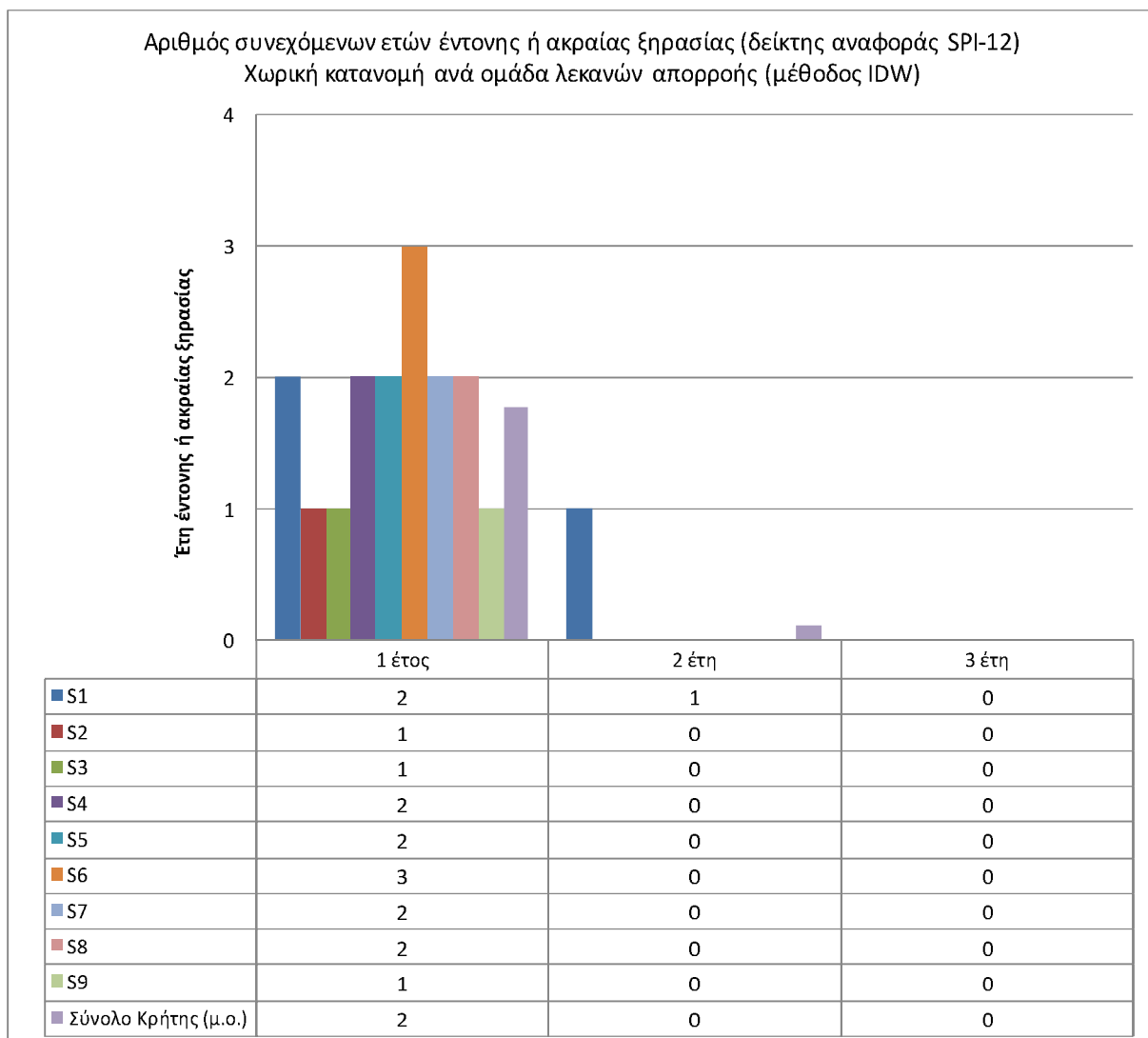


Σχήμα 2.7 Αριθμός συνεχόμενων ξηρών ετών ανά περιοχή (μέθοδος IDW), βάσει του δείκτη ξηρασίας SPI-12.

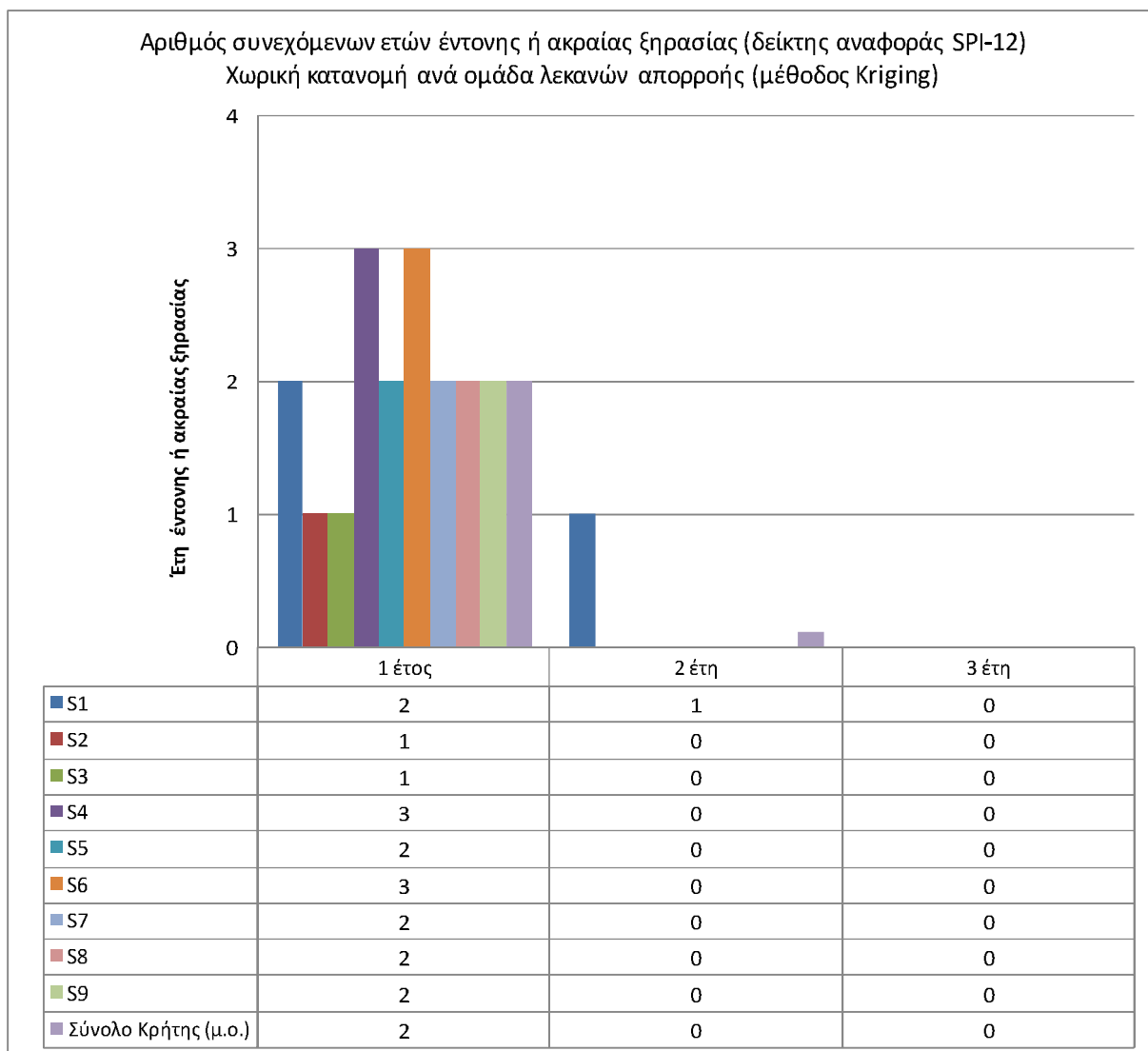


Σχήμα 2.8 Αριθμός συνεχόμενων ξηρών ετών ανά περιοχή (μέθοδος Kriging), βάσει του δείκτη ξηρασίας SPI-12.

Τα συνεχόμενα έτη με έντονη ή ακραία ξηρασία παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.9 και Σχήμα 2.10 (μέθοδοι IDW και Kriging, αντίστοιχα). Διαπιστώνεται ότι τα περισσότερα επεισόδια (3) παρατηρούνται στην περιοχή S6 και τα λιγότερα (1) στις περιοχές S2, S3 και S9. Έντονη ξηρασία για περισσότερα από ένα έτη (2) διαπιστώθηκε μόνο στην περιοχή S1.



Σχήμα 2.9 Αριθμός συνεχόμενων ετών έντονης ή ακραίας ξηρασίας ανά περιοχή (μέθοδος IDW), βάσει του δείκτη ξηρασίας SPI-12.



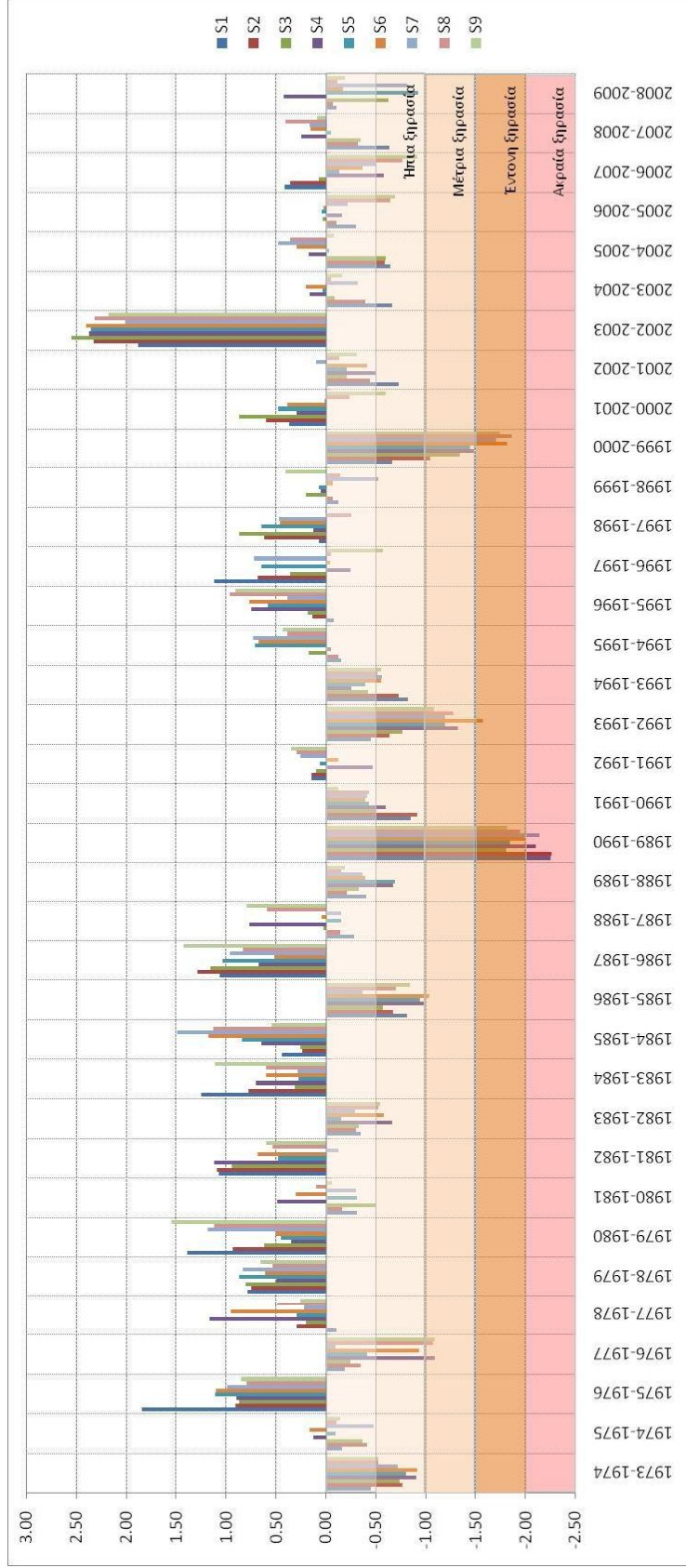
Σχήμα 2.10 Αριθμός συνεχόμενων ετών έντονης ή ακραίας ξηρασίας ανά περιοχή (μέθοδος Kriging), βάσει του δείκτη ξηρασίας SPI-12.

Δείκτης aSPI

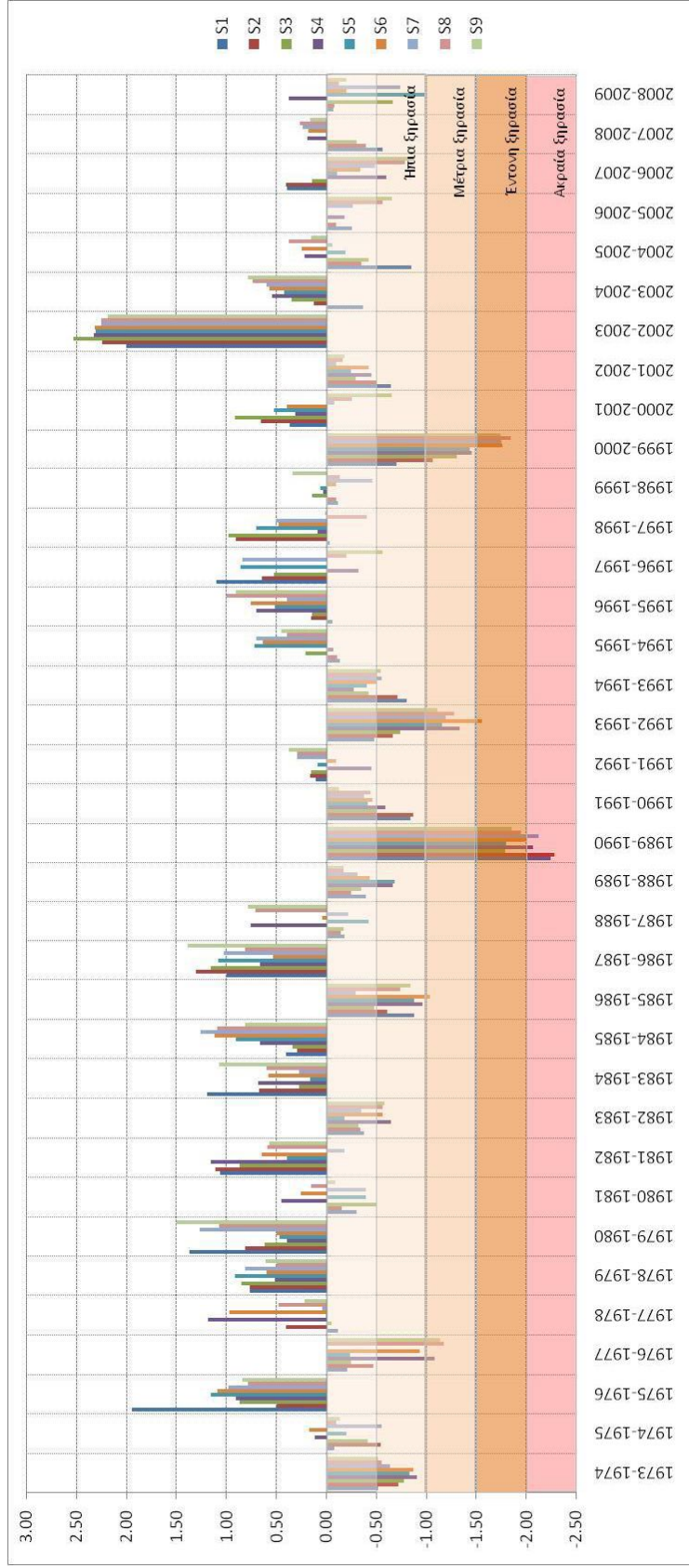
Προκειμένου να εξεταστούν χωρικά τα επεισόδια με έμφαση στη γεωργική ξηρασία, χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης aSPI. Καθώς ο δείκτης αξιοποιεί την ενεργό βροχόπτωση για τον προσδιορισμό των επιπέδων ξηρασίας, επιτυγχάνεται ακριβέστερος προσδιορισμός των δυνητικών επιπτώσεων στην αγροτική παραγωγή, καθώς λαμβάνεται υπόψη το τμήμα της συνολικής βροχόπτωσης που έχει ουσιαστική επίδραση στις διαδικασίες ανάπτυξης των φυτών. Για την αξιολόγηση του φαινομένου, το σύνηθες βήμα υπολογισμού για τον aSPI είναι το ετήσιο (Tigkas et al. 2019). Η χρονική κλίμακα που επιλέχθηκε είναι το

πρώτο 9-μηνο του υδρολογικού έτους (Οκτώβριος – Ιούνιος)(aSPI-9), παρέχοντας μία ενδεικτική εικόνα των συνθηκών που επικρατούν κατά την ανάπτυξη καλλιεργειών όπως τα χειμερινά σιτηρά.

Τα επεισόδια ξηρασίας ανά έτος και ανά περιοχή, όπως προκύπτουν βάσει του aSPI-9 με τις μεθόδους IDW και Kriging παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.11 και Σχήμα 2.12. Αντίστοιχα με τα αποτελέσματα βάσει του SPI-12, δεν διαπιστώνονται ουσιαστικές μεταβολές ανάλογα με την εφαρμοζόμενη μέθοδο χωρικής ανάλυσης, ως προς την κατηγοριοποίηση των συνθηκών. Σχετικά με τα έτη ξηρασίας, όπως αναμενόταν, υπάρχει γενικά συμφωνία με τα αποτελέσματα του SPI-12. Παρόλα αυτά, παρατηρούνται διαφοροποιήσεις όσον αφορά στο επίπεδο έντασης του φαινομένου ανά περιοχή. Συγκεκριμένα, κατά το έτος 1989-90, σε τέσσερις περιοχές (S1, S2, S4 και S7) σημειώνεται ακραία ξηρασία, ενώ στις υπόλοιπες καταγράφεται έντονο επίπεδο του φαινομένου. Αντίθετα, κατά το επόμενο έτος είναι ξηρό, χωρίς όμως ιδιαίτερη ένταση, με την ξηρασία να φτάνει έως ήπια ένταση. Άλλα έτη κατά τα οποία η γεωργική ξηρασία έχει μέτρια έως έντονη ένταση σε περιοχές του νησιού είναι τα 1976-77, 1985-86, 1992-93 και 1999-00.

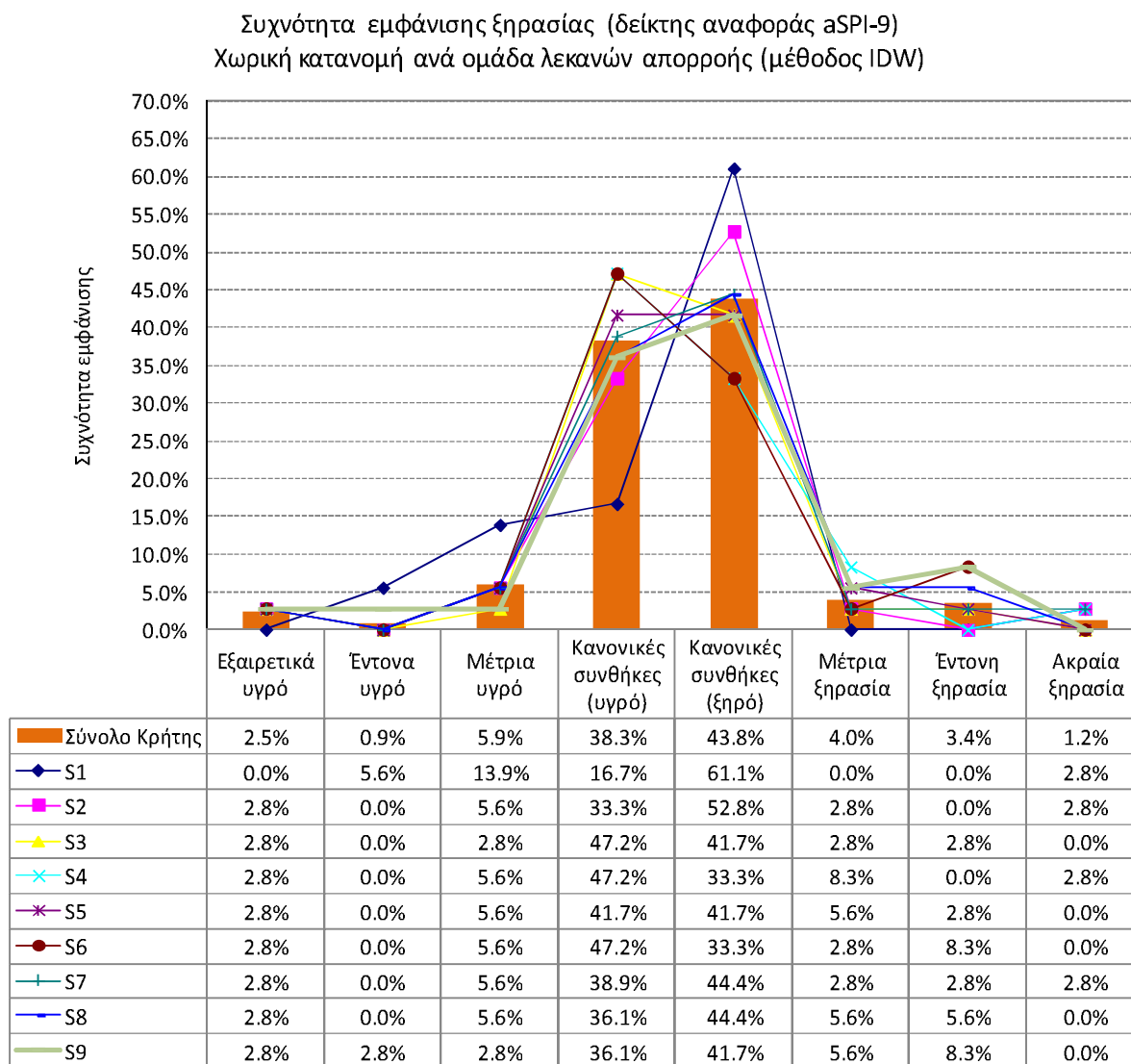


Σχήμα 2.11 Τιμές δείκτη ξηρασίας aSPI-9 χωρικά προσδιορισμένου ανά ομάδα λεκανών απορροής (μέθοδος IDW).



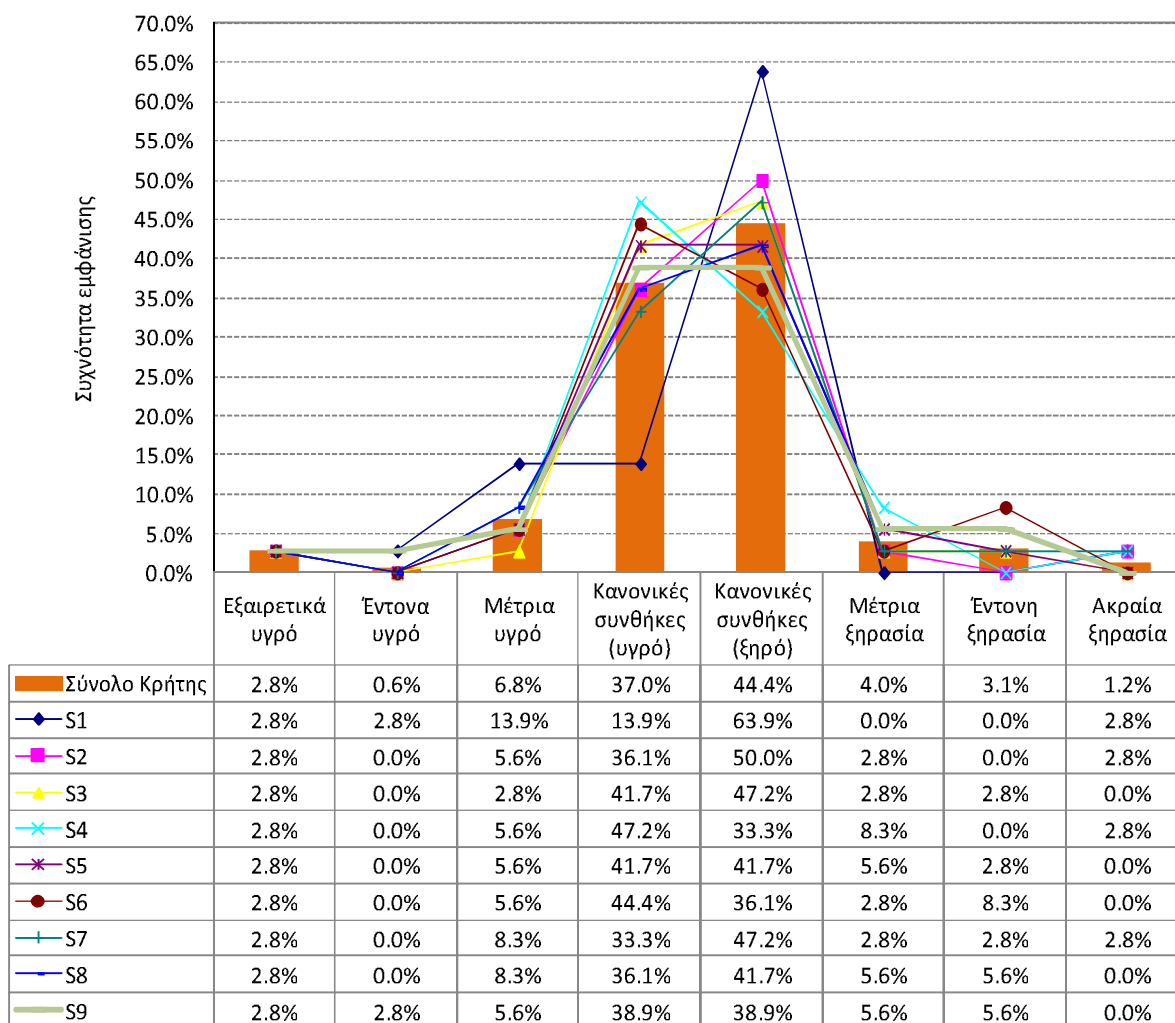
Σχήμα 2.12 Τιμές δείκτη ξηρασίας aSPI-9 χωρικά προσδιορισμένου ανά ομάδα λεκανών απορροής (μέθοδος Kriging).

Η συχνότητα εμφάνισης των επεισοδίων ξηρασίας ανά κατηγορία έντασης εμφανίζονται στο Σχήμα 2.13 και Σχήμα 2.14. Επεισόδια ήπιας ξηρασίας παρουσιάστηκαν με μεγαλύτερη συχνότητα στις δυτικές περιοχές, ενώ επεισόδια μέτριας και έντονης ξηρασίας ήταν συχνότερα στις κεντρικές και ανατολικές περιοχές. Ακραία ξηρασία έχει καταγραφεί για ένα έτος (2.8%) σε τέσσερις περιοχές.



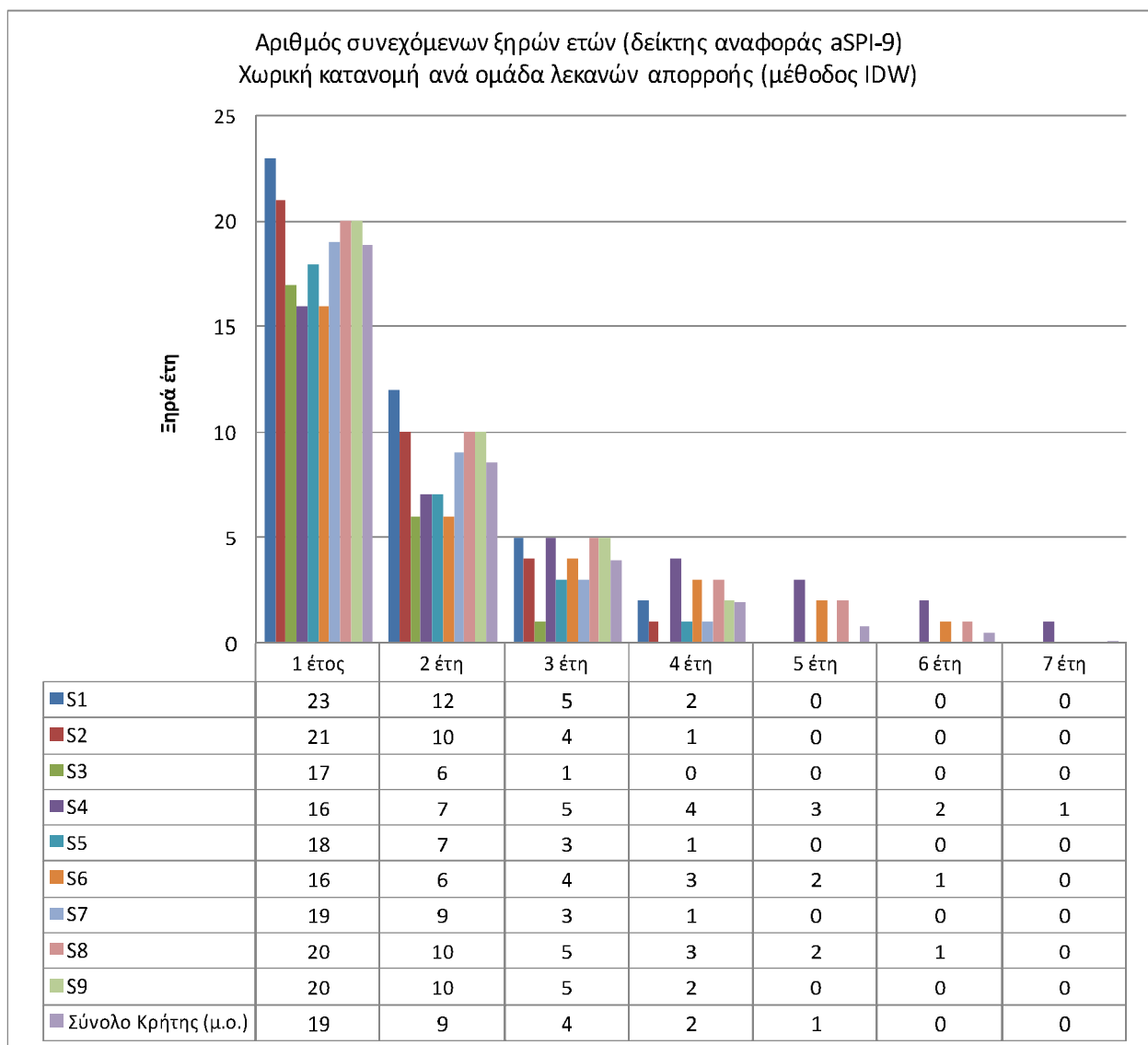
Σχήμα 2.13 Συχνότητα εμφάνισης επιπέδων έντασης ξηρασίας ανά περιοχή (μέθοδος IDW), βάσει του δείκτη ξηρασίας aSPI-9.

Συχνότητα εμφάνισης ξηρασίας (δείκτης αναφοράς aSPI-9)
Χωρική κατανομή ανά ομάδα λεκανών απορροής (μέθοδος Kriging)

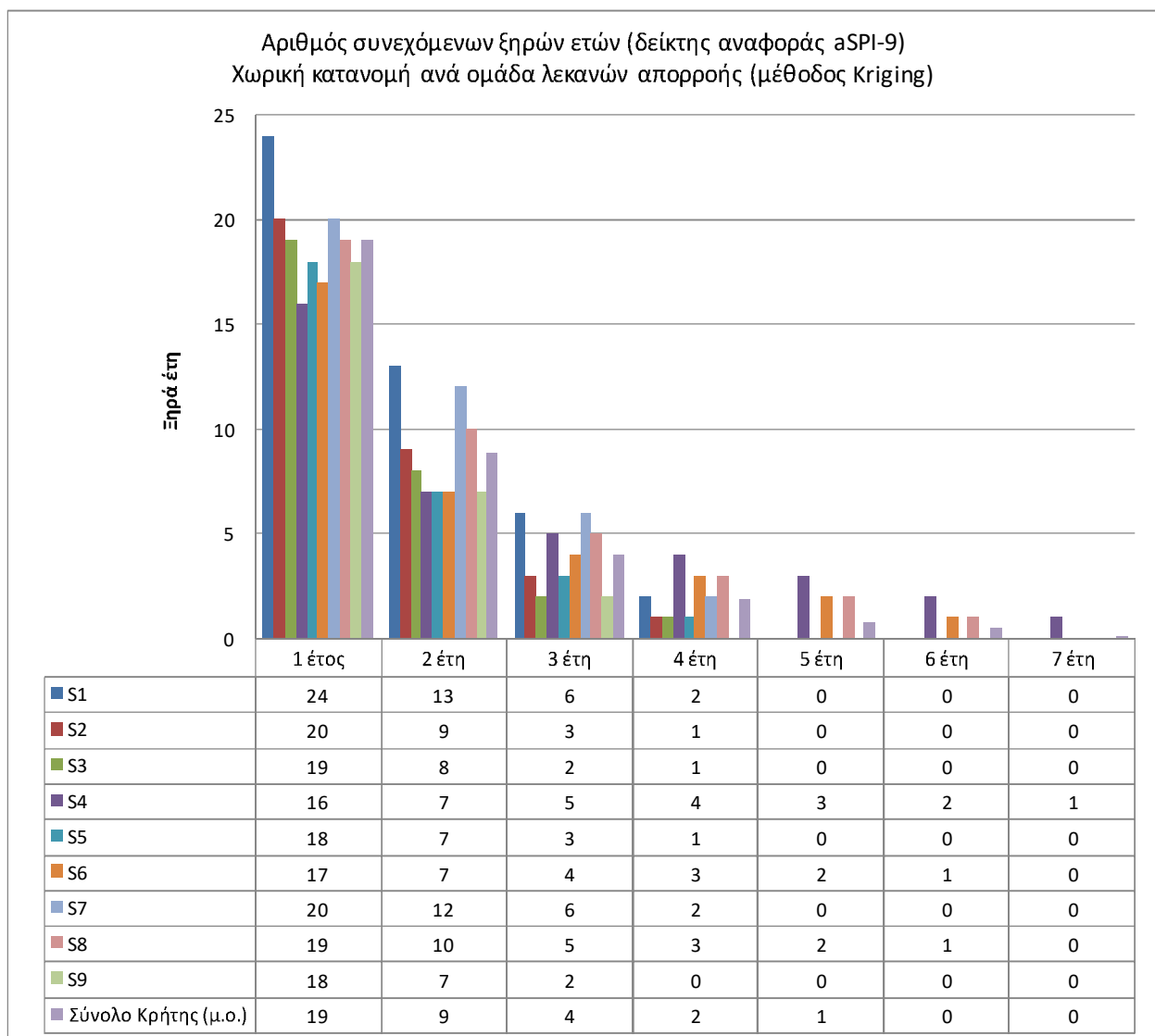


Σχήμα 2.14 Συχνότητα εμφάνισης επιπέδων έντασης ξηρασίας ανά περιοχή (μέθοδος Kriging), βάσει του δείκτη ξηρασίας aSPI-9.

Τα συνεχόμενα ξηρά έτη ($aSPI-9 < 0$) παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.15 και Σχήμα 2.16, βάσει των μεθόδων IDW και Kriging, αντίστοιχα, δίνοντας μία εικόνα της αθροιστικής επιβάρυνσης στην αγροτική παραγωγή. Η μέση εμφάνιση δύο συνεχόμενων ξηρών ετών στο σύνολο της Κρήτης για το υπό εξέταση διάστημα ήταν 9 φορές, ενώ τρία και τέσσερα συνεχόμενα ξηρά έτη παρατηρήθηκαν 4 και 2 φορές κατά μέσο όρο, αντίστοιχα. Ειδικότερα για τις περιοχές S6 και S8 παρατηρήθηκαν μέχρι και 6 συνεχόμενα ξηρά έτη, ενώ στην περιοχή S4 έχουν καταγραφεί 7 συνεχόμενα ξηρά έτη.



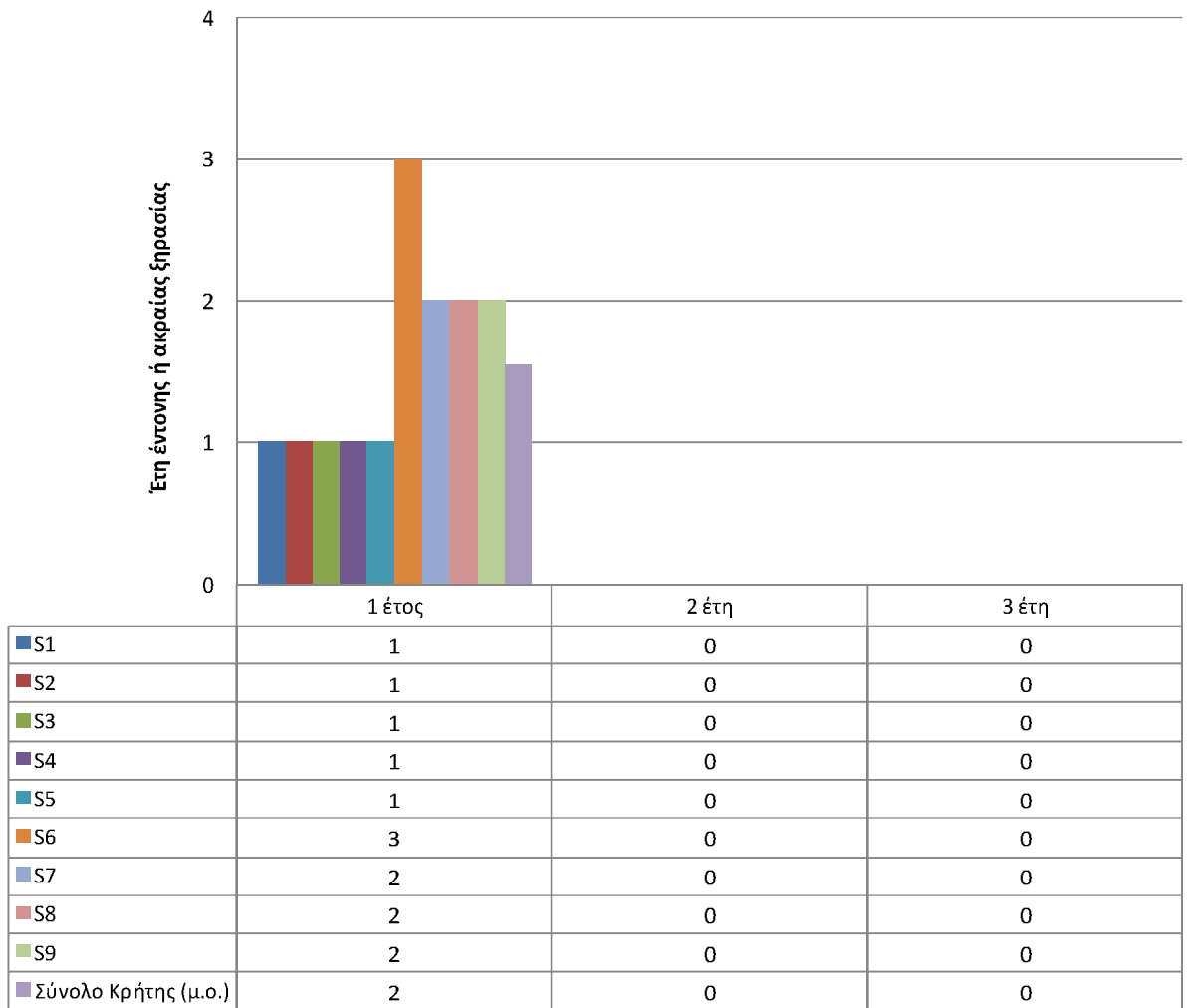
Σχήμα 2.15 Αριθμός συνεχόμενων ξηρών ετών ανά περιοχή (μέθοδος IDW), βάσει του δείκτη ξηρασίας aSPI-9.



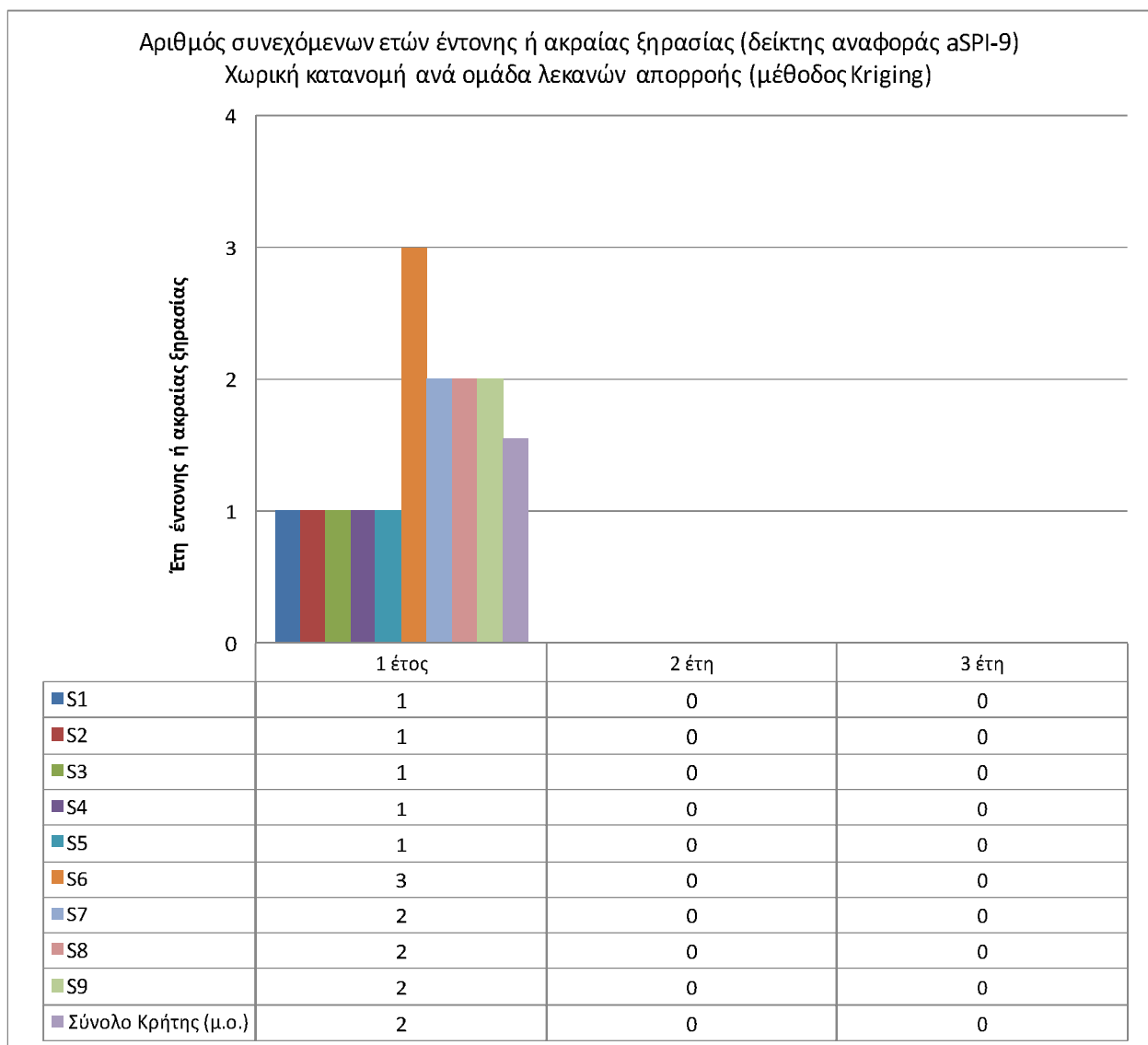
Σχήμα 2.16 Αριθμός συνεχόμενων ξηρών ετών ανά περιοχή (μέθοδος Kriging), βάσει του δείκτη ξηρασίας aSPI-9.

Όσον αφορά στα έτη έντονης ή ακραίας ξηρασίας (Σχήμα 2.17 και Σχήμα 2.18), δεν καταγράφονται επεισόδια για περισσότερο από ένα συνεχόμενα έτη. Τα περισσότερα επεισόδια παρατηρούνται στις κεντρικές και ανατολικές περιοχές του νησιού (S6, S7, S8 και S9).

Αριθμός συνεχόμενων ετών έντονης ή ακραίας ξηρασίας (δείκτης αναφοράς aSPI-9)
Χωρική κατανομή ανά ομάδα λεκανών απορροής (μέθοδος IDW)



Σχήμα 2.17 Αριθμός συνεχόμενων ετών έντονης ή ακραίας ξηρασίας ανά περιοχή (μέθοδος IDW), βάσει του δείκτη ξηρασίας aSPI-9.



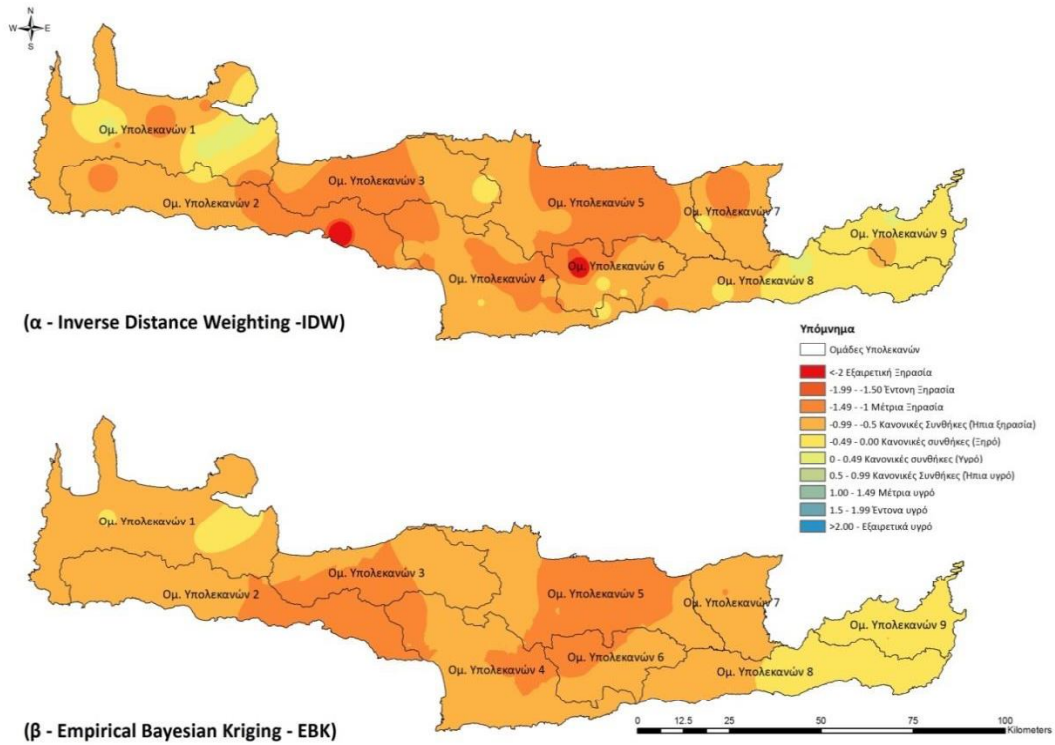
Σχήμα 2.18 Αριθμός συνεχόμενων ετών έντονης ή ακραίας ξηρασίας ανά περιοχή (μέθοδος Kriging), βάσει του δείκτη ξηρασίας aSPI-9.

2.3. Χάρτες ξηρασίας

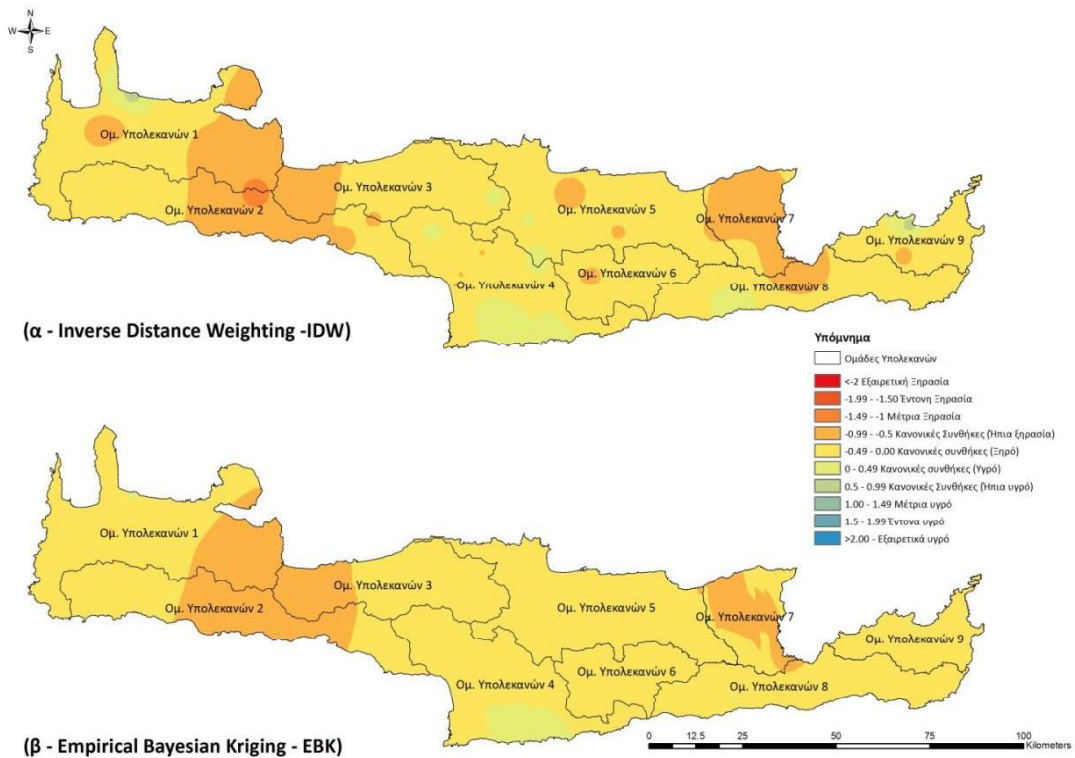
Όπως προαναφέρθηκε, η χωρική απεικόνιση της ξηρασίας με χρήση των δεικτών ξηρασίας παρέχει μία σαφή εικόνα της χωρικής και χρονικής εξάπλωσης του φαινομένου, ανάλογα και με την επιλεγμένη χρονική κλίμακα υπολογισμού.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι χάρτες με τη χωρική και χρονική εξέλιξη του φαινομένου βάσει των προαναφερθέντων δεικτών (SPI-12, aSPI-9), όπως προκύπτει από την ανάλυση με τις μεθόδους IDW και Kriging.

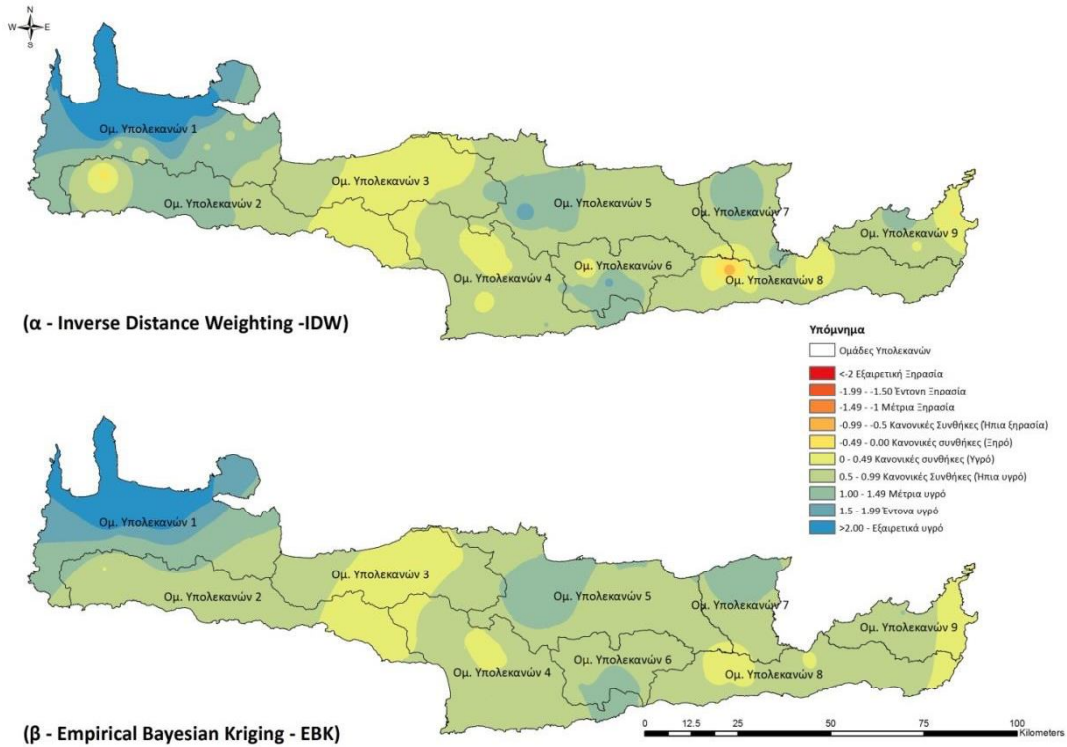
Σημειώνεται ότι οι επιλεγέντες δείκτες στηρίζονται σε ευρέως διαθέσιμα δεδομένα μηνιαίων βροχοπτώσεων σε αντίθεση με άλλους δείκτες (όπως ο RDI) που απαιτούν δεδομένα για τον υπολογισμό και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (όπως η θερμοκρασία κλπ).



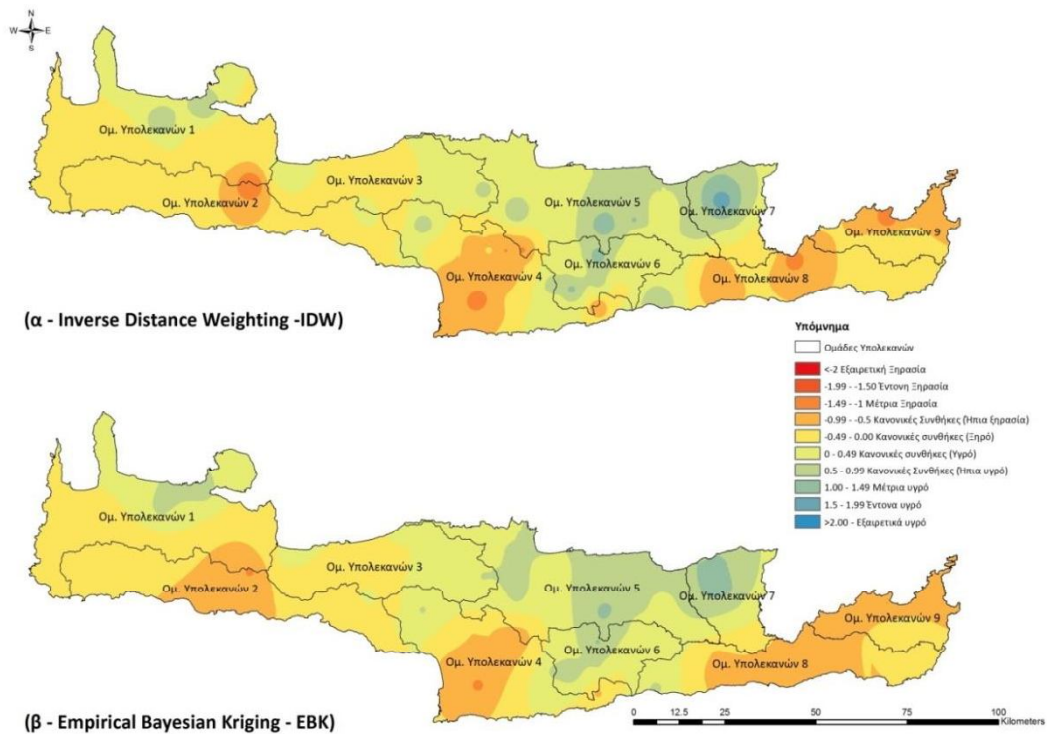
Σχήμα 2.19 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Empirical Bayesian Kriging για το υδρολογικό έτος 1973-1974



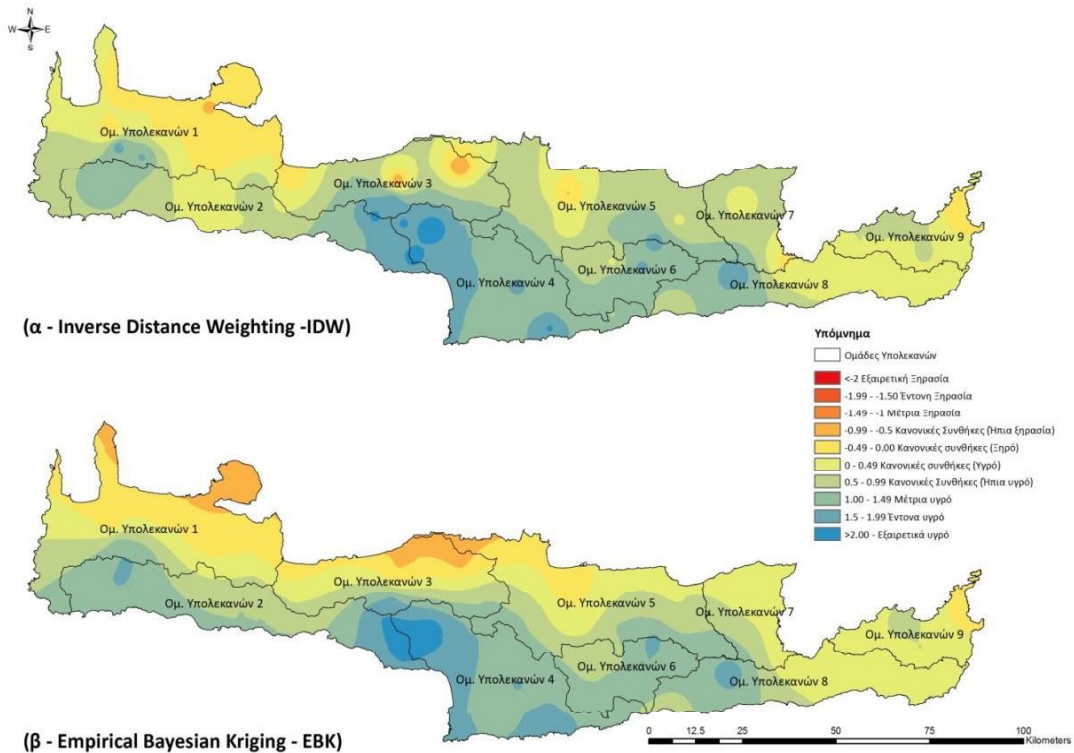
Σχήμα 2.20 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1974-1975



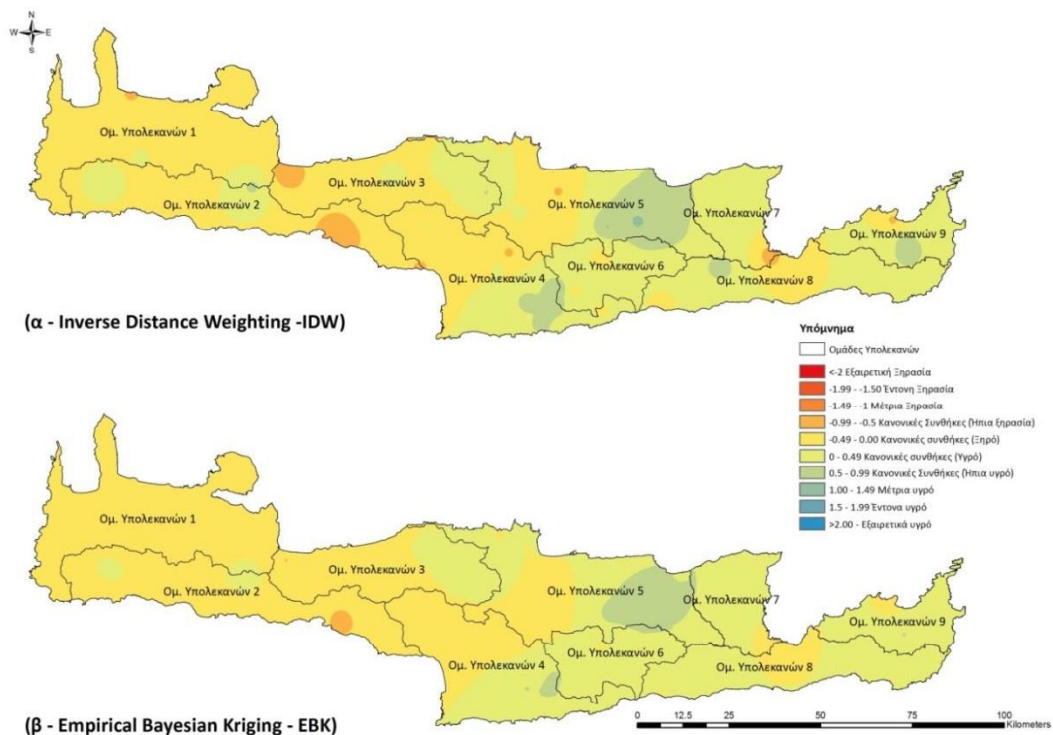
Σχήμα 2.21 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1975-1976



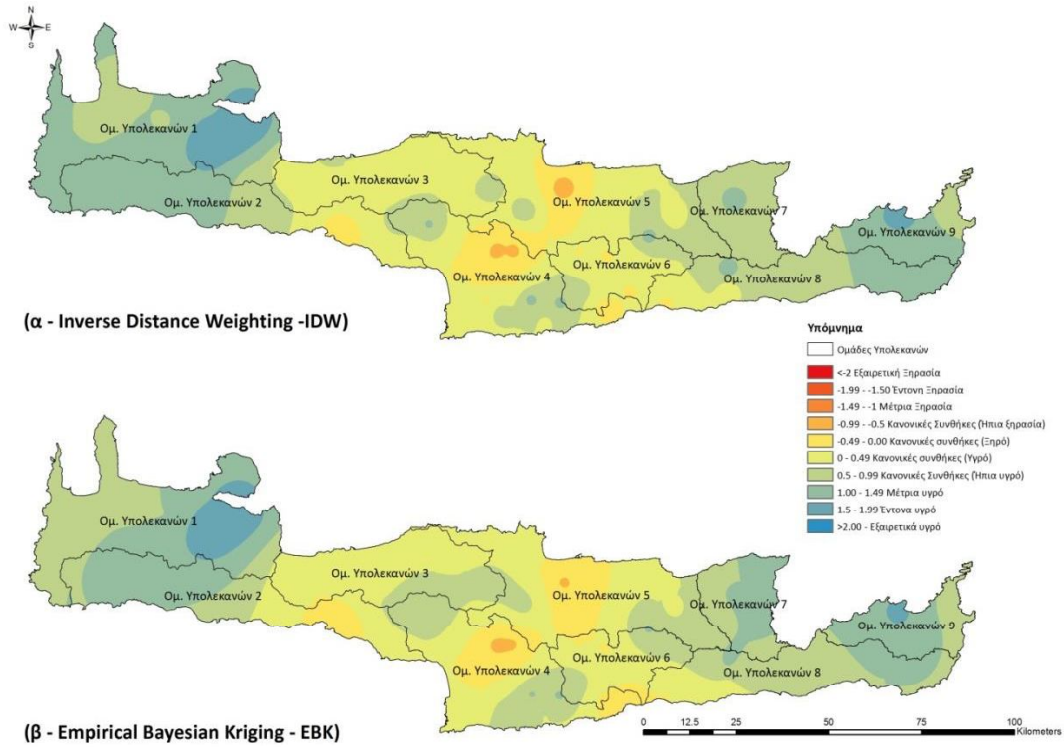
Σχήμα 2.22 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1976-1977



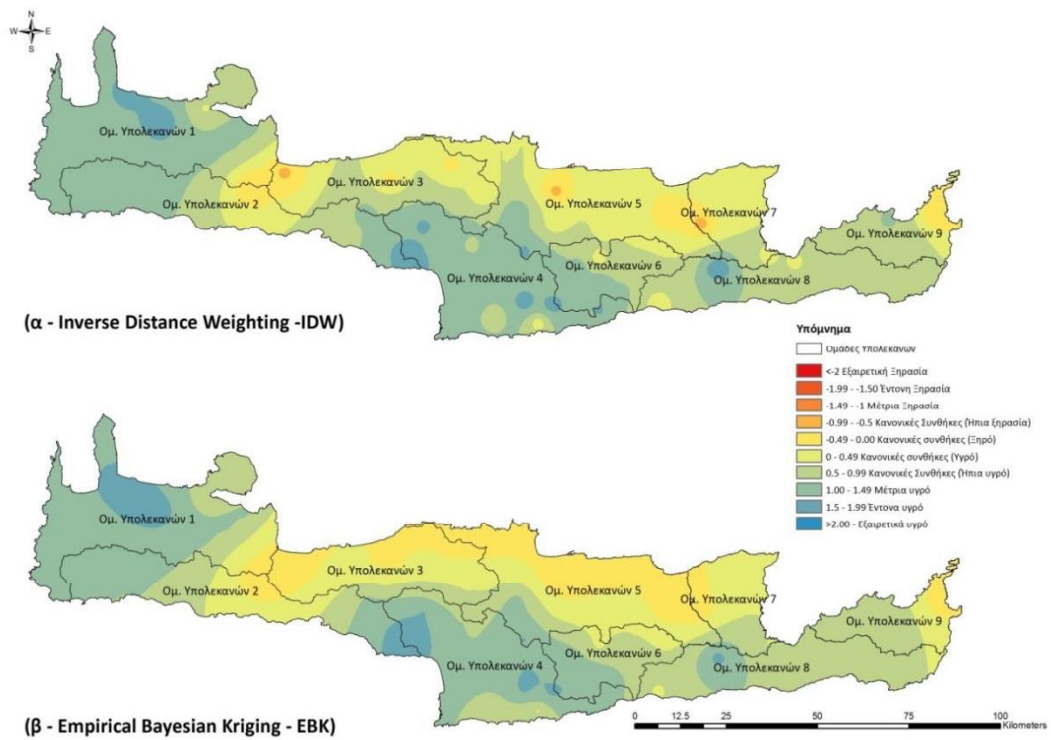
Σχήμα 2.23 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1977-1978



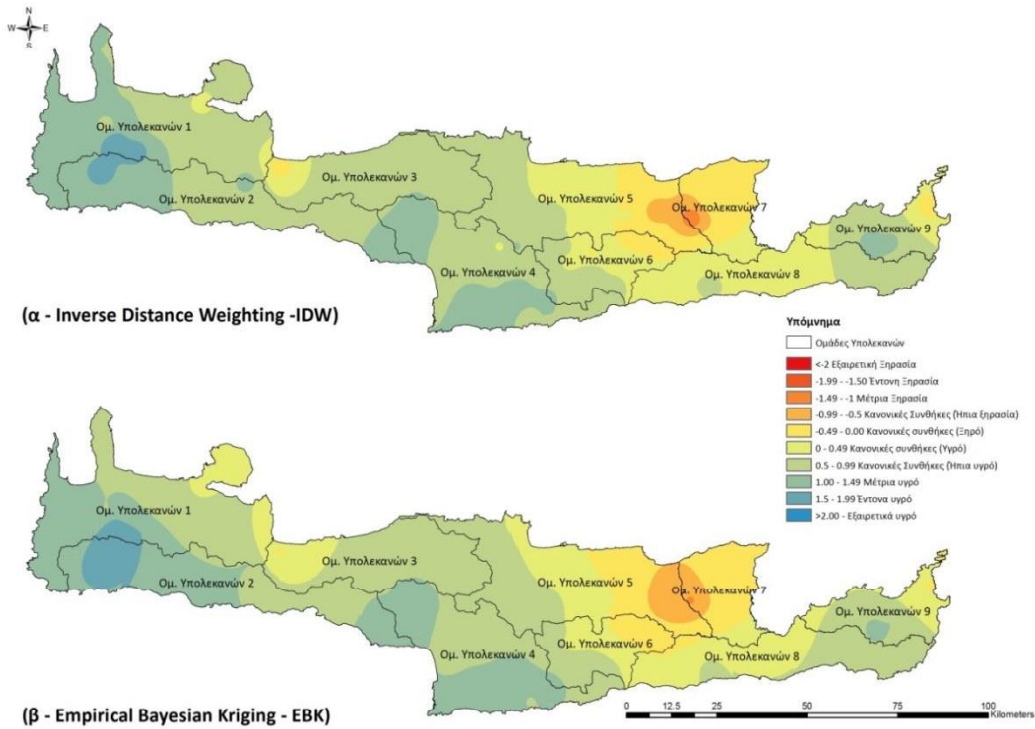
Σχήμα 2.24 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1978-1979



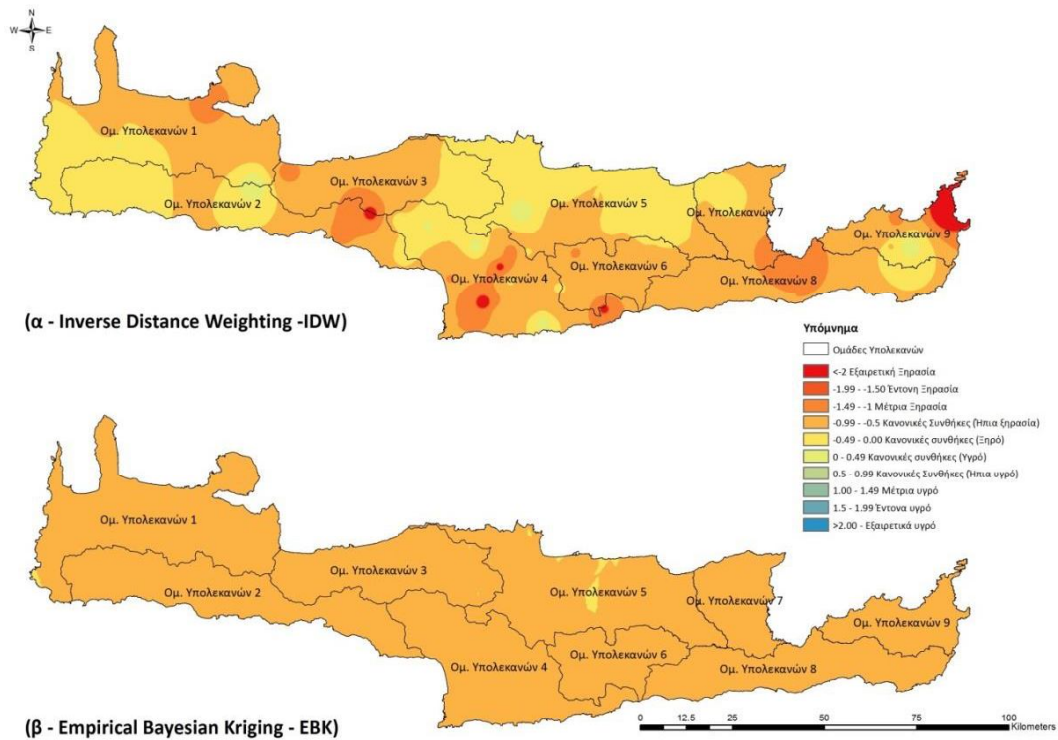
Σχήμα 2.25 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1979-1980



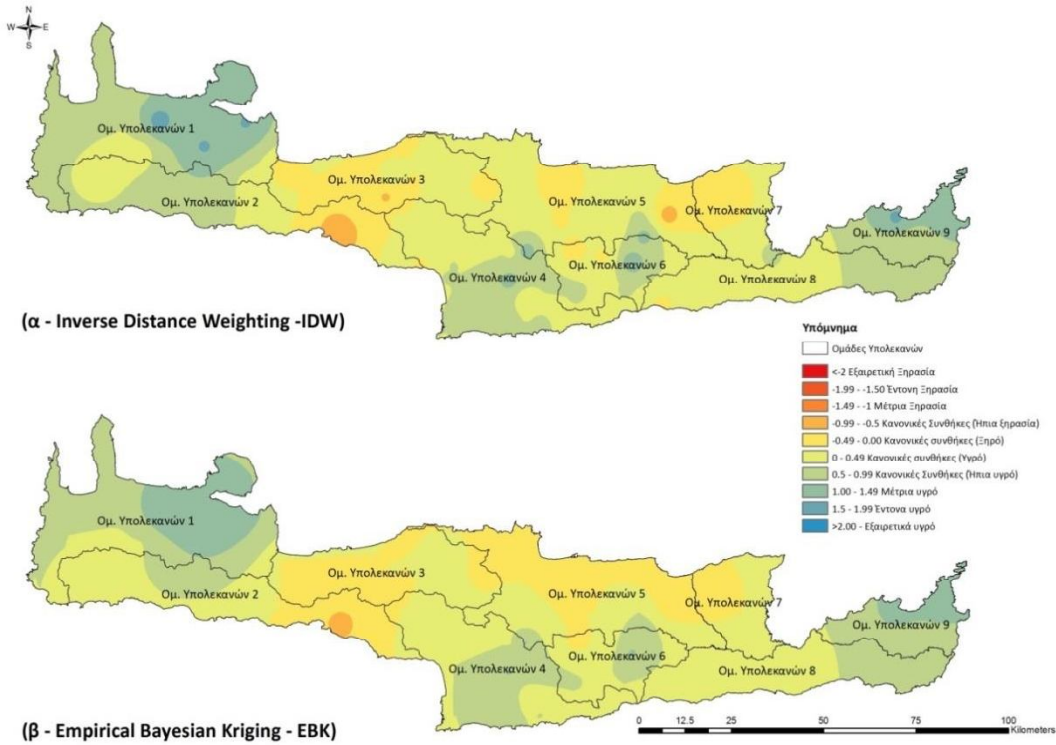
Σχήμα 2.26 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1980-1981



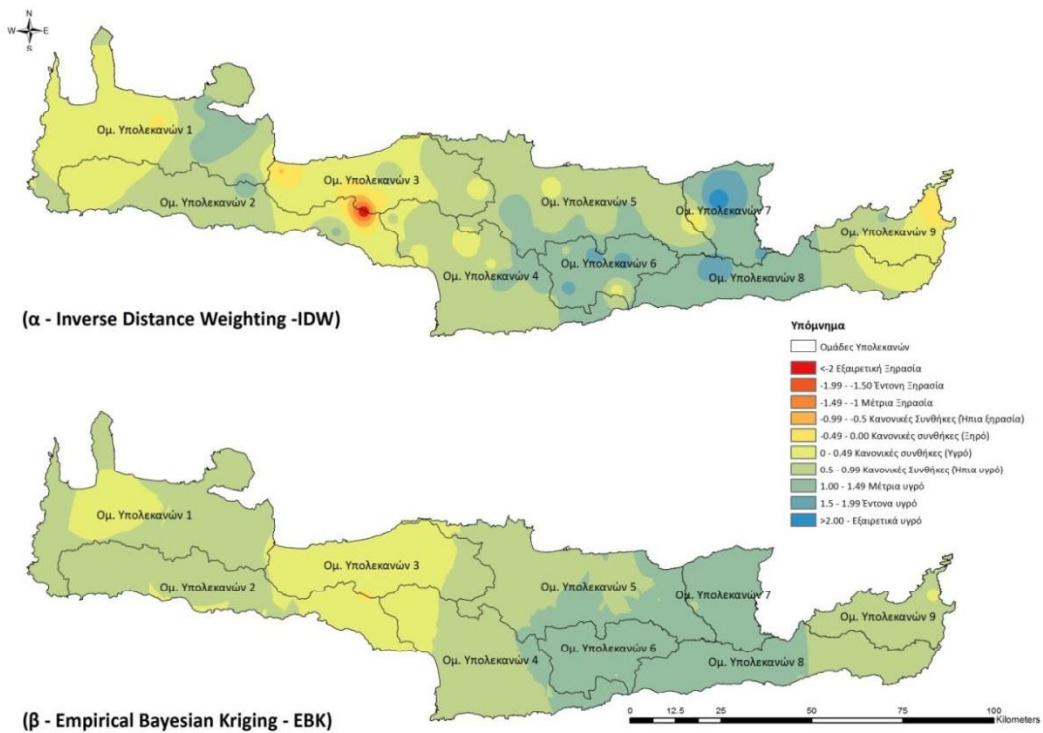
Σχήμα 2.27 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1981-1982



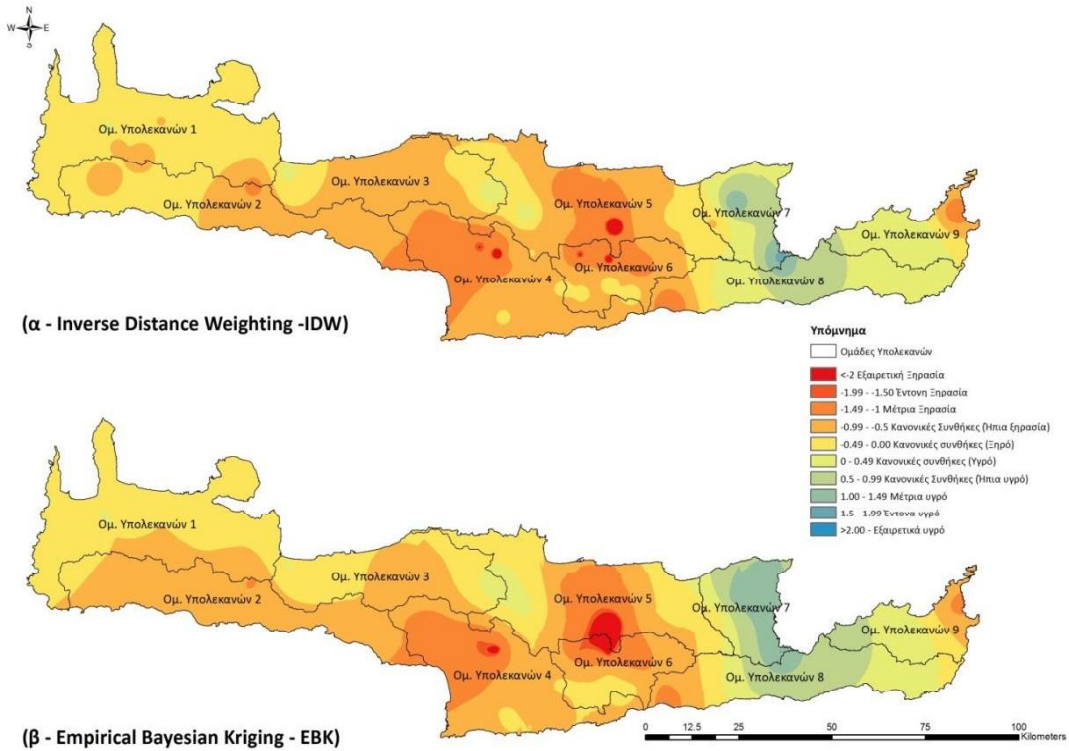
Σχήμα 2.28 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1982-1983



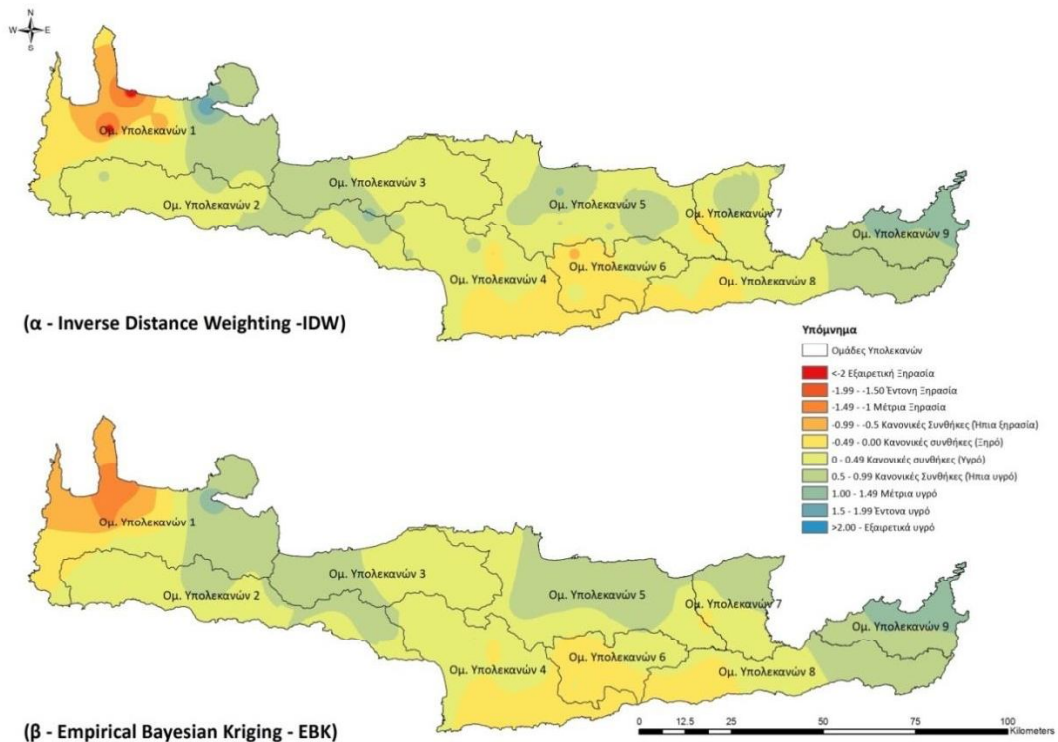
Σχήμα 2.29 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1983-1984



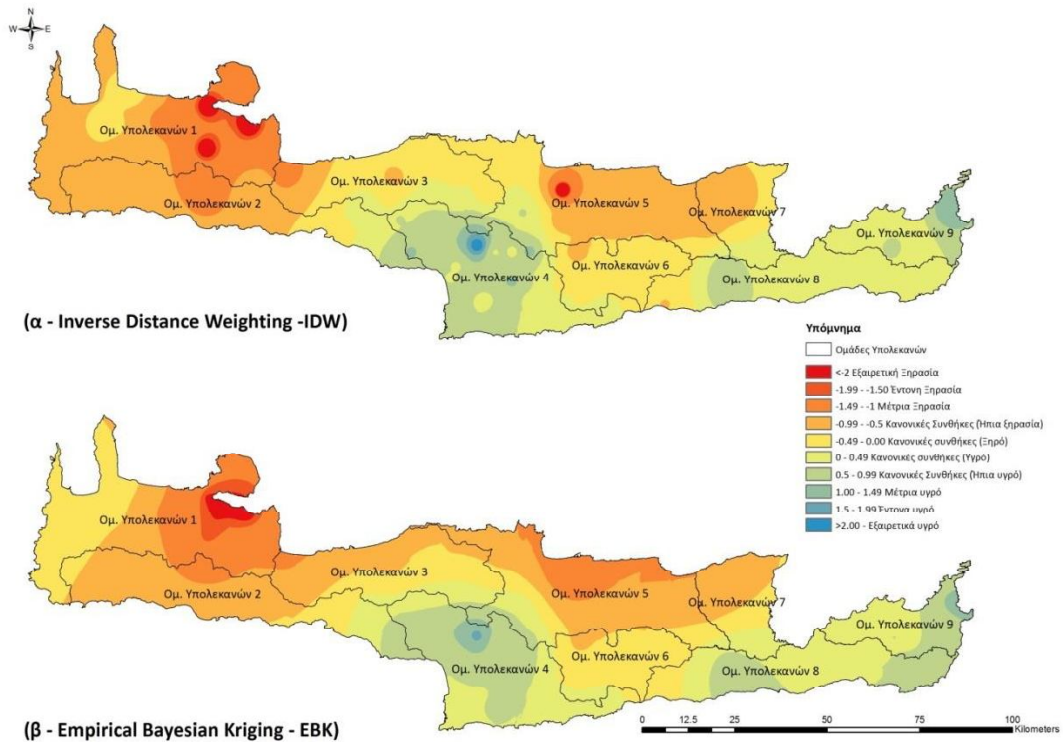
Σχήμα 2.30 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1984-1985



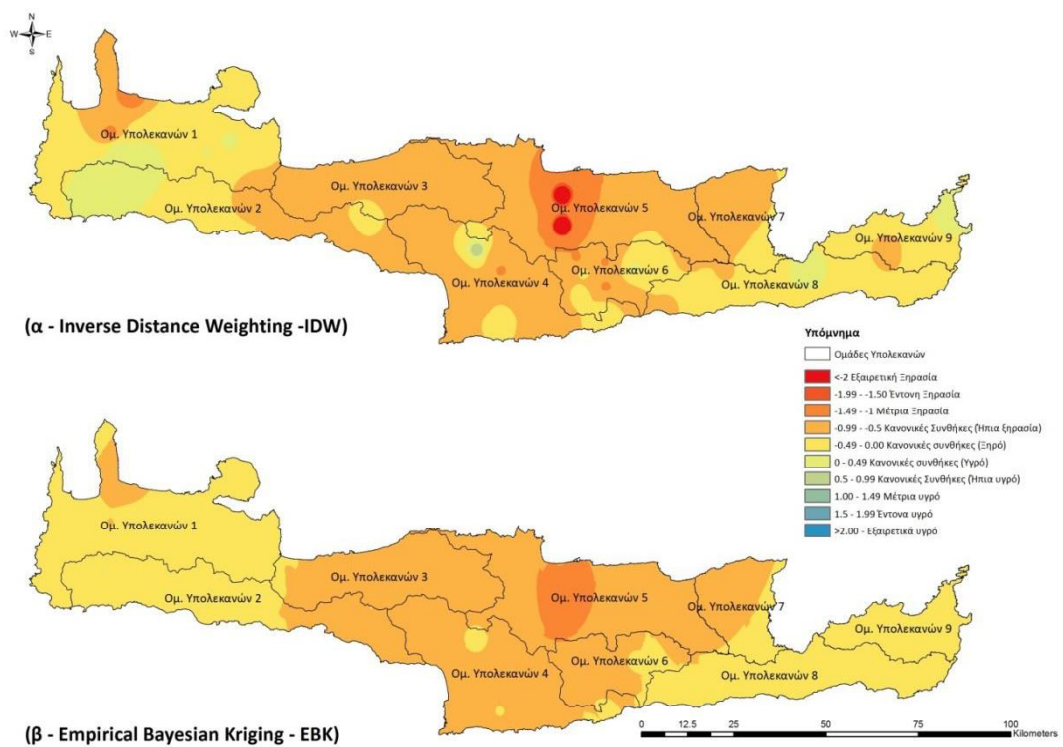
Σχήμα 2.31 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1985-1986



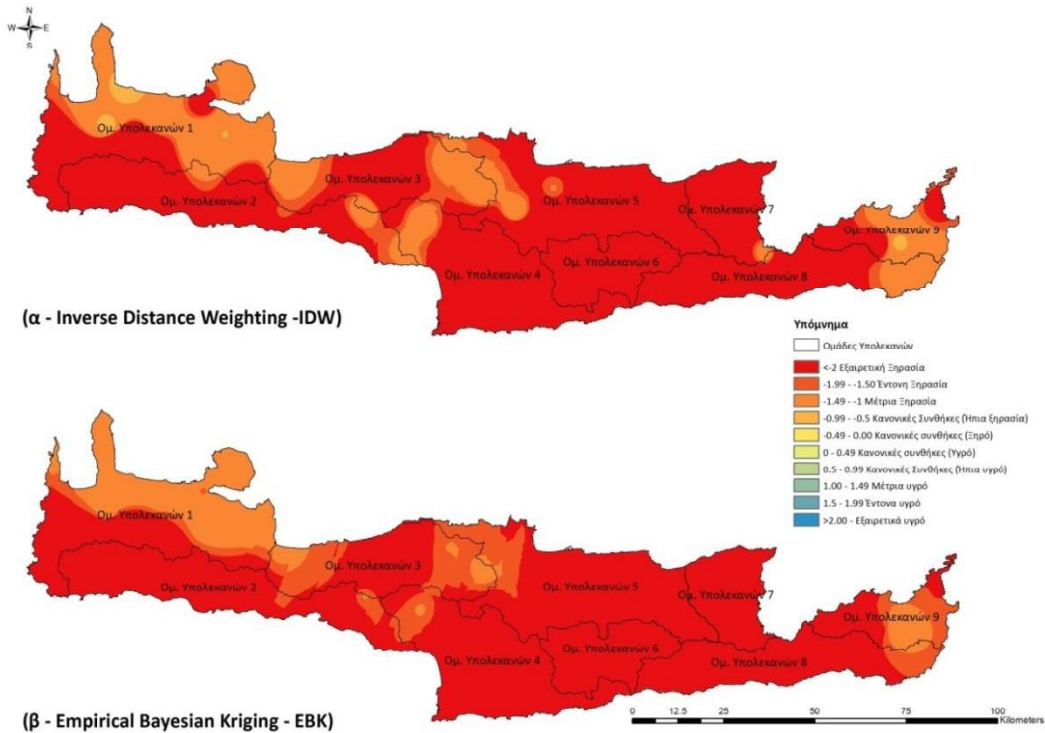
Σχήμα 2.32 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1986-1987



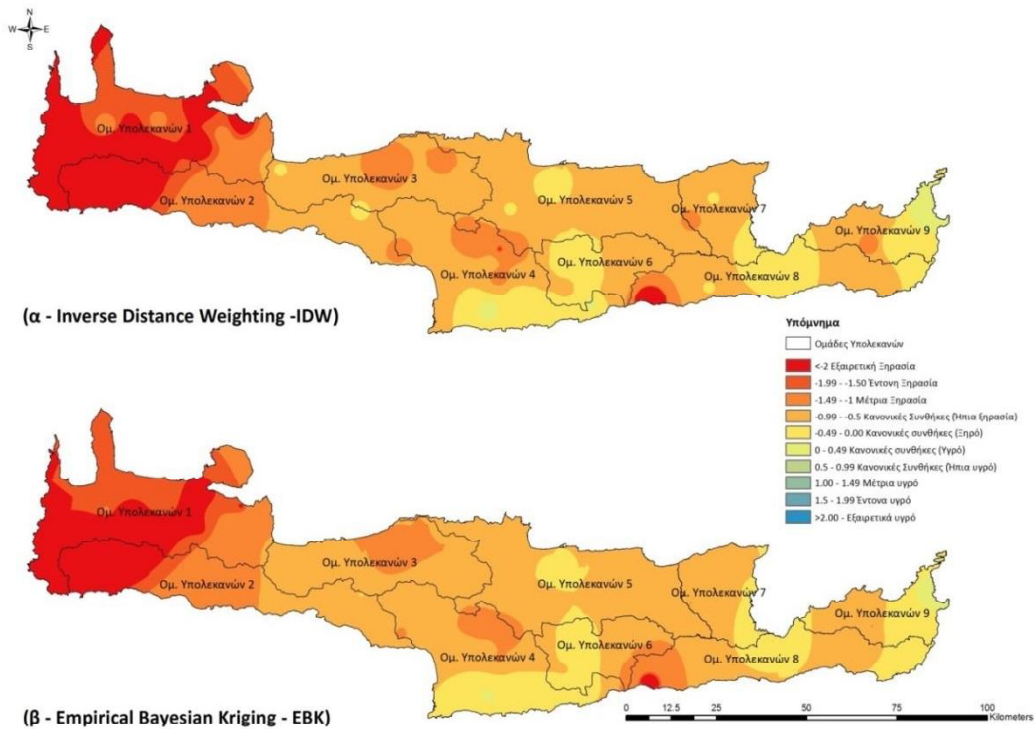
Σχήμα 2.33 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1987-1988



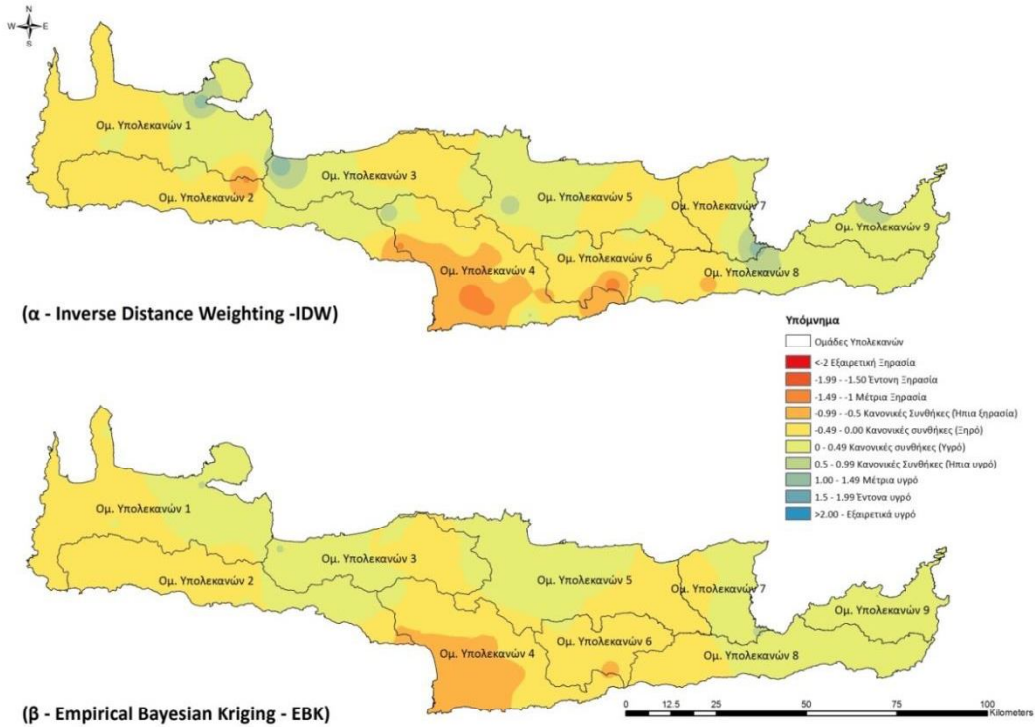
Σχήμα 2.34 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1988-1989



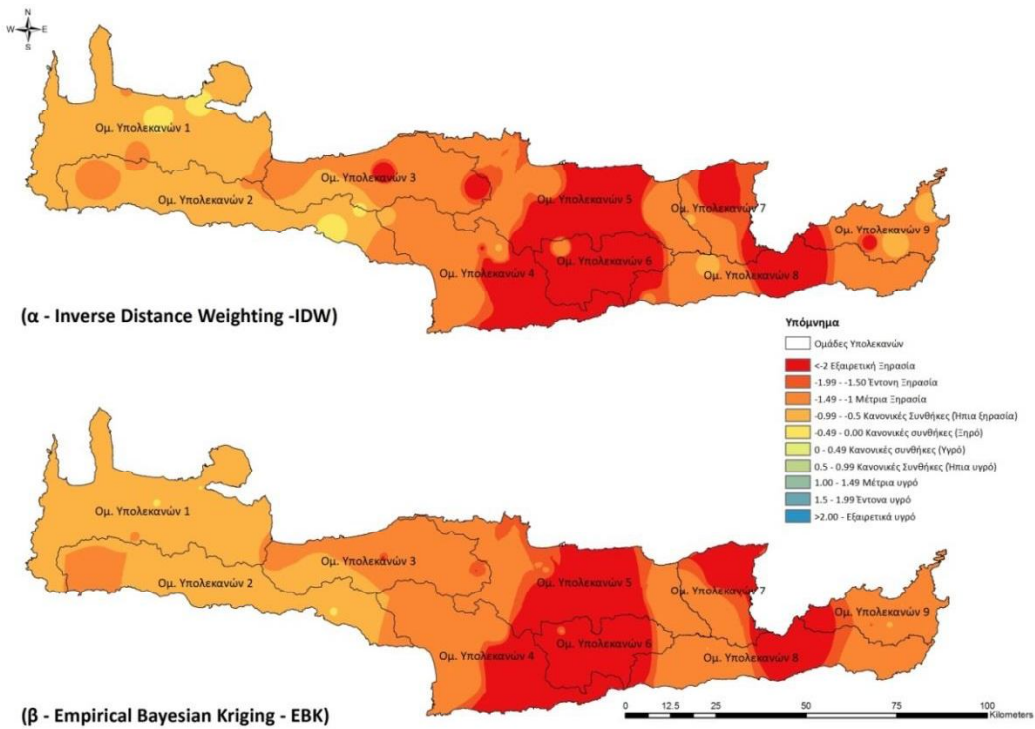
Σχήμα 2.35 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1989-1990



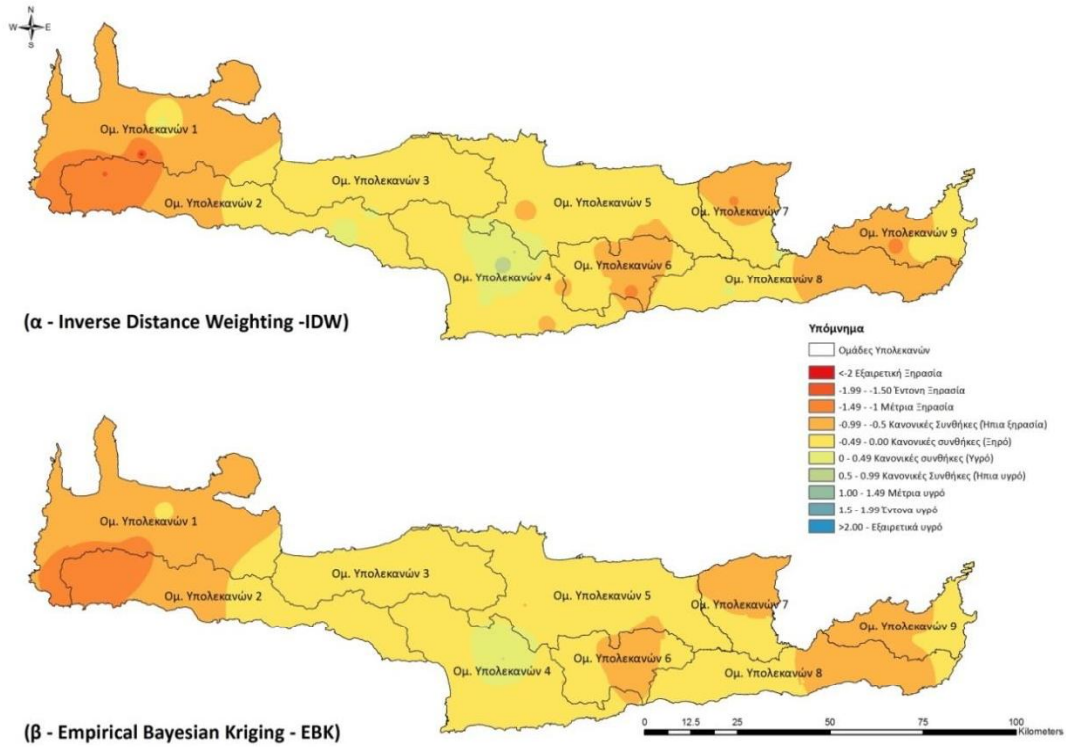
Σχήμα 2.36 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1990-1991



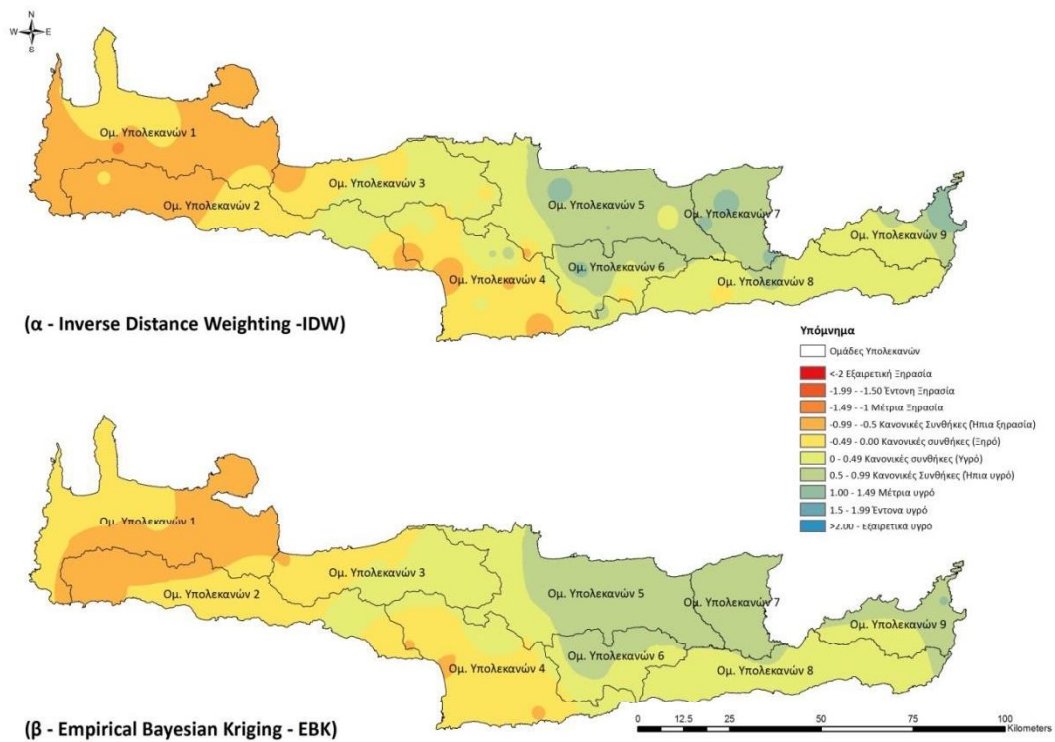
Σχήμα 2.37 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1991-1992



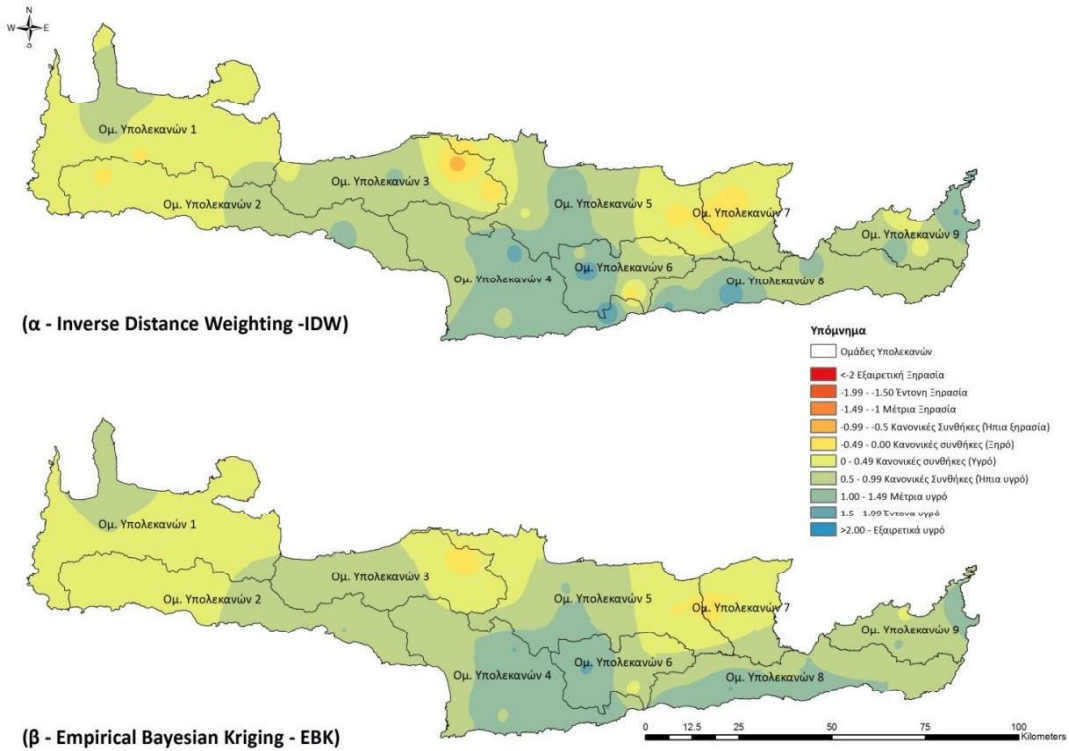
Σχήμα 2.38 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1992-1993



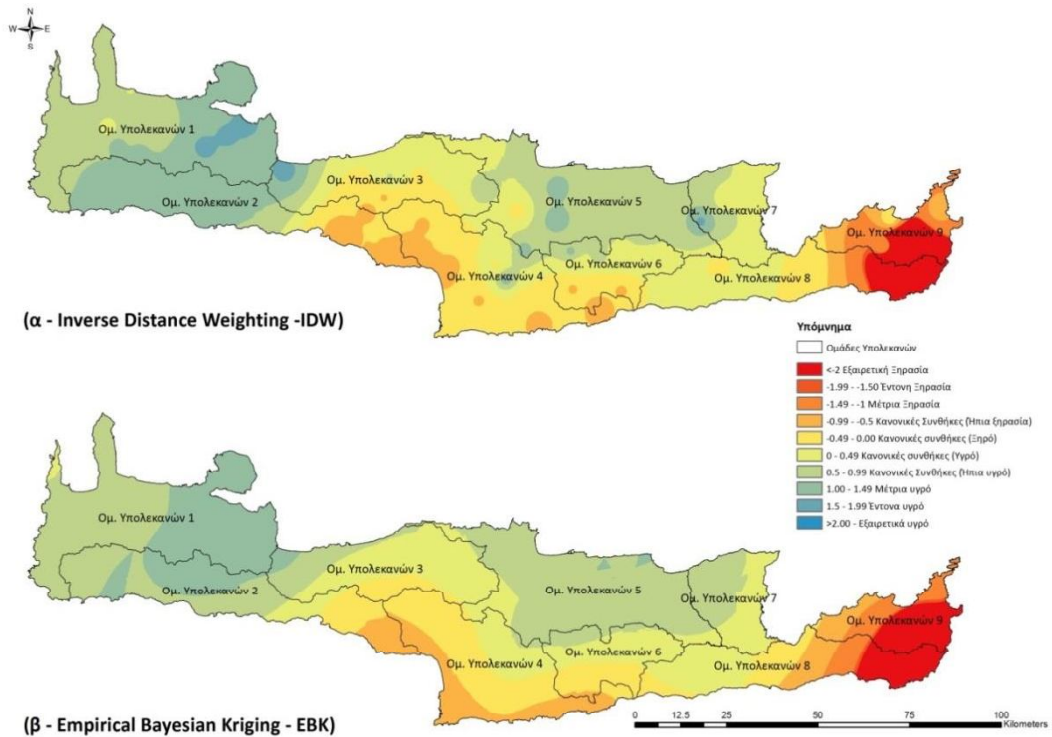
Σχήμα 2.39 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1993-1994



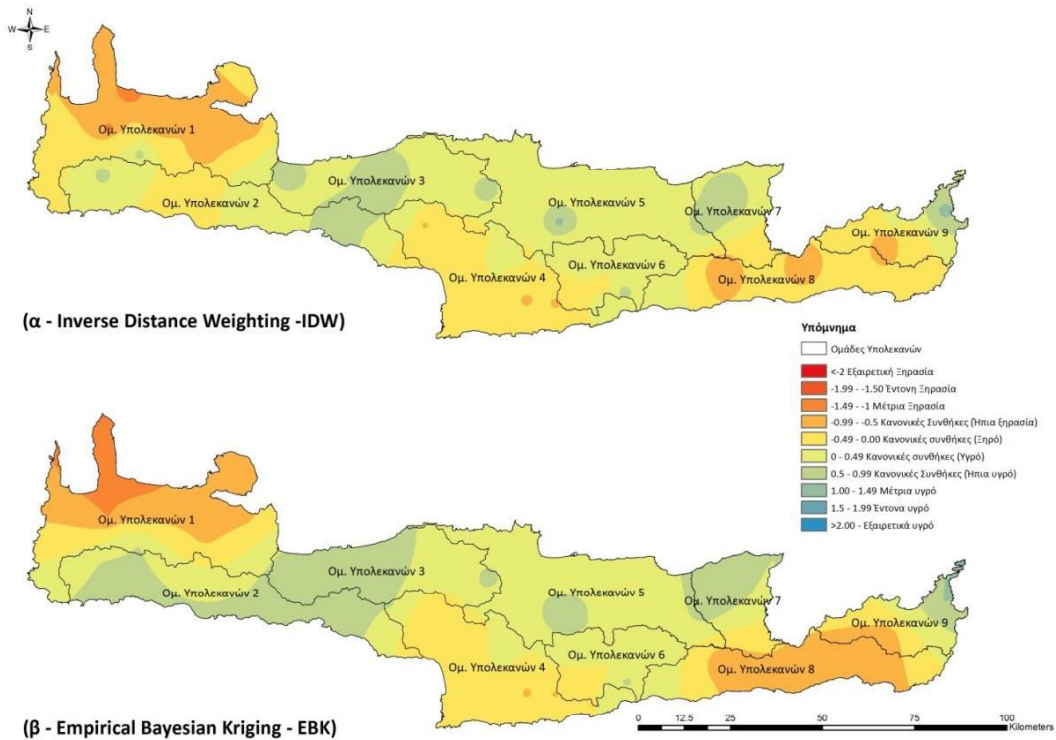
Σχήμα 2.40 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI(12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1994-1995



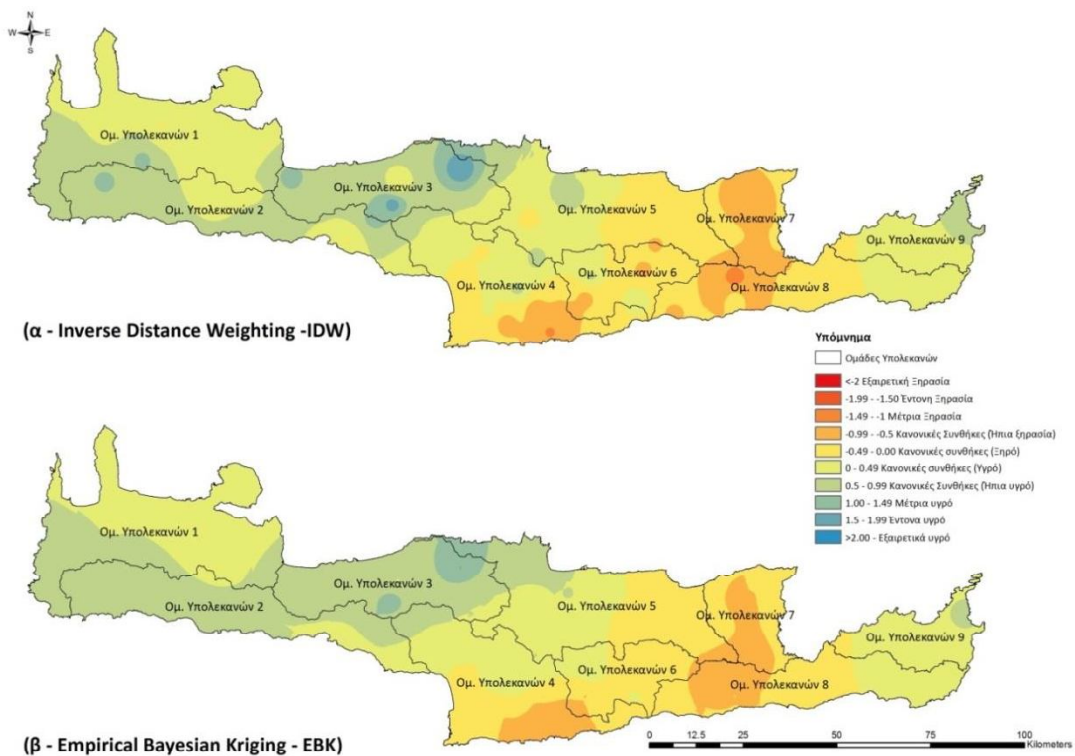
Σχήμα 2.41 Χωρική κατανομή δείκτη Ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1995-1996



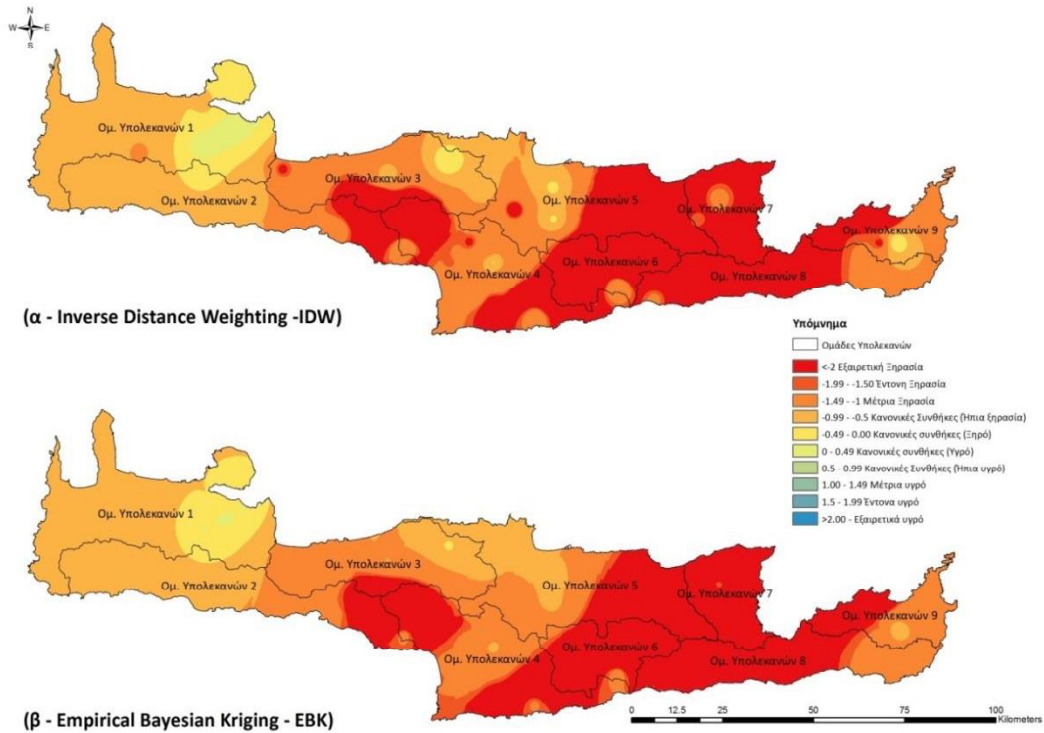
Σχήμα 2.42 Χωρική κατανομή δείκτη Ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1996-1997



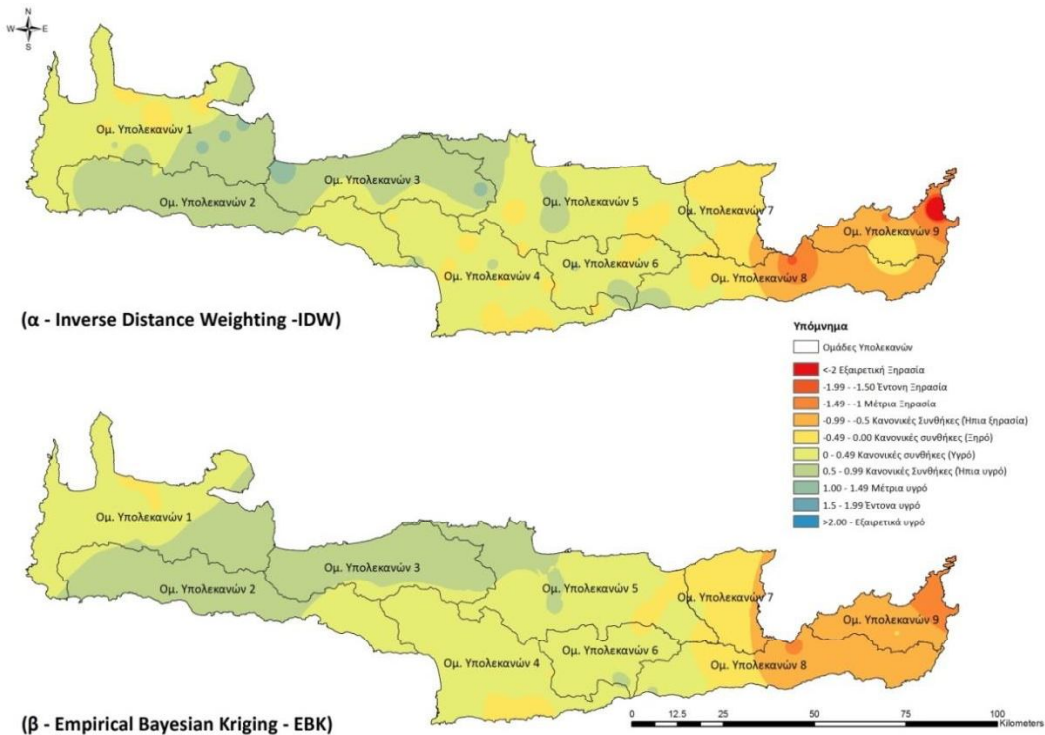
Σχήμα 2.43 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1997-1998



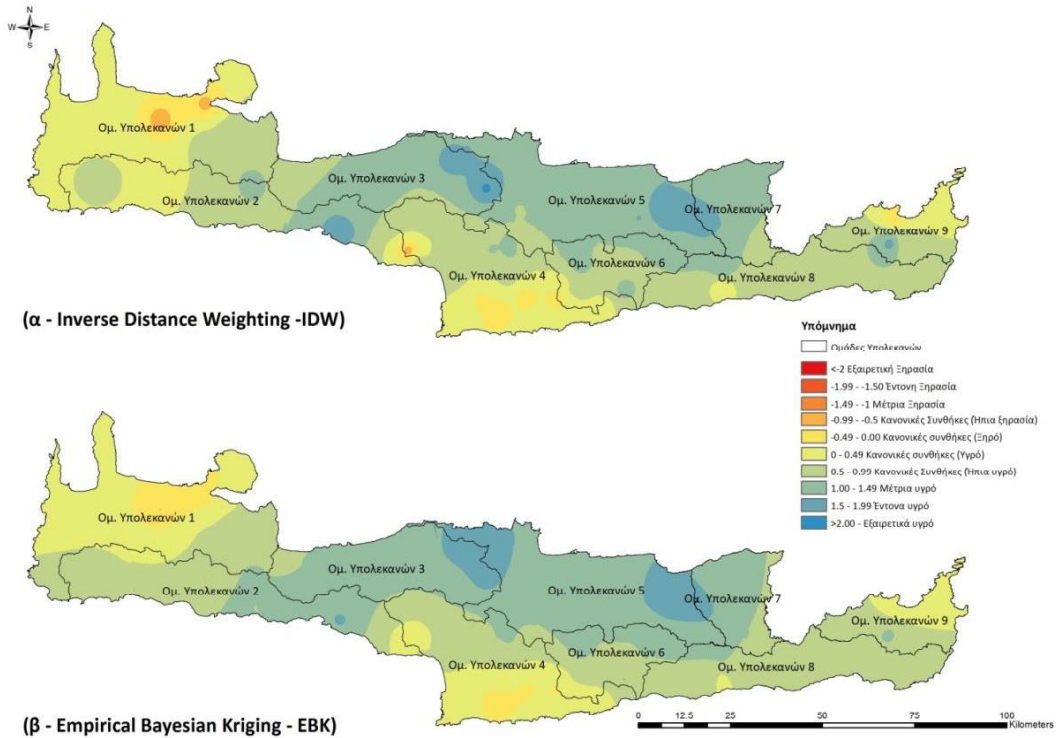
Σχήμα 2.44 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1998-1999



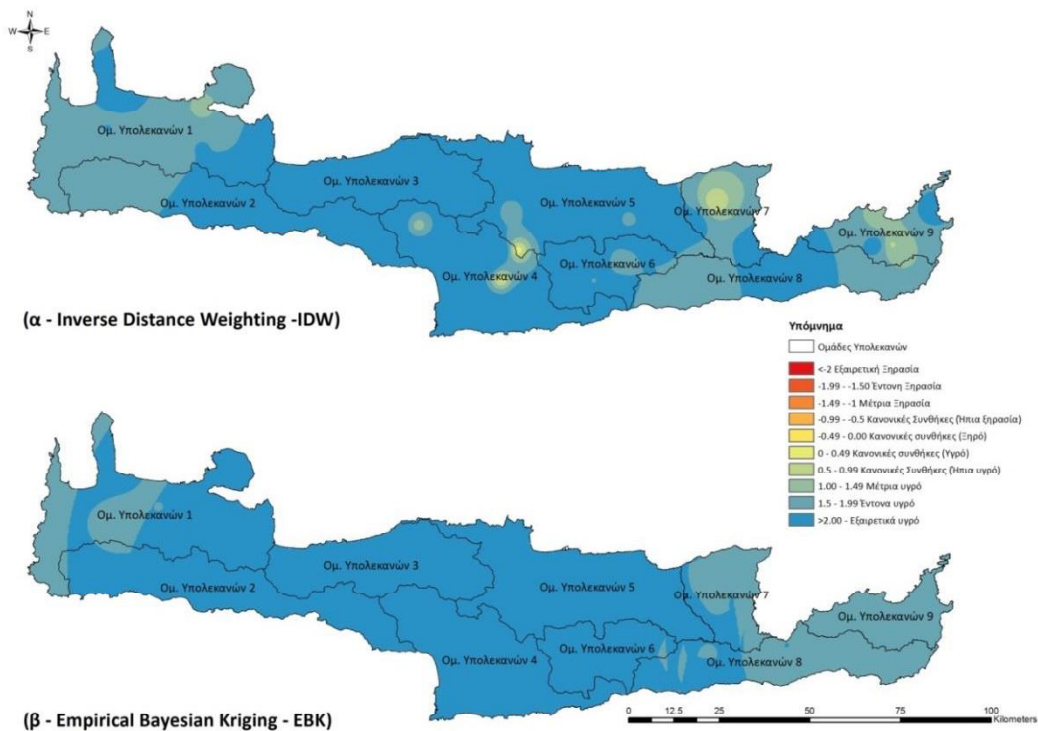
Σχήμα 2.45 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1999-2000



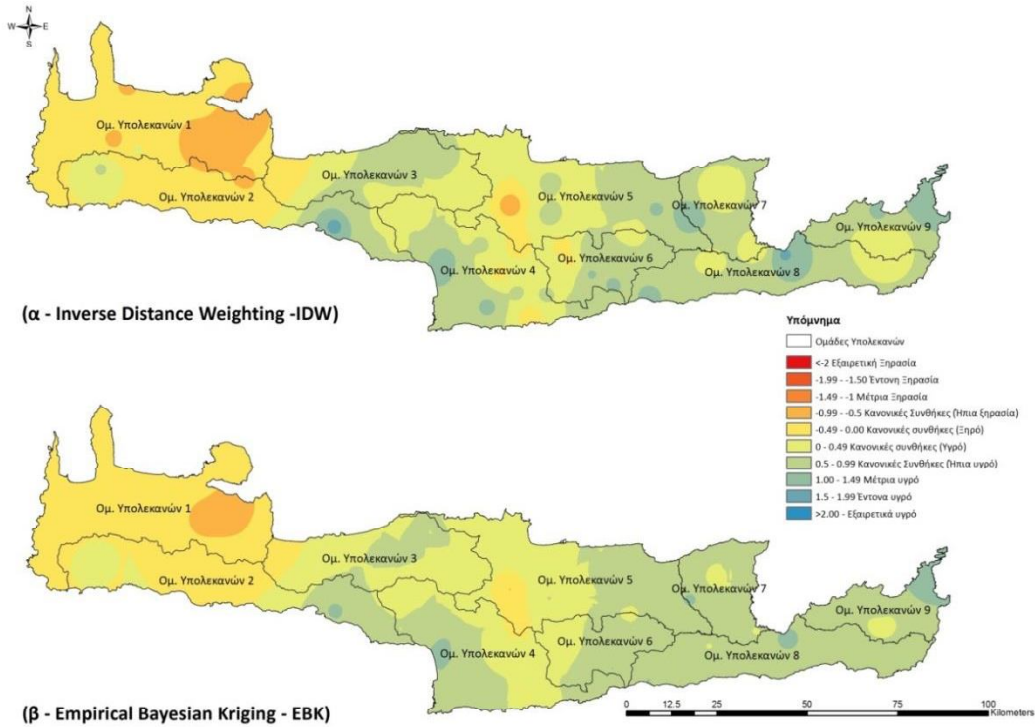
Σχήμα 2.46 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 2000-2001



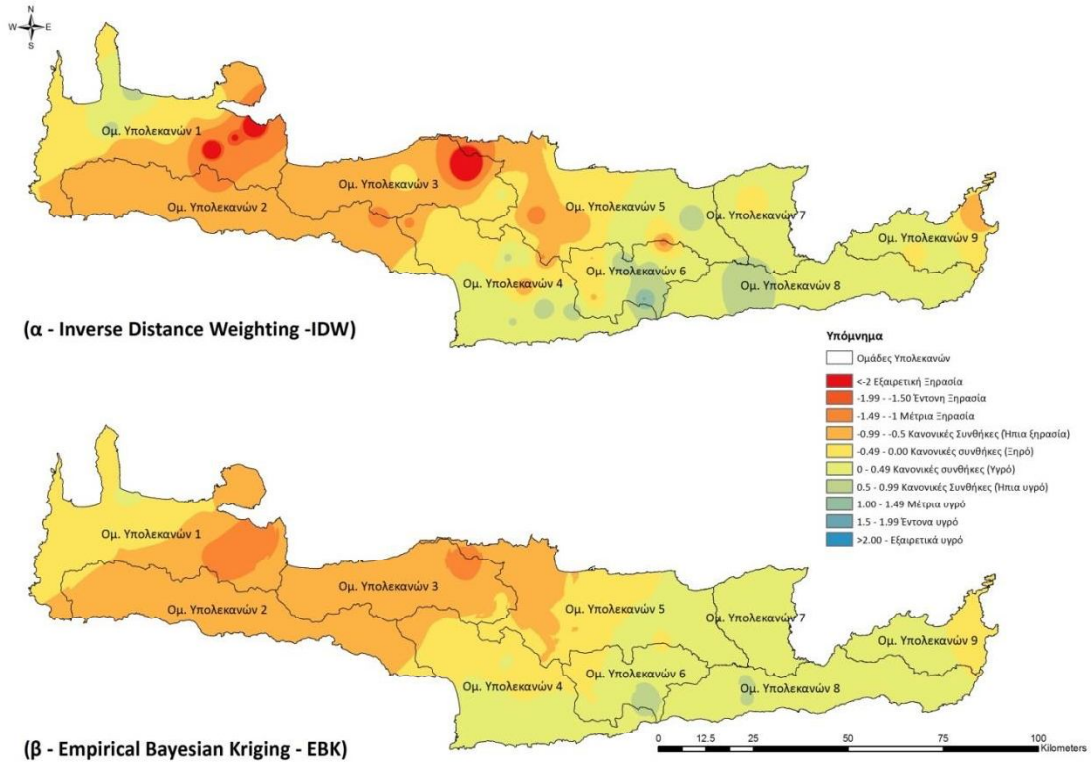
Σχήμα 2.47 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 2001-2002



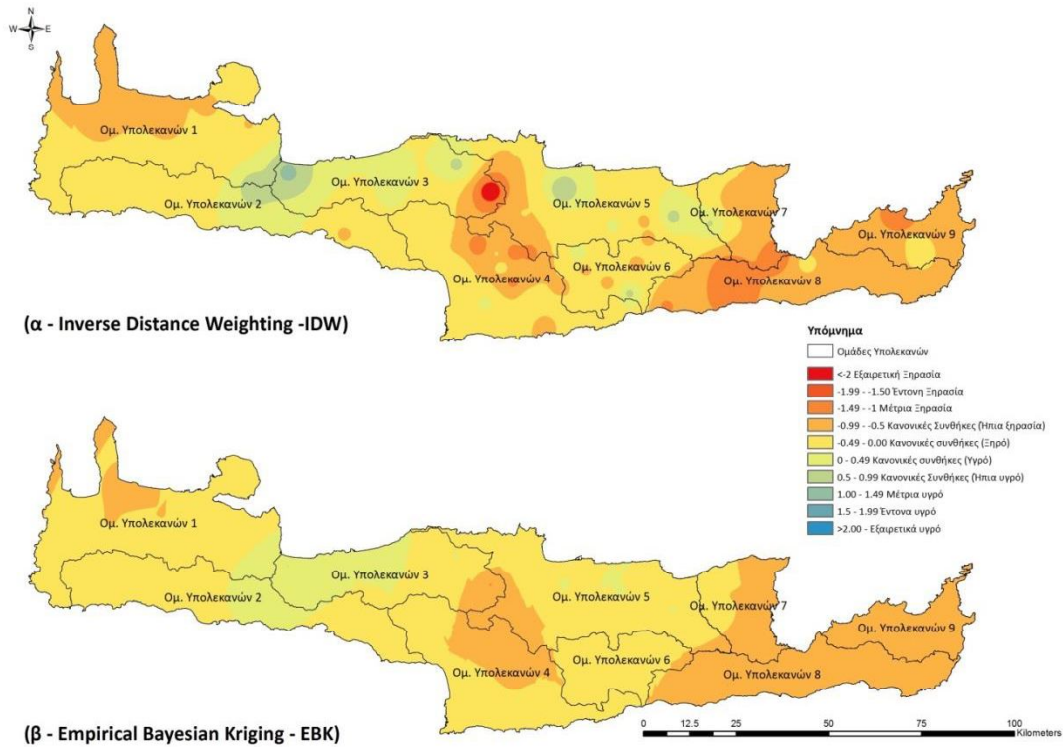
Σχήμα 2.48 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 2002-2003



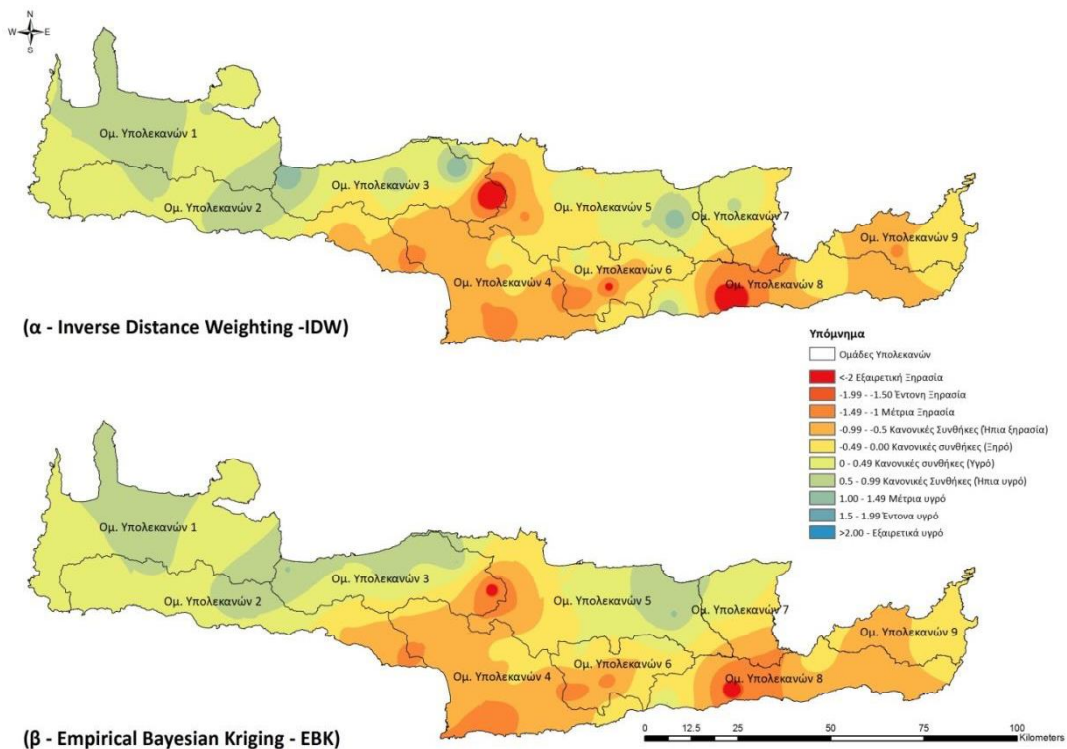
Σχήμα 2.49 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 2003-2004



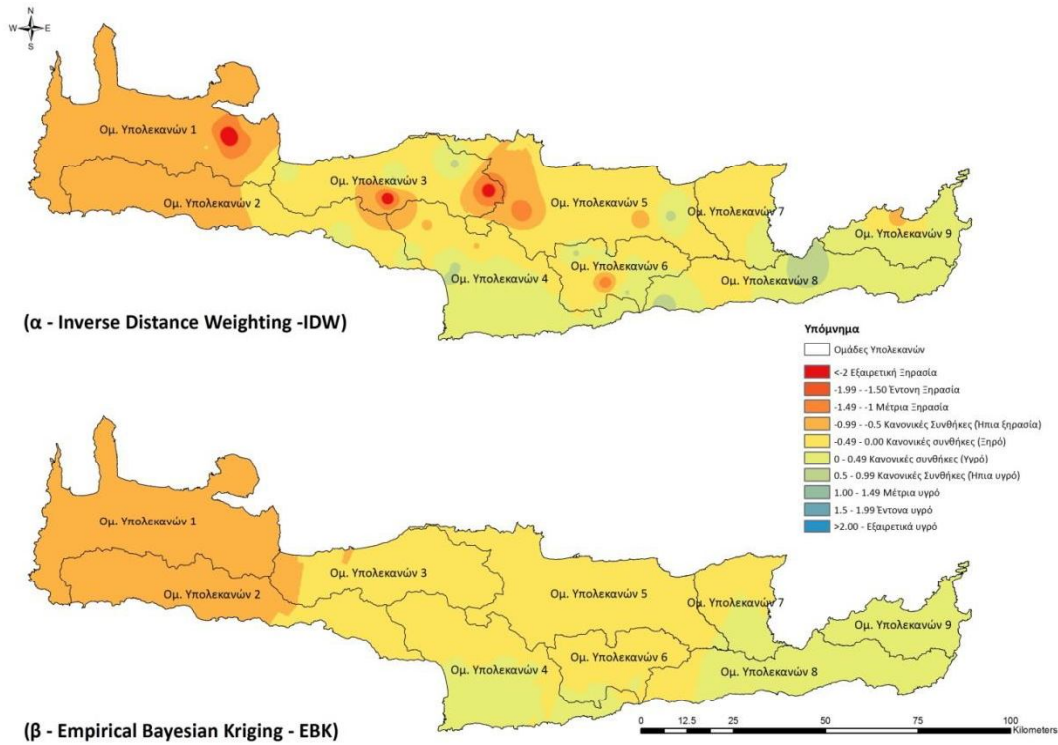
Σχήμα 2.50 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 2004-2005



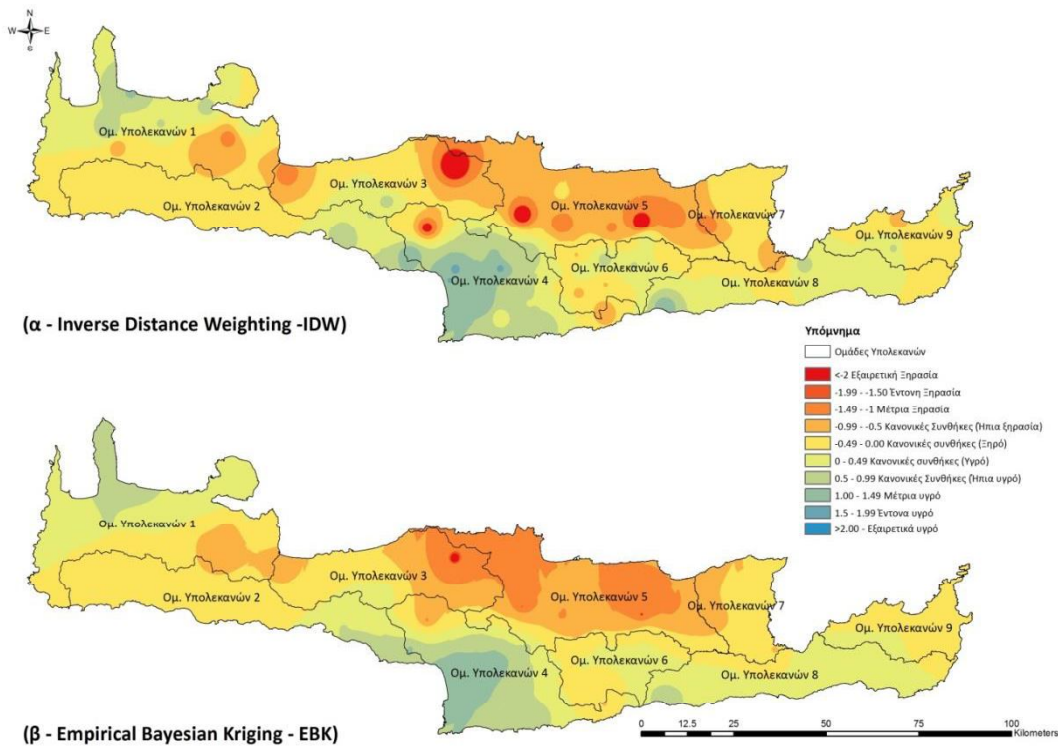
Σχήμα 2.51 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 2005-2006



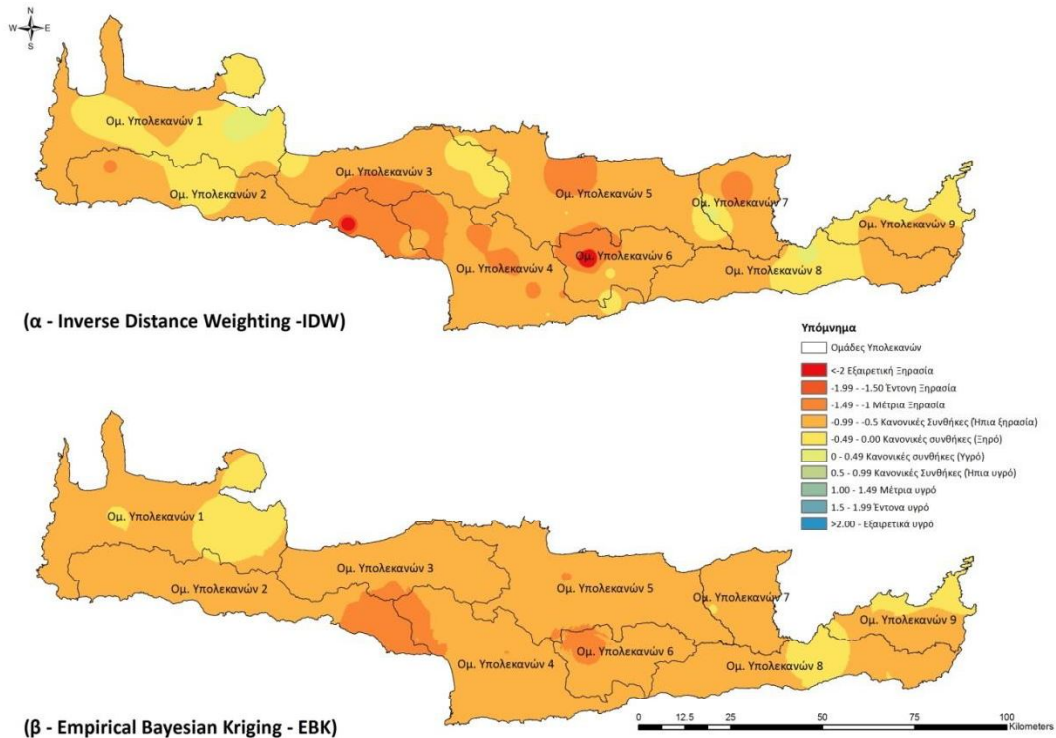
Σχήμα 2.52 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 2006-2007



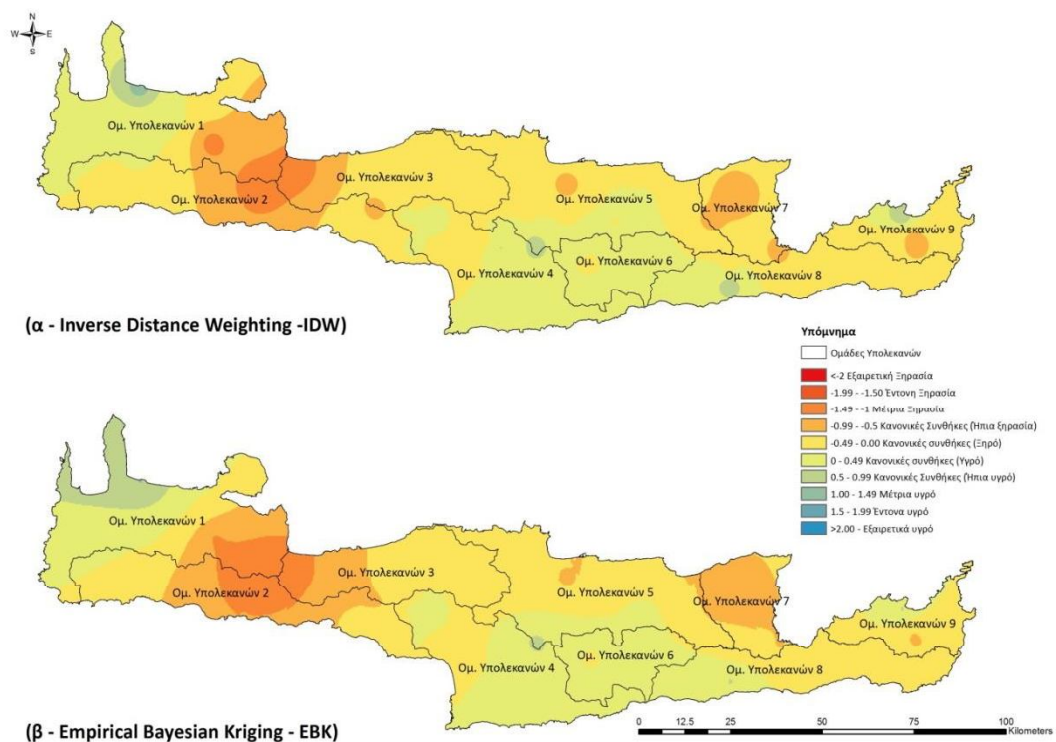
Σχήμα 2.53 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 2007-2008



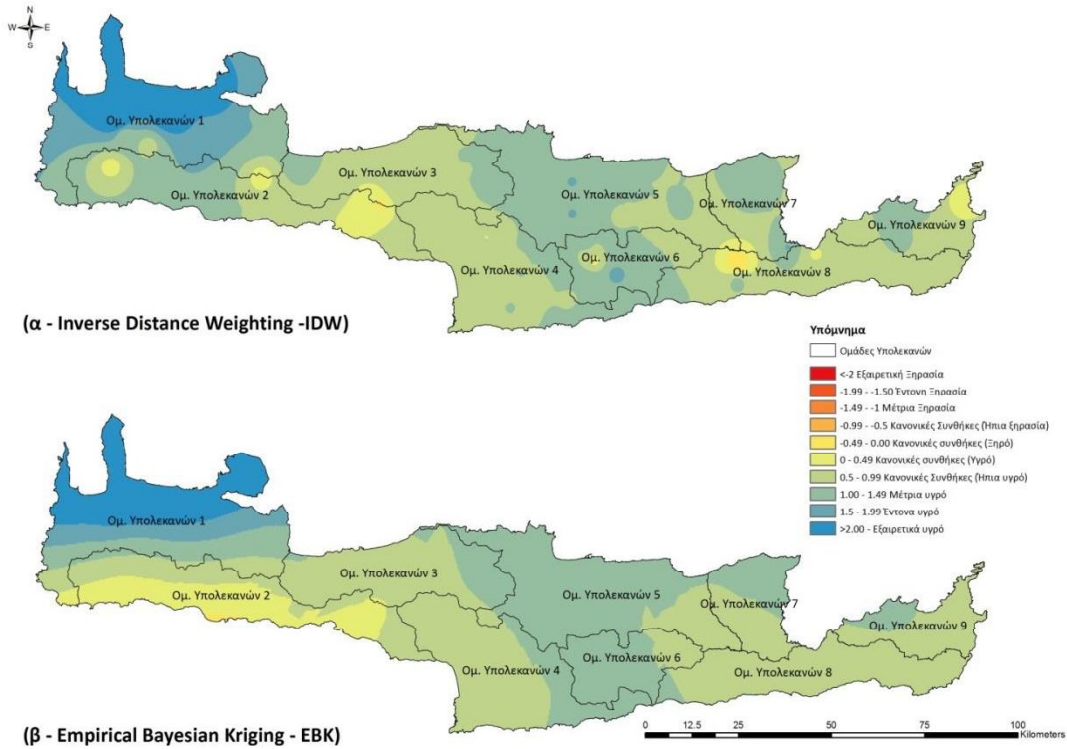
Σχήμα 2.54 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας SPI (12 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 2008-2009



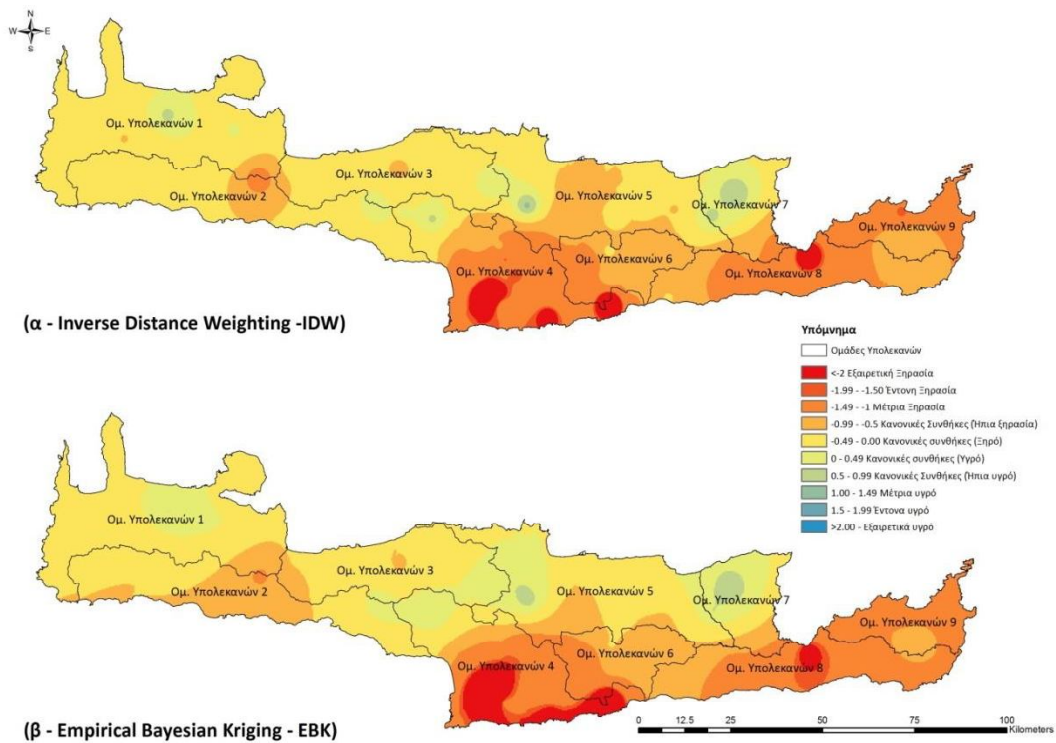
Σχήμα 2.55 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Empirical Bayesian Kriging για το υδρολογικό έτος 1973-1974



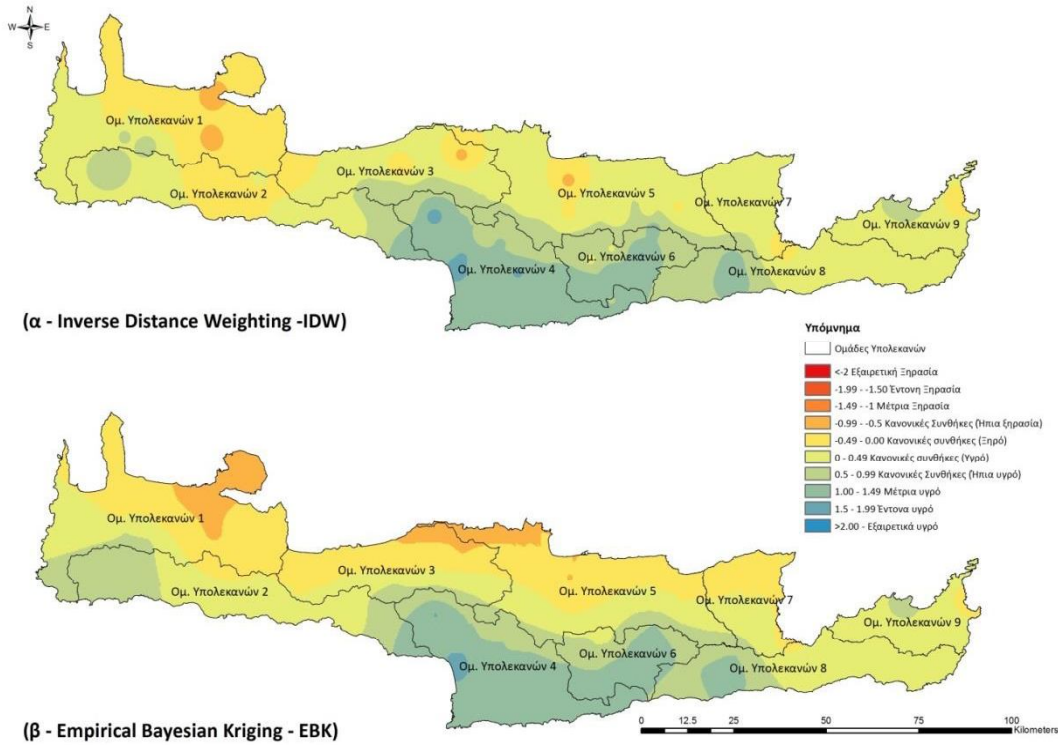
Σχήμα 2.56 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1974-1975



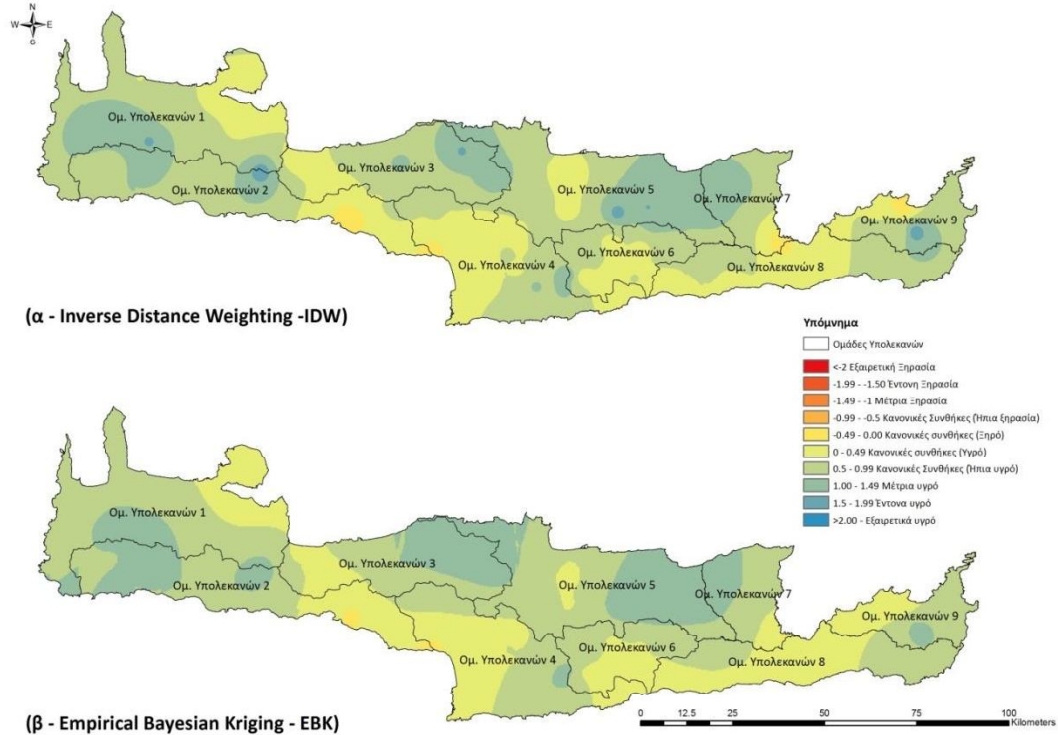
Σχήμα 2.57 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1975-1976



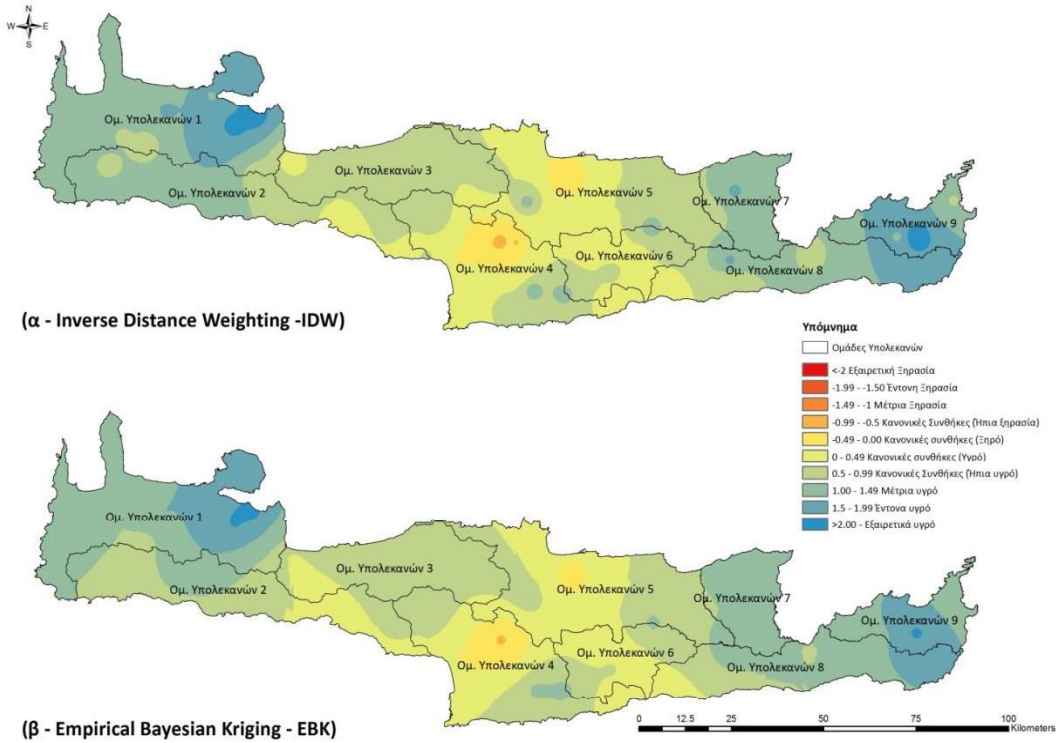
Σχήμα 2.58 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1976-1977



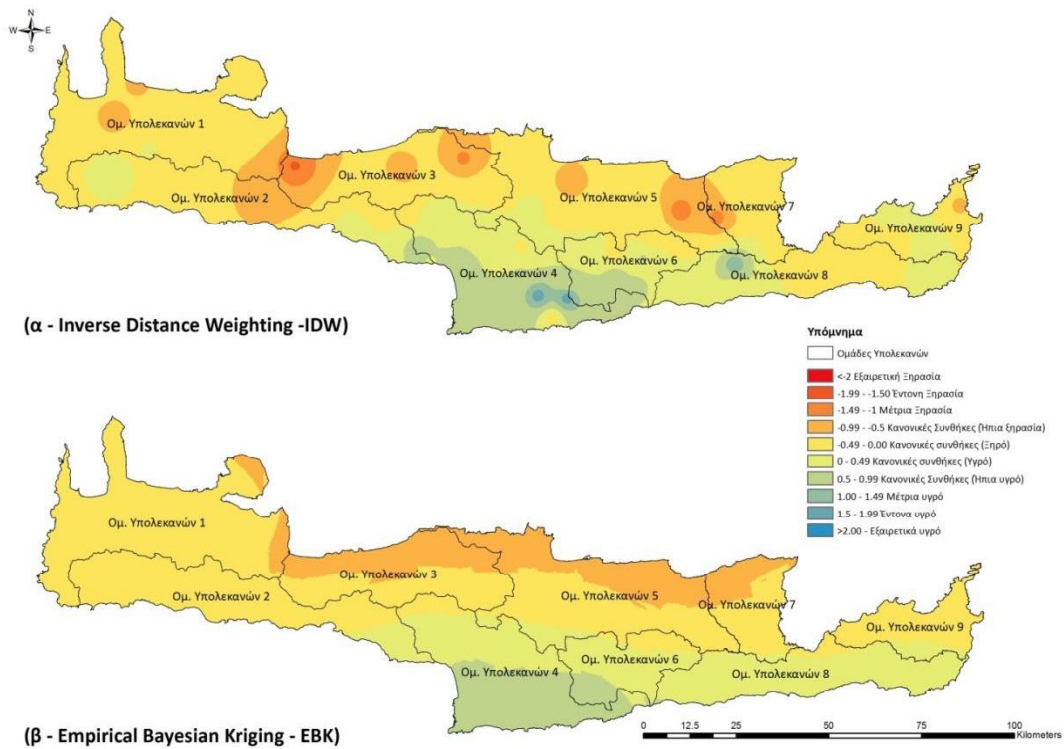
Σχήμα 2.59 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1977-1978



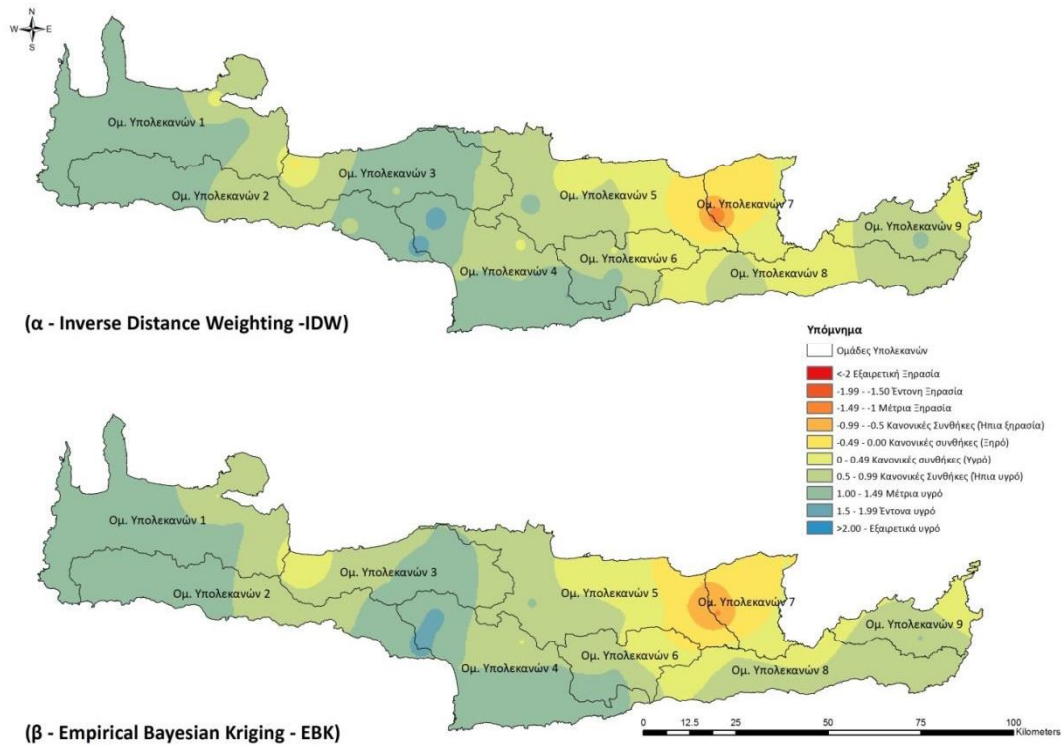
Σχήμα 2.60 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1978-1979



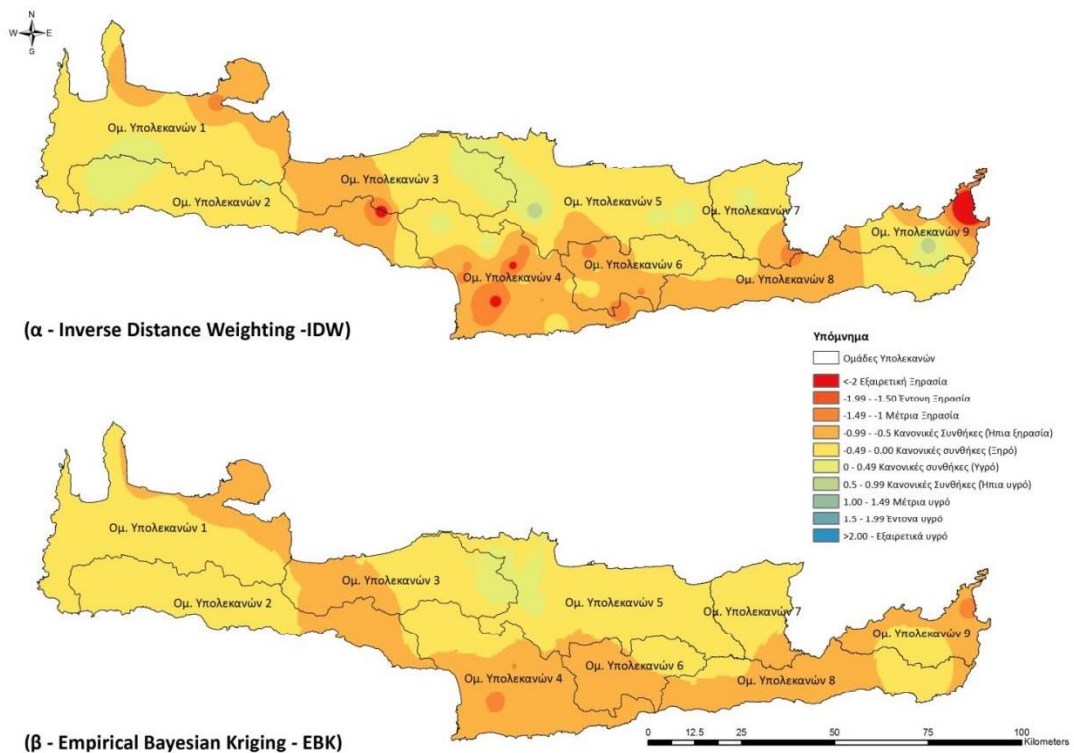
Σχήμα 2.61 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1979-1980



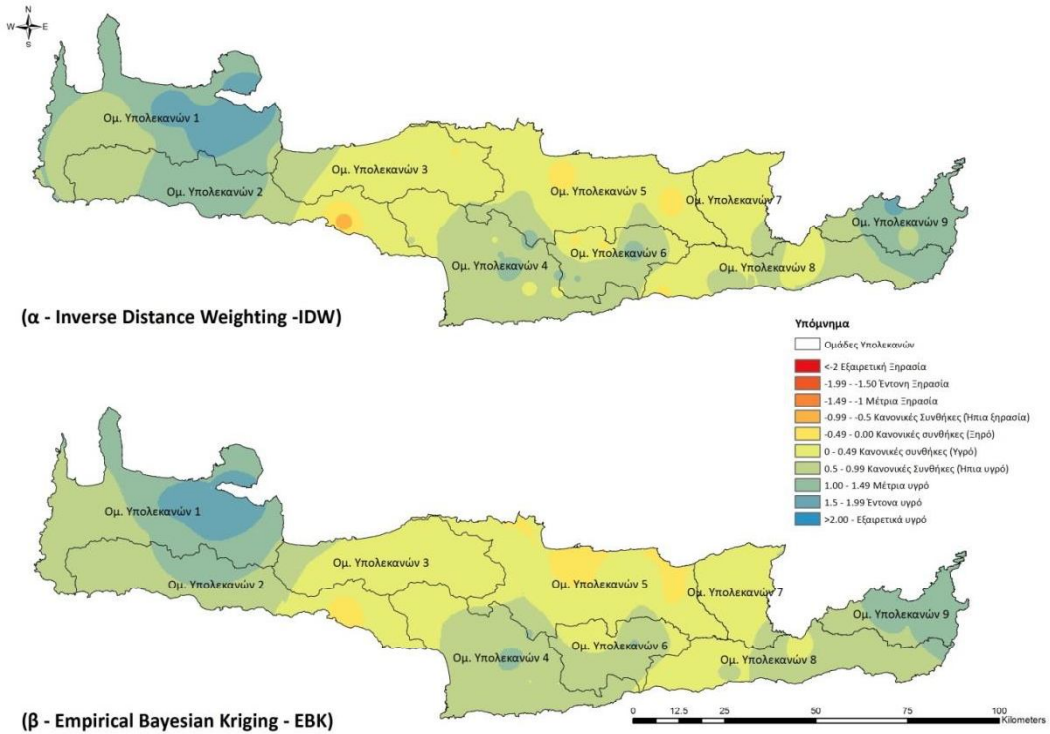
Σχήμα 2.62 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1980-1981



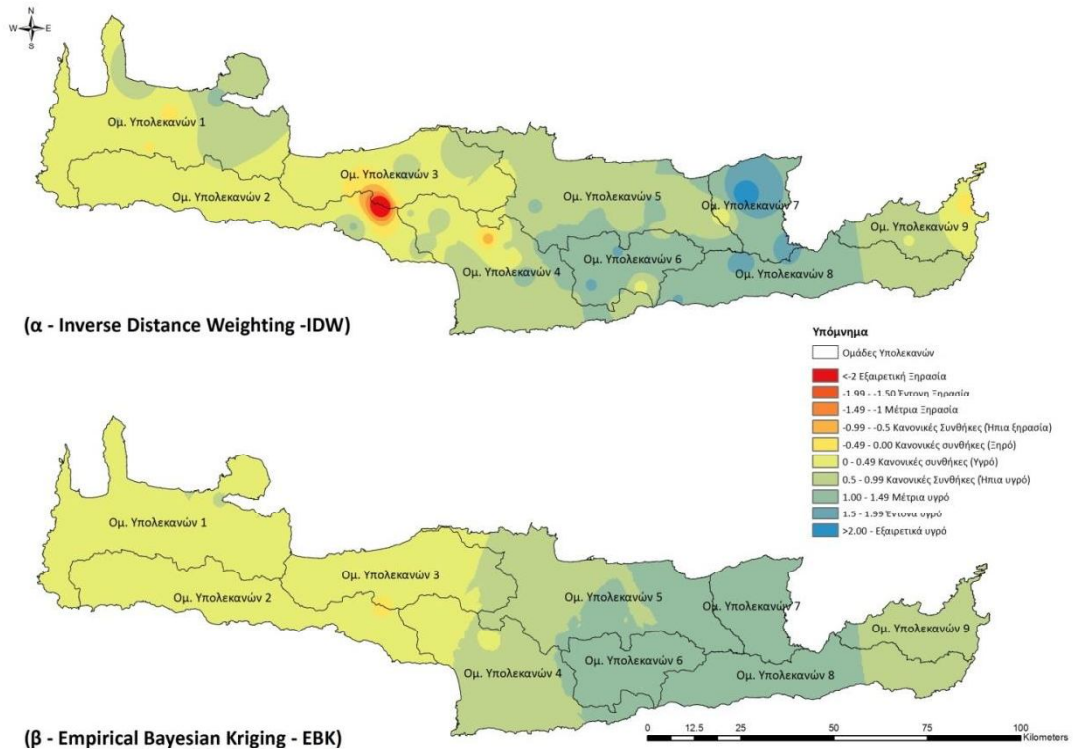
Σχήμα 2.63 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1981-1982



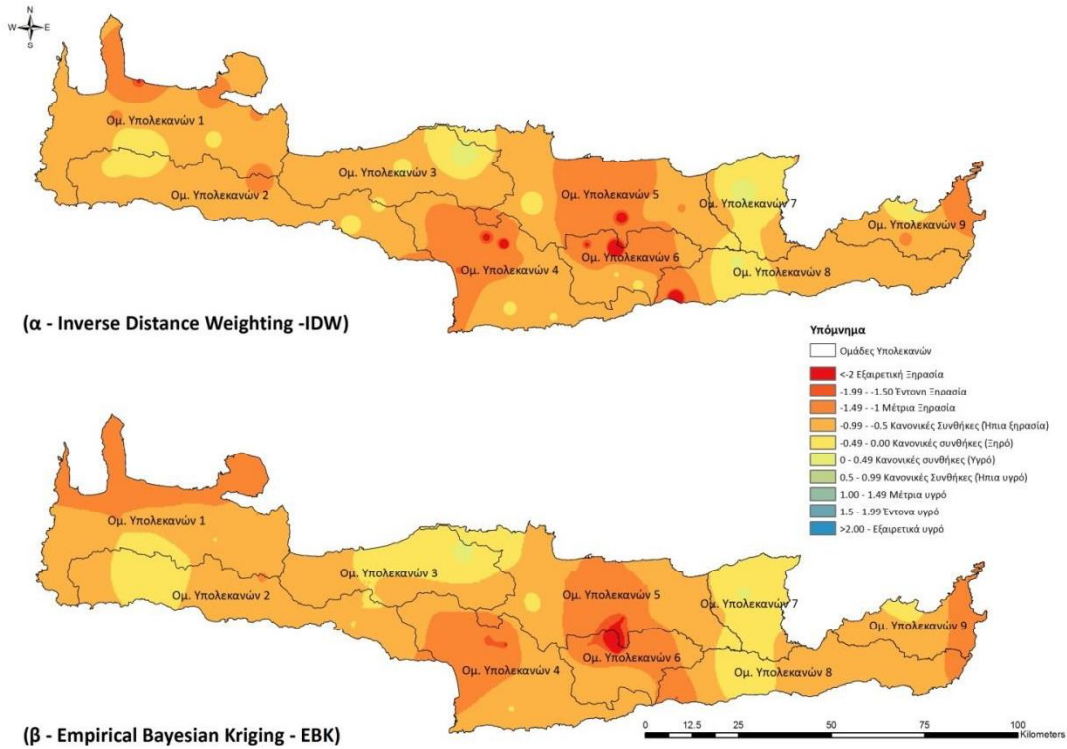
Σχήμα 2.64 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1982-1983



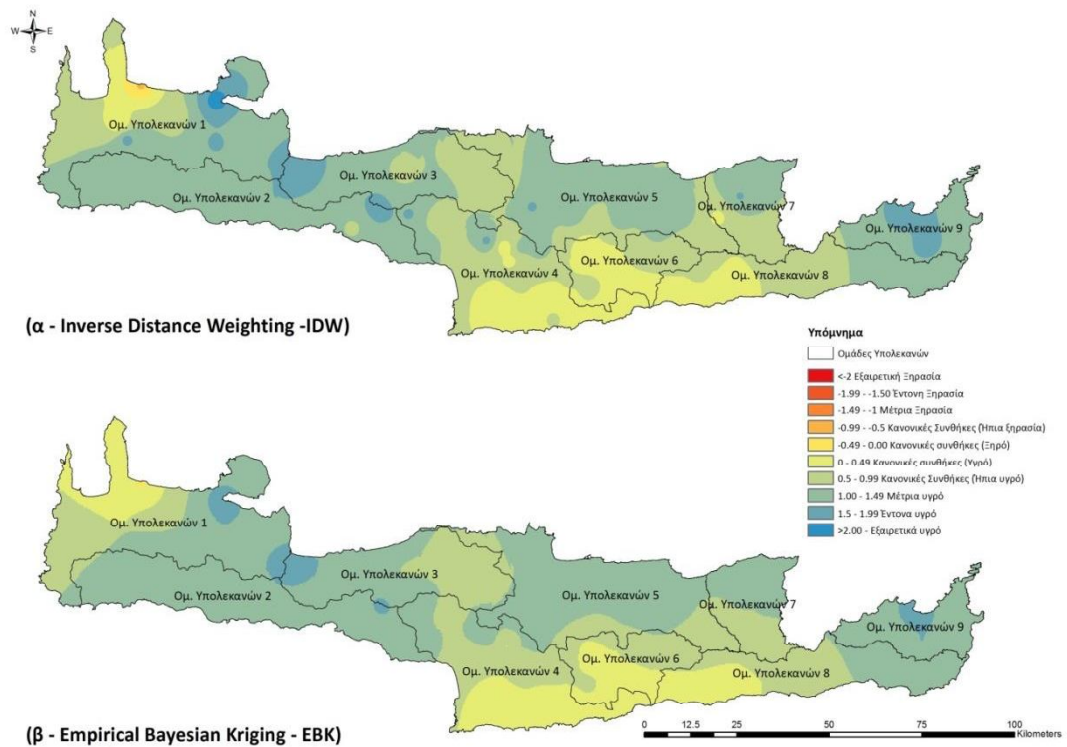
Σχήμα 2.65 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1983-1984



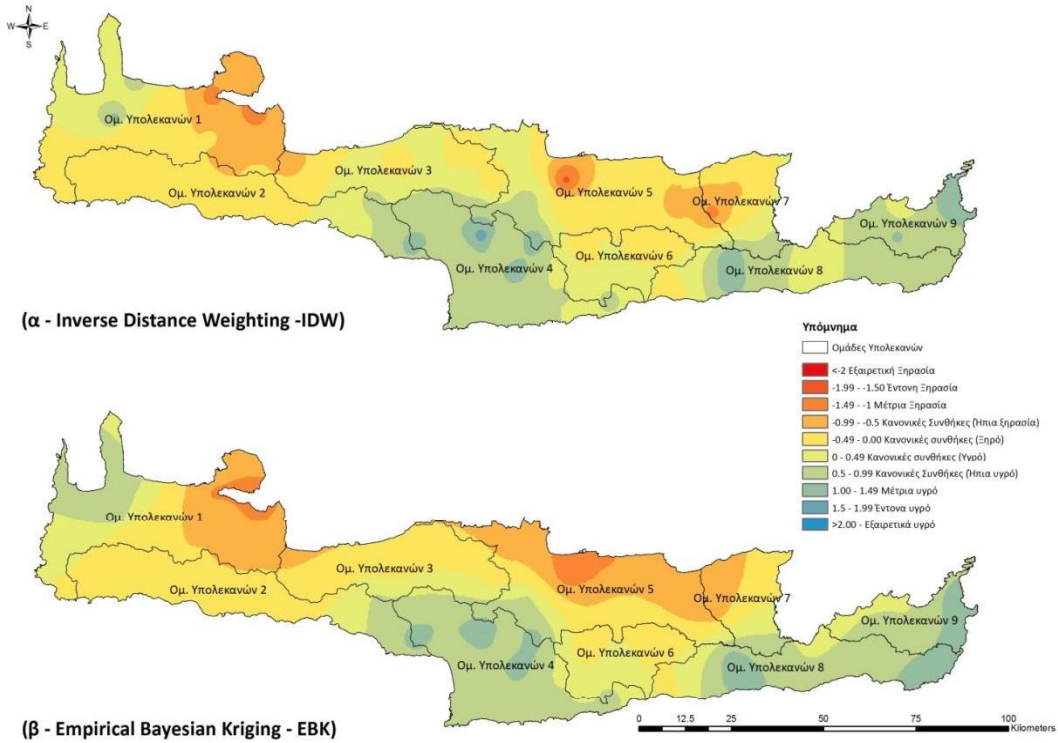
Σχήμα 2.66 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1984-1985



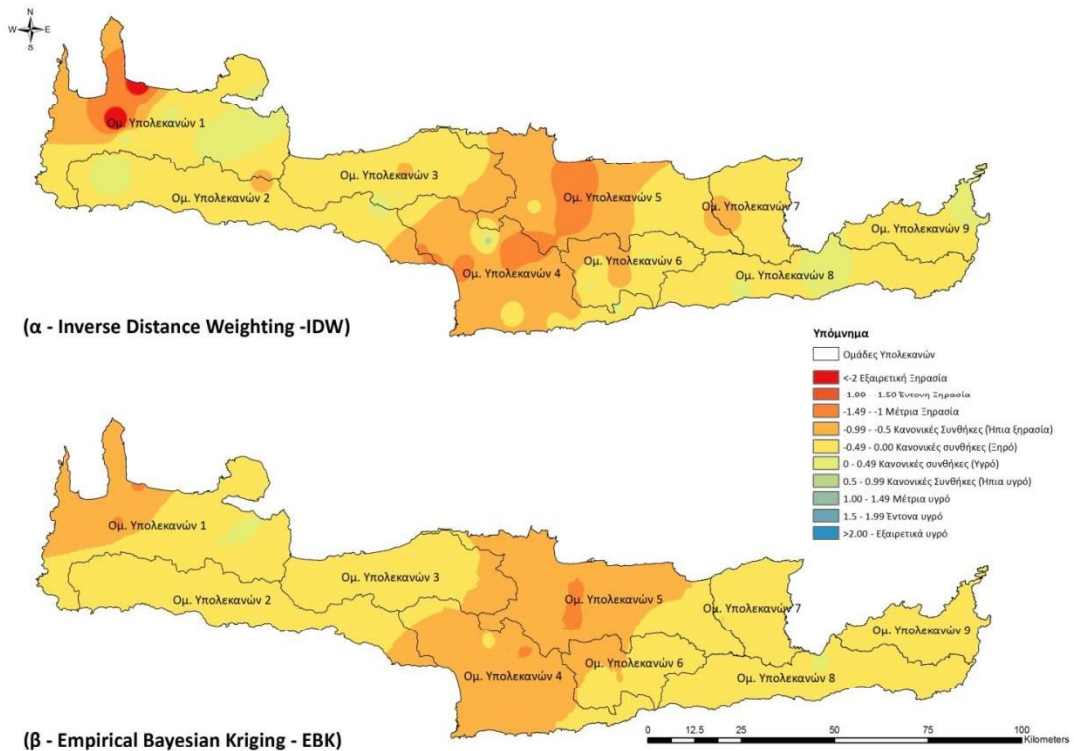
Σχήμα 2.67 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1985-1986



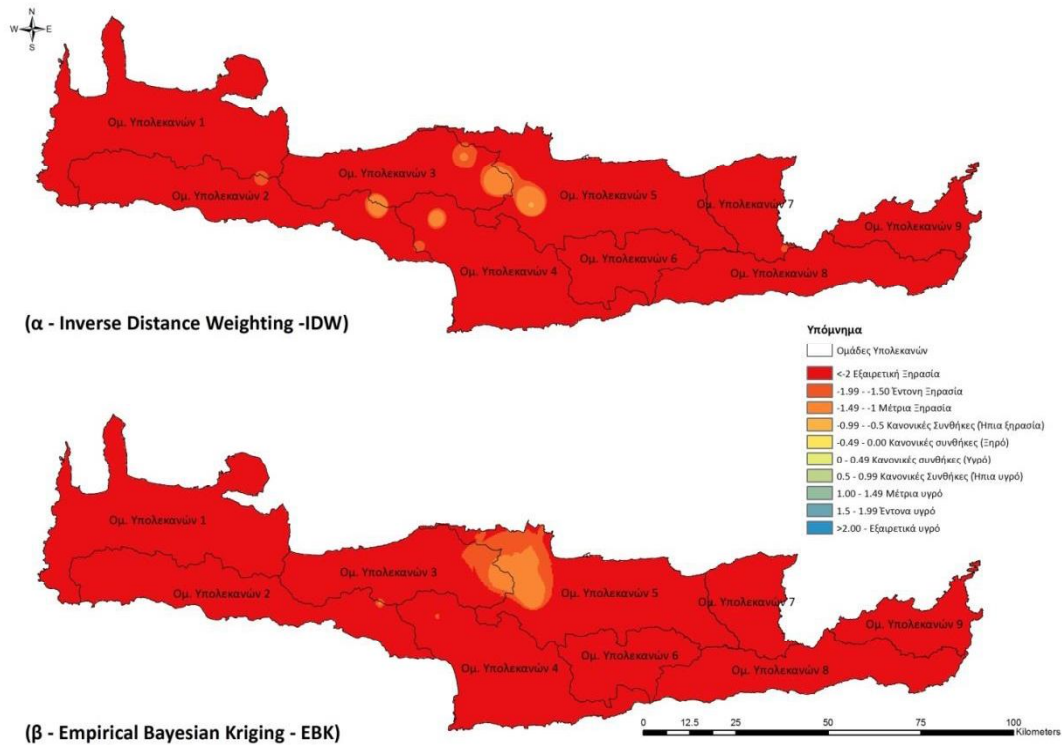
Σχήμα 2.68 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1986-1987



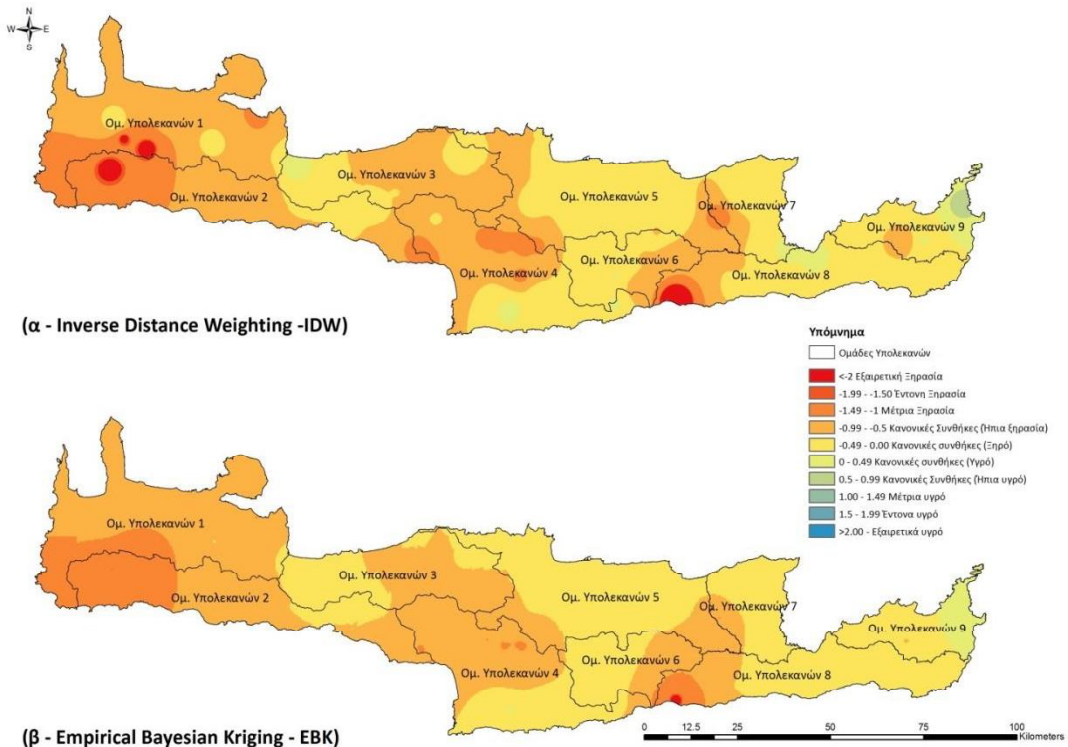
Σχήμα 2.69 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1987-1988



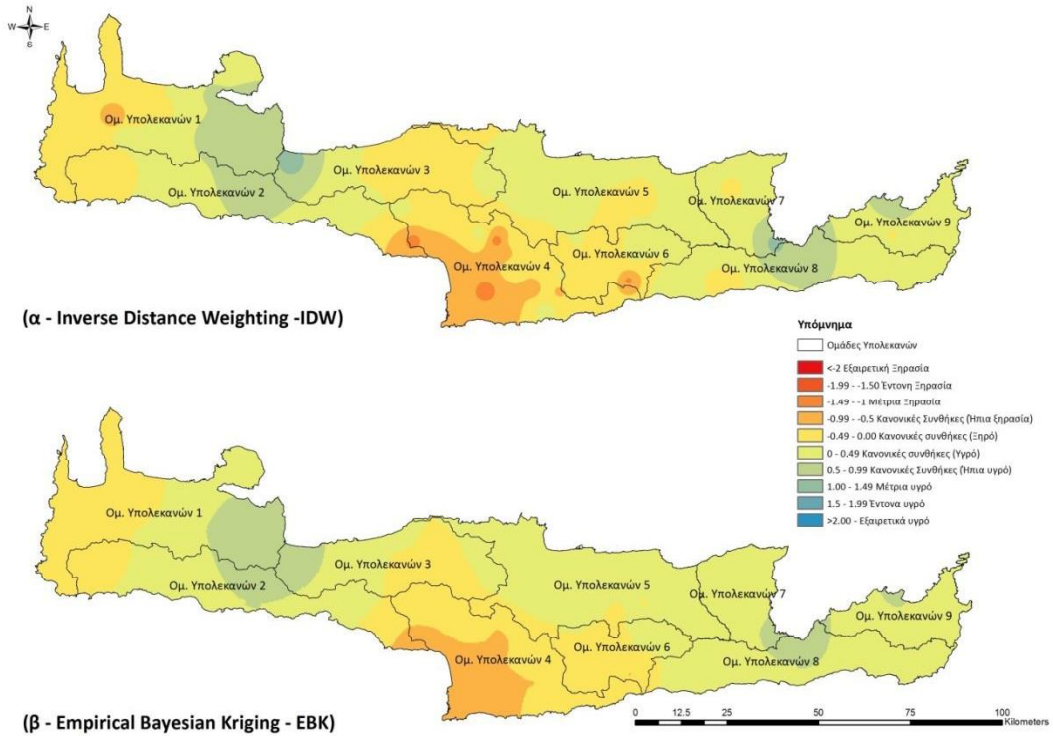
Σχήμα 2.70 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1988-1989



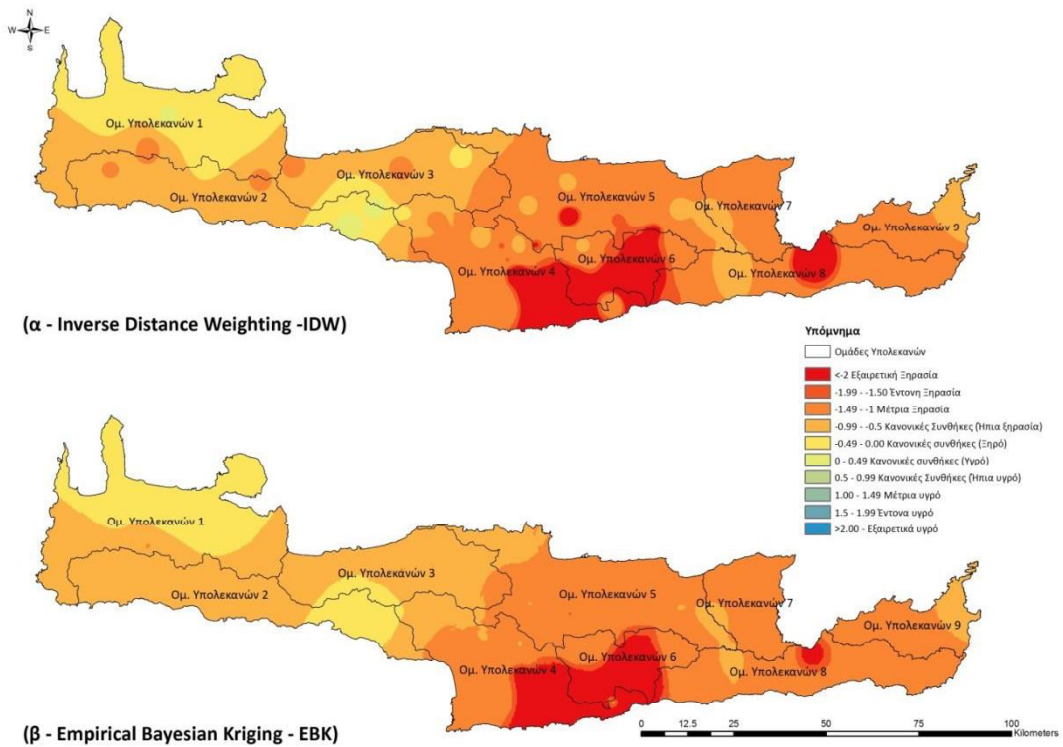
Σχήμα 2.71 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1989-1990



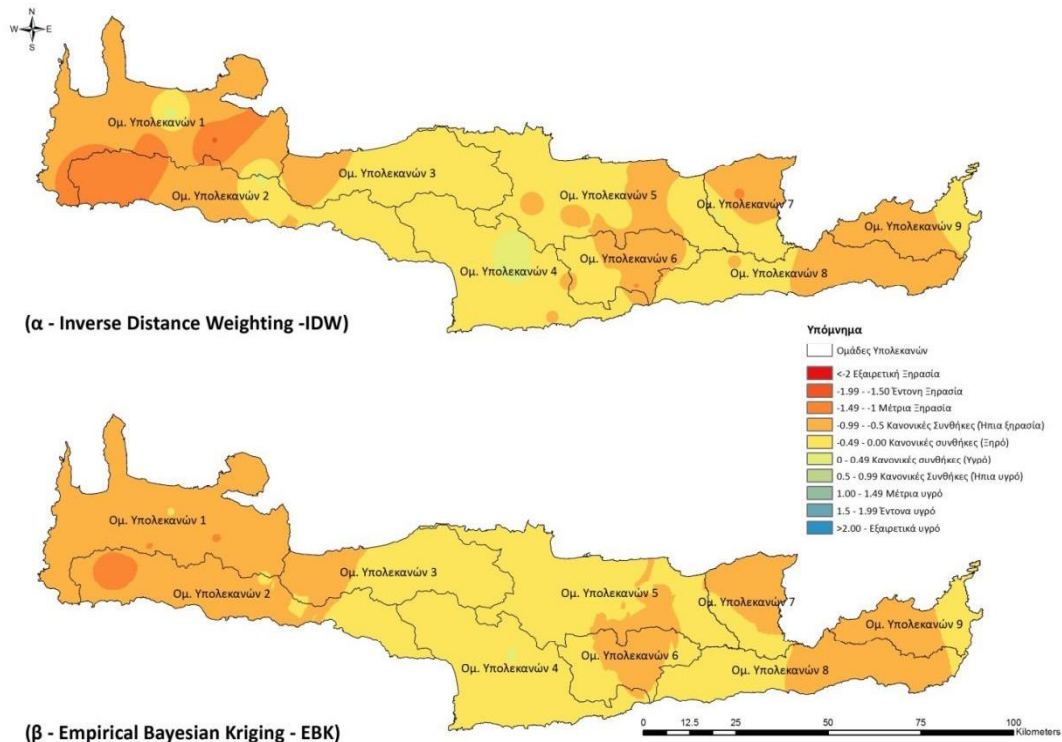
Σχήμα 2.72 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1990-1991



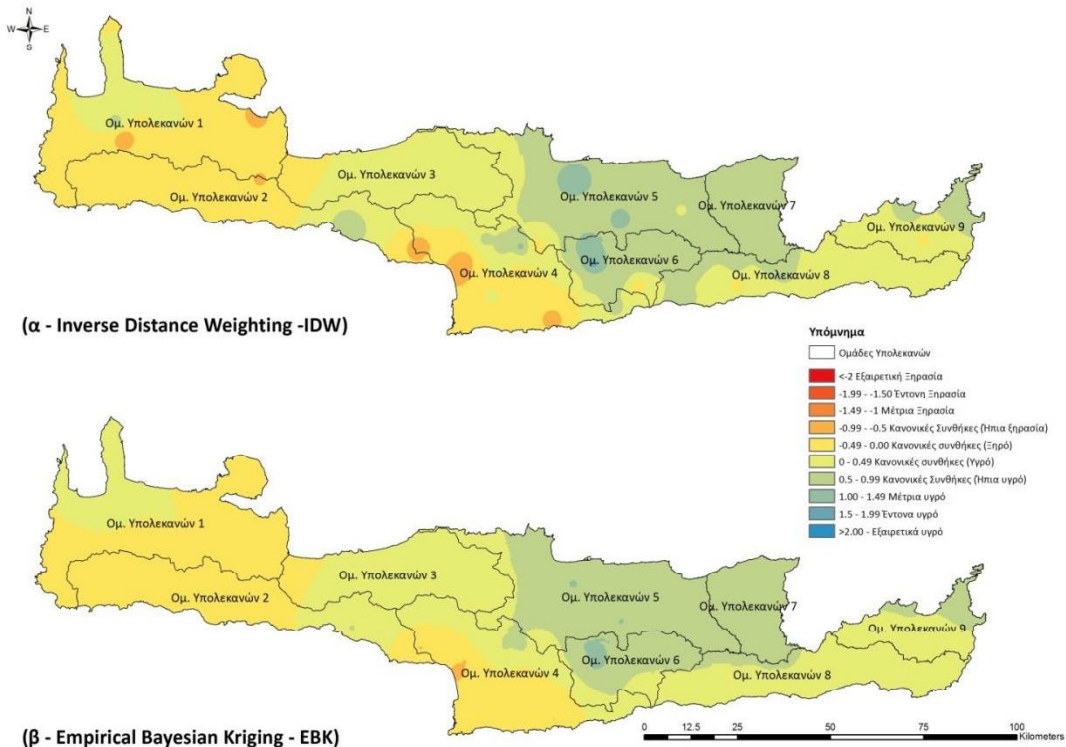
Σχήμα 2.73 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1991-1992



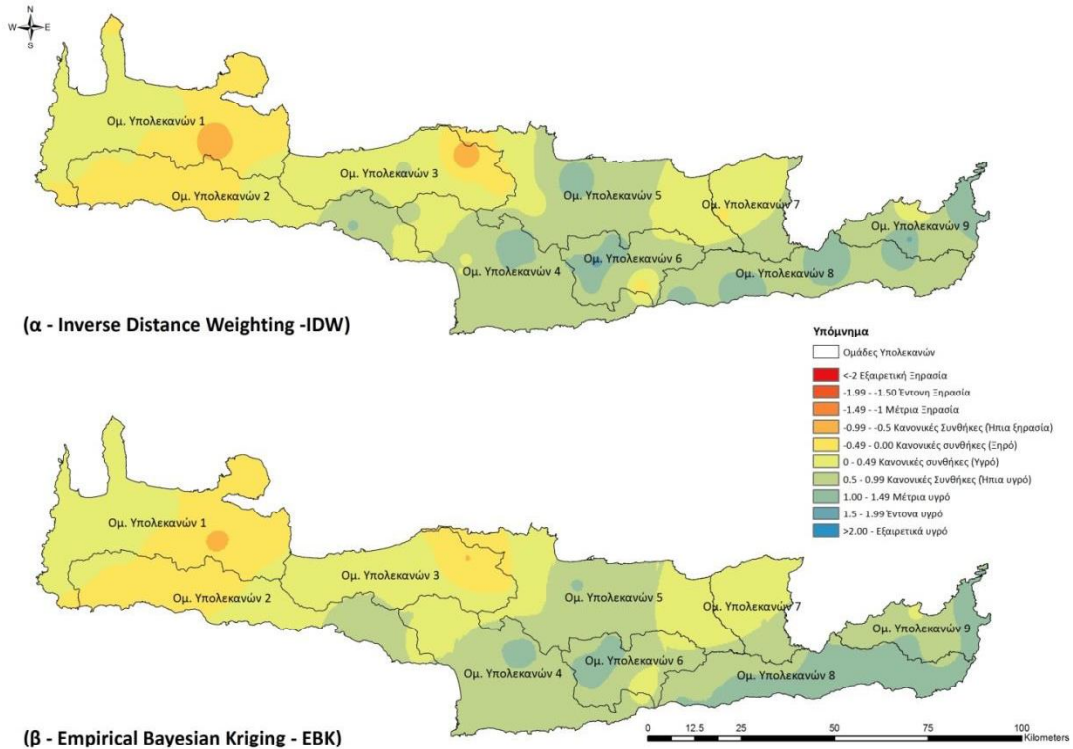
Σχήμα 2.74 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1992-1993



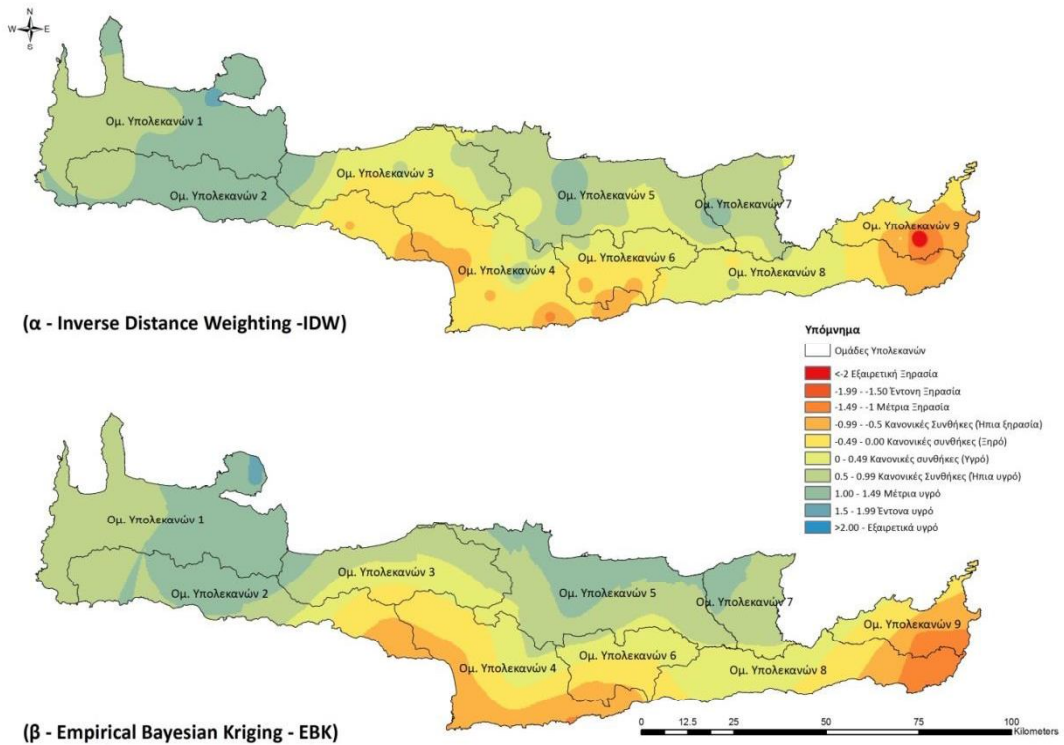
Σχήμα 2.75 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1993-1994



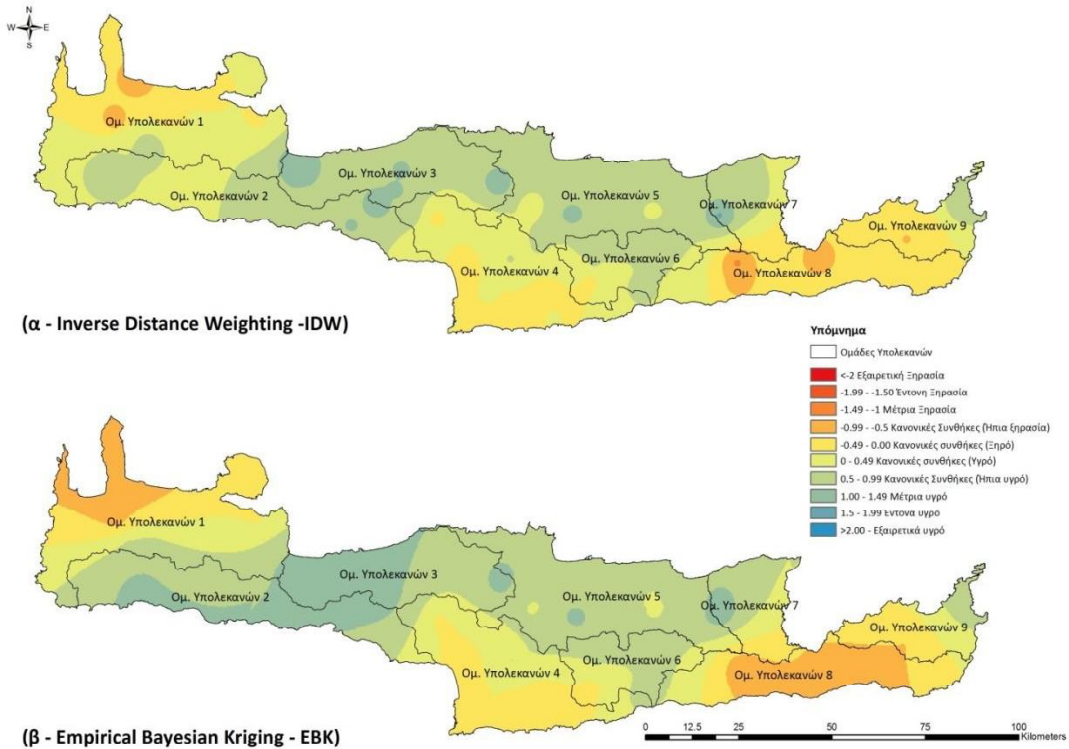
Σχήμα 2.76 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1994-1995



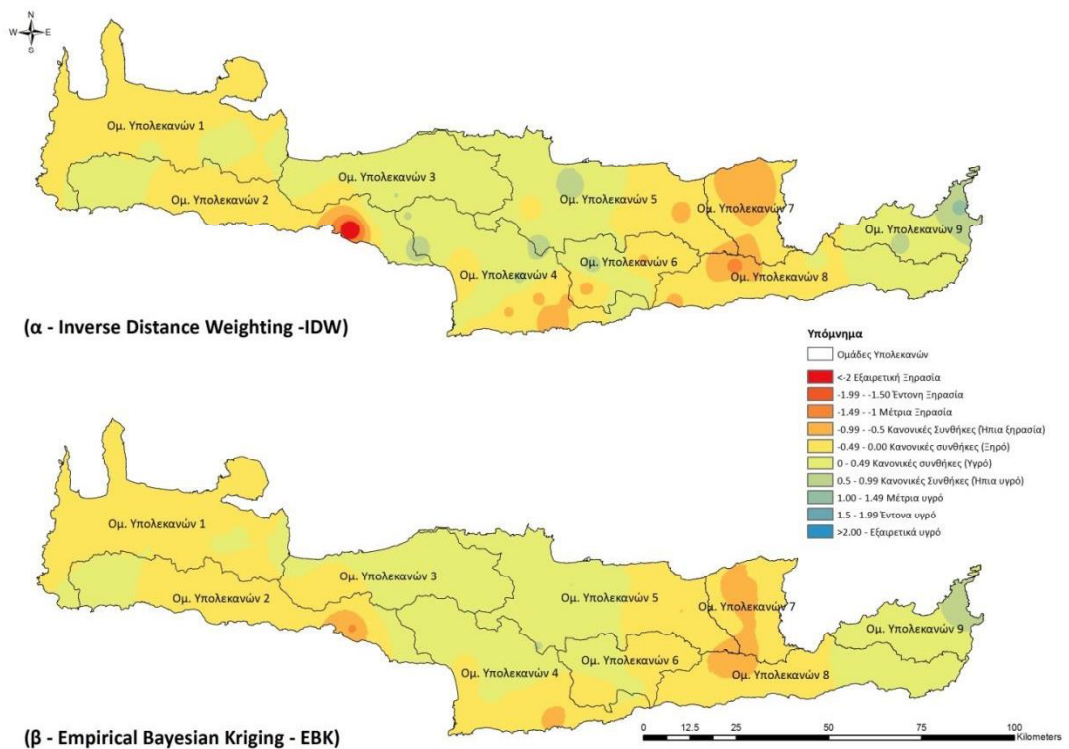
Σχήμα 2.77 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας *aSPI* (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους *Inverse Distance Weighting – IDW* και *Kriging* για το υδρολογικό έτος 1995-1996



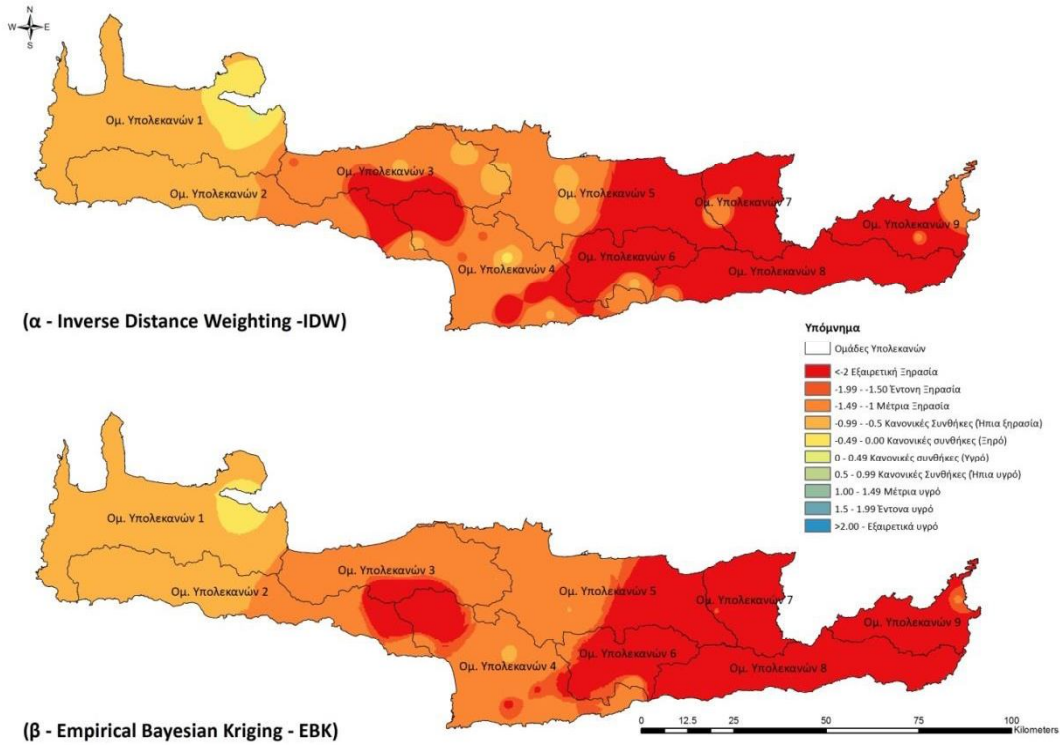
Σχήμα 2.78 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας *aSPI* (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους *Inverse Distance Weighting – IDW* και *Kriging* για το υδρολογικό έτος 1996-1997



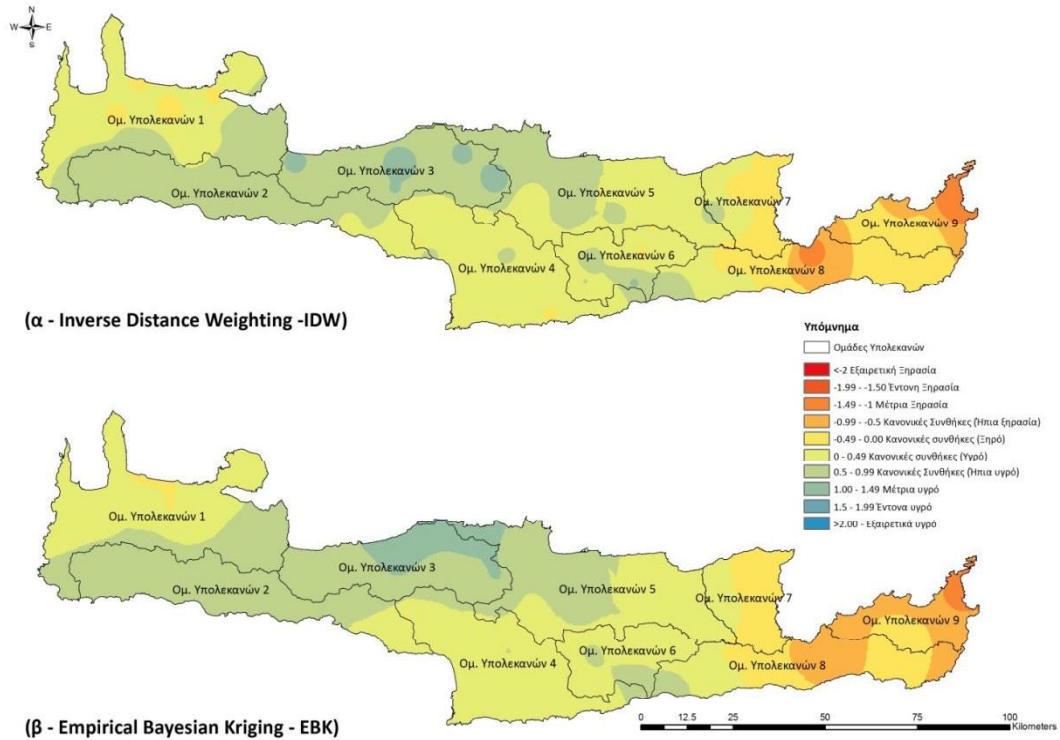
Σχήμα 2.79 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1997-1998



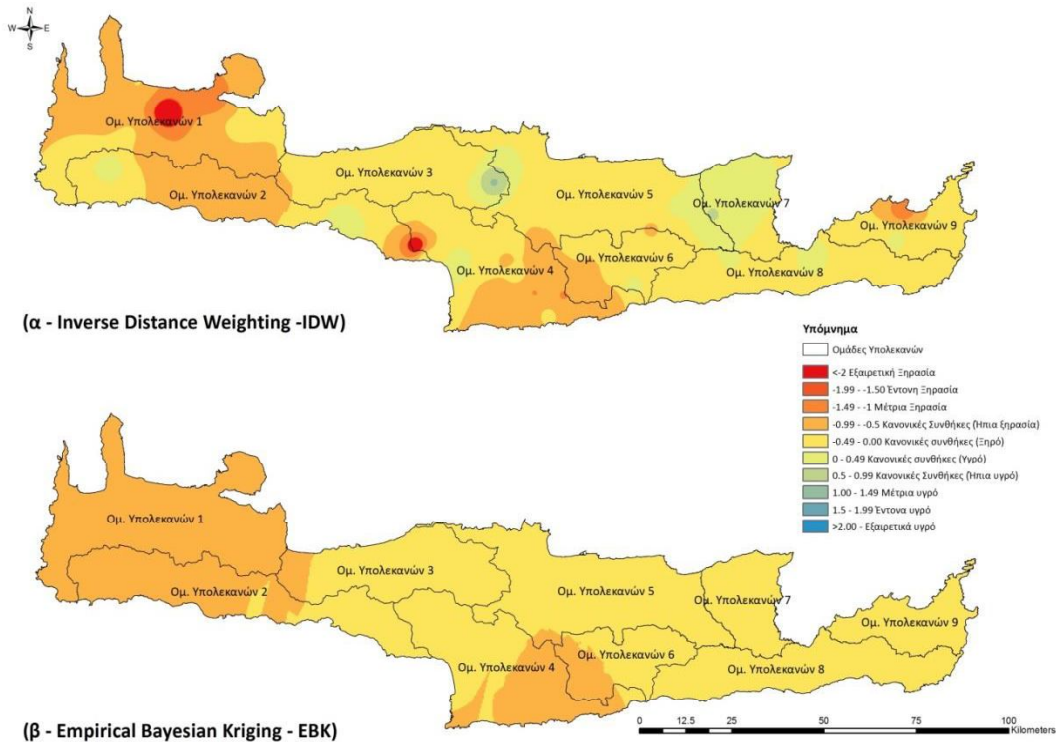
Σχήμα 2.80 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1998-1999



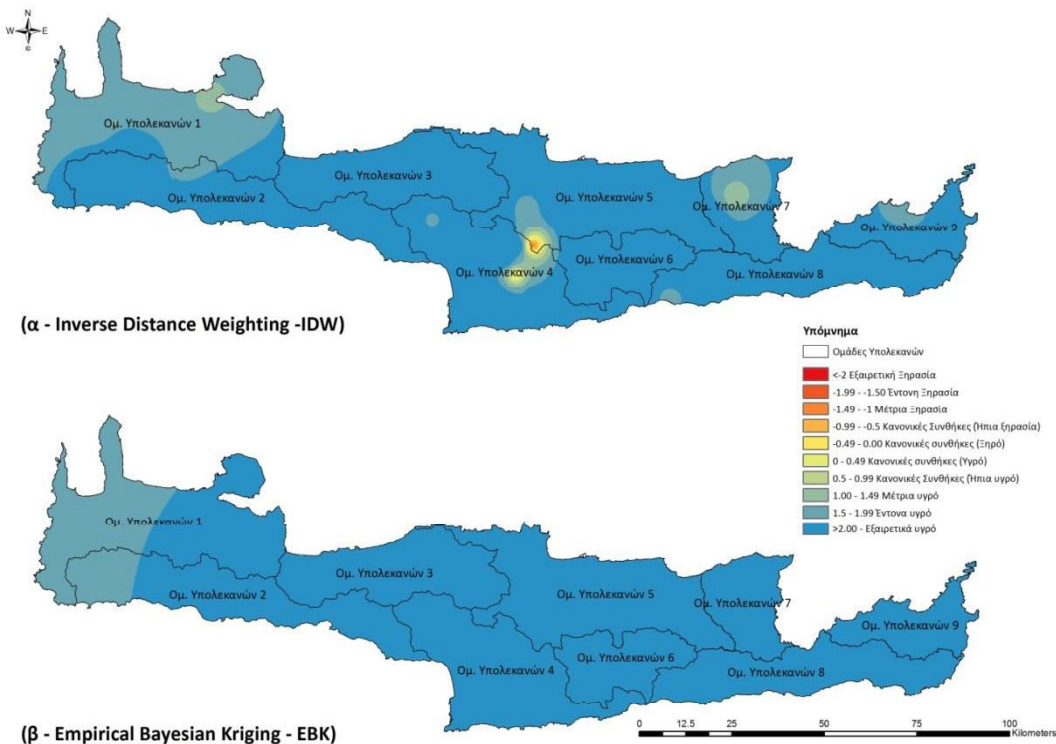
Σχήμα 2.81 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 1999-2000



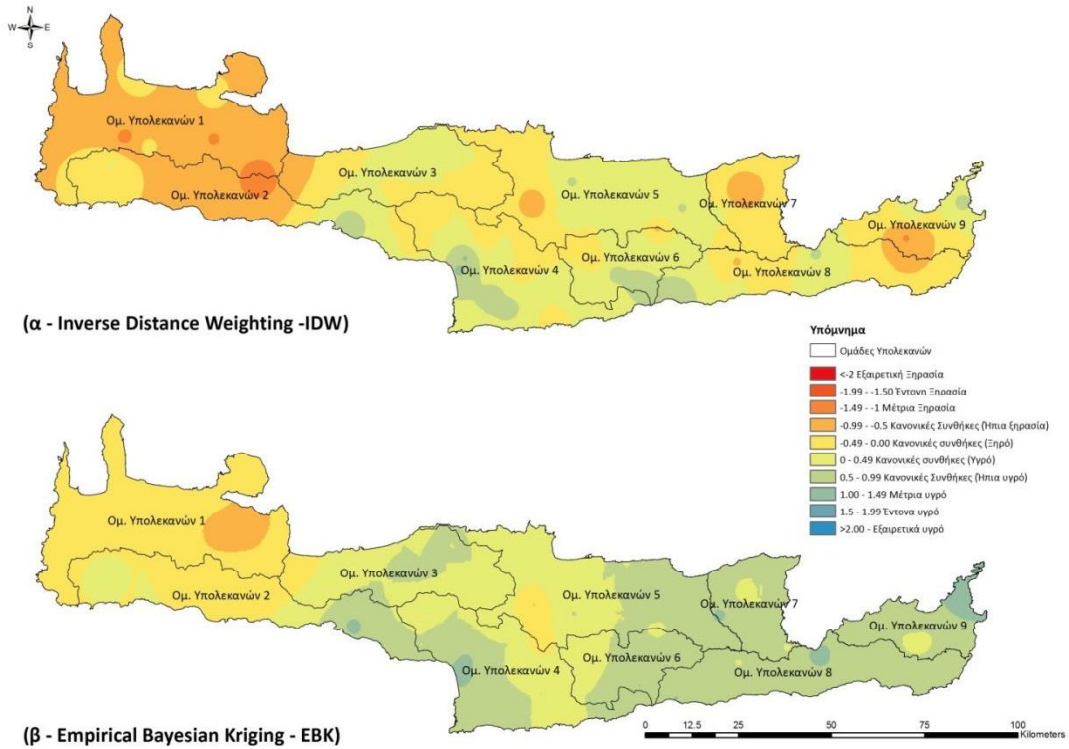
Σχήμα 2.82 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 2000-2001



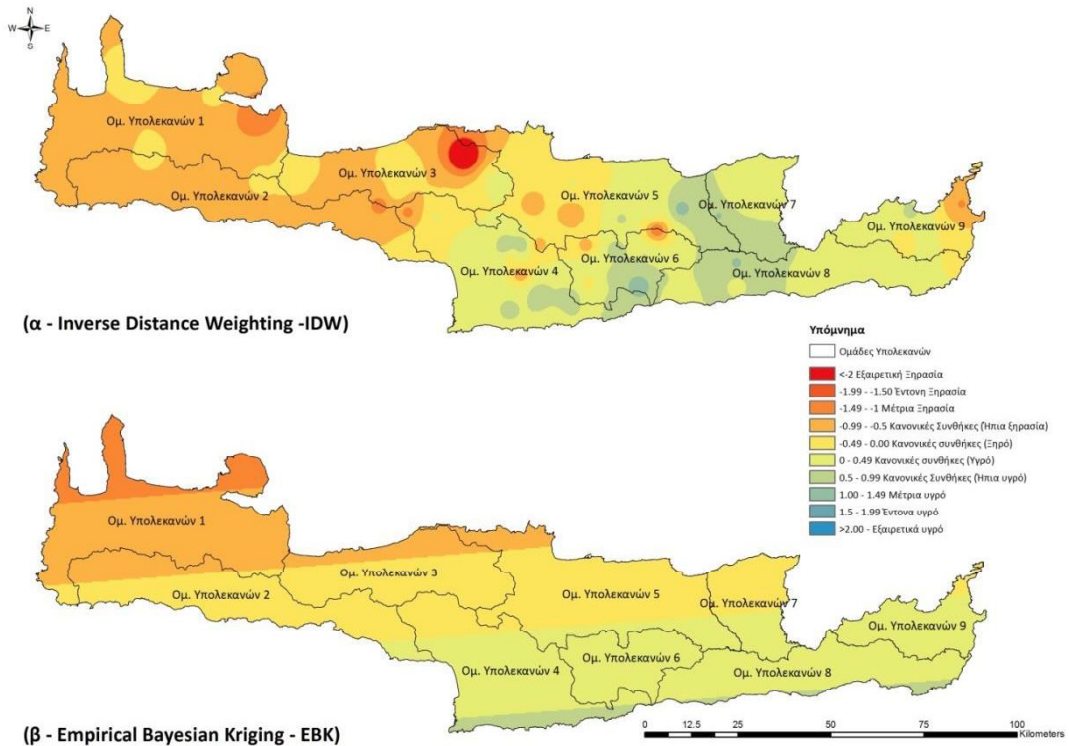
Σχήμα 2.83 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 2001-2002



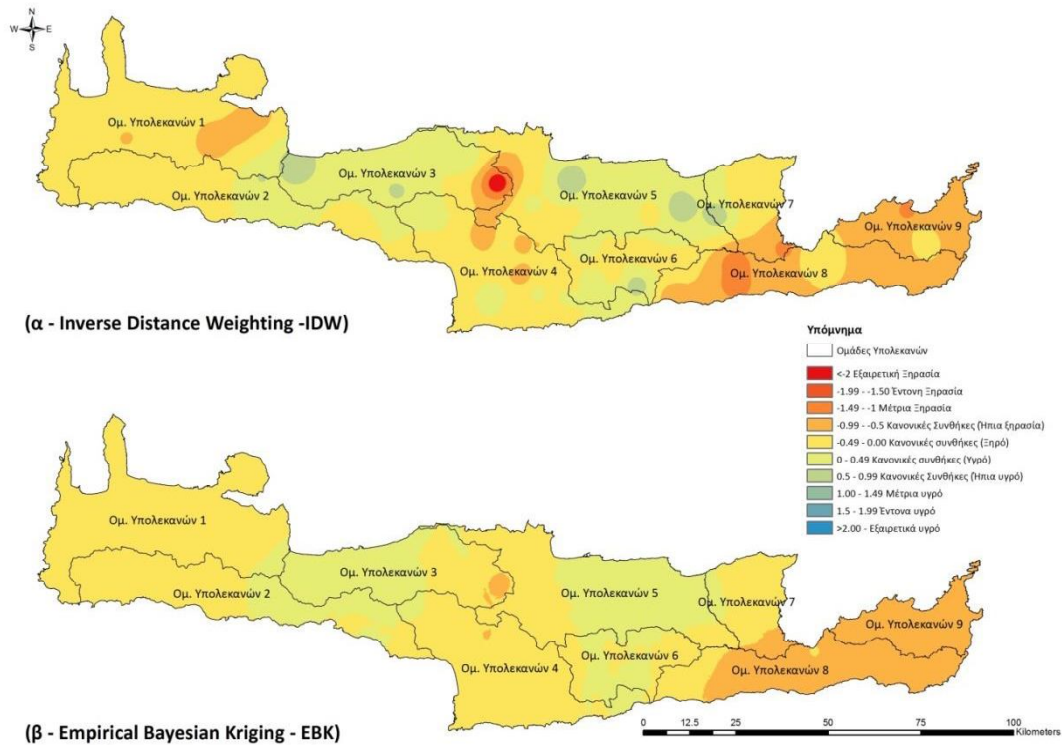
Σχήμα 2.84 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 2002-2003



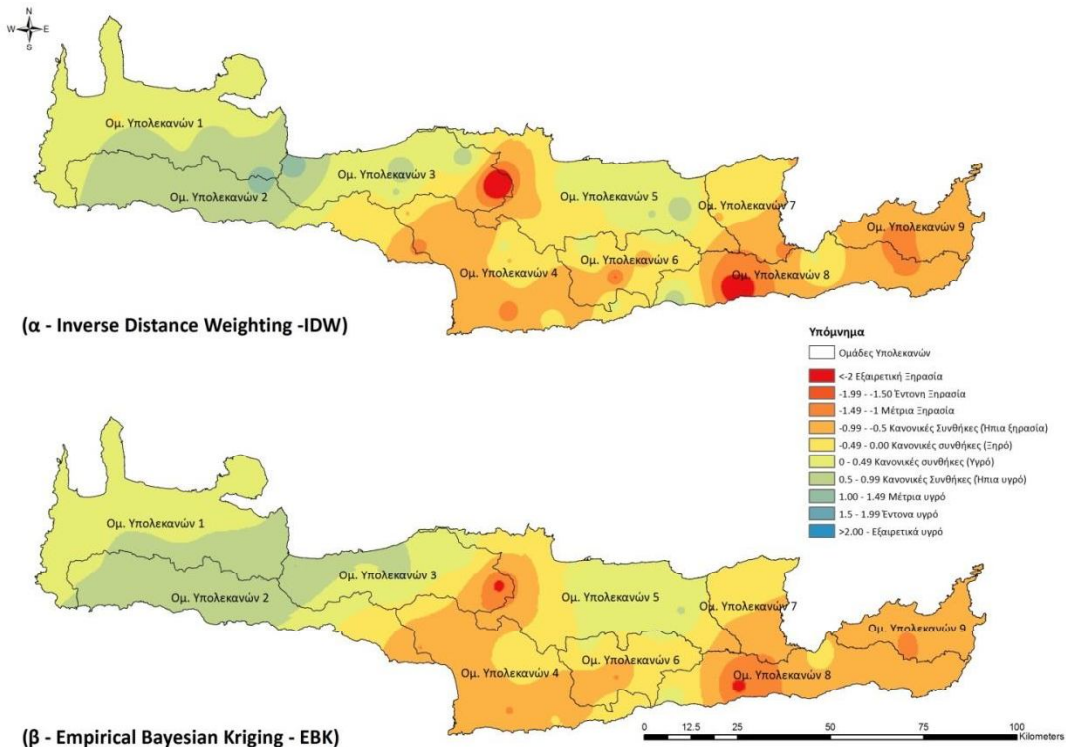
Σχήμα 2.85 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 2003-2004



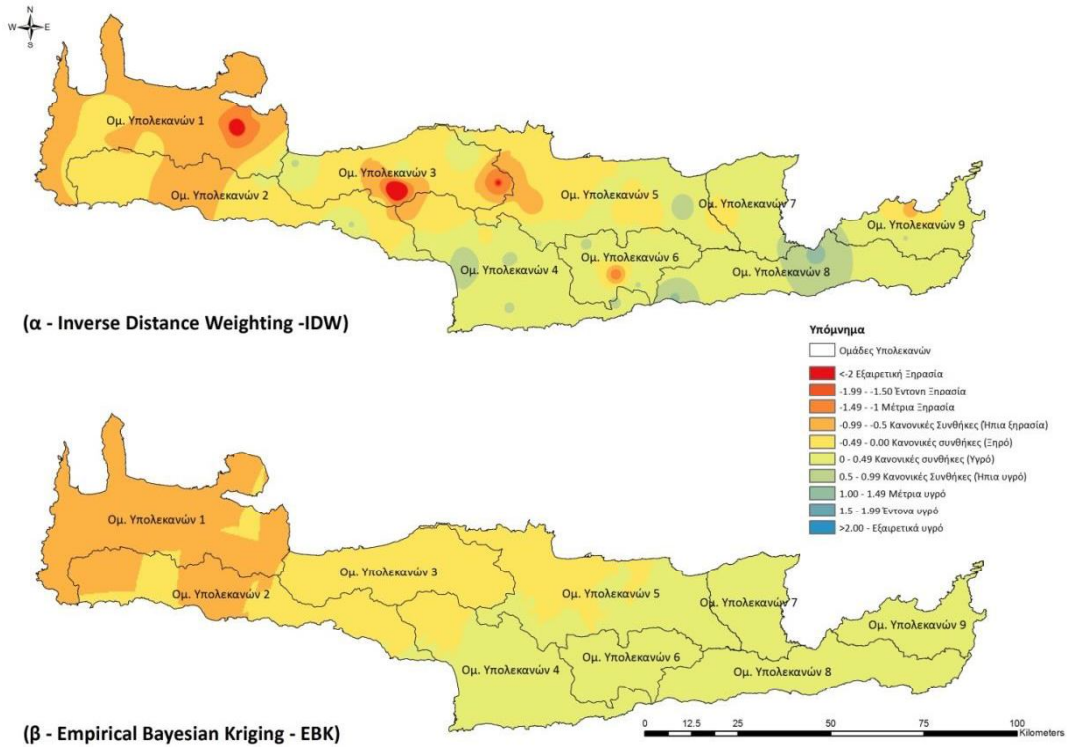
Σχήμα 2.86 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 2004-2005



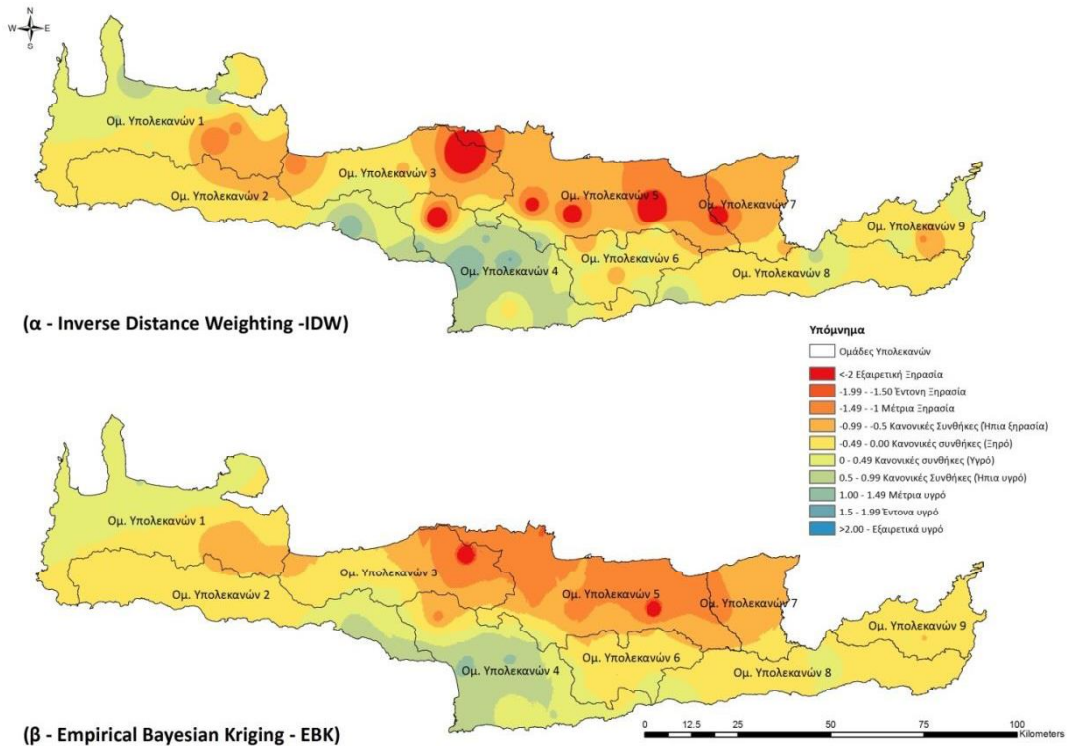
Σχήμα 2.87 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 2005-2006



Σχήμα 2.88 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 2006-2007



Σχήμα 2.89 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 2007-2008



Σχήμα 2.90 Χωρική κατανομή δείκτη ξηρασίας aSPI (9 μηνών) για τη νήσο Κρήτη με τις μεθόδους Inverse Distance Weighting – IDW και Kriging για το υδρολογικό έτος 2008-2009

3. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ – ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ-ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

3.1 Γενικά περί σχεδιασμού αντιμετώπισης ξηρασίας-λειψυδρίας

Ο Σχεδιασμός για την Αντιμετώπιση της ξηρασίας δεν έχει παρουσιάσει ιδιαίτερη πρόοδο στα περισσότερα μέρη του κόσμου. Η έλλειψη αυτή Σχεδιασμού οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στη σύγχυση που υπάρχει στο επίπεδο της λήψης αποφάσεων, αλλά συχνά και σε επιστημονικό επίπεδο όσον αφορά στον προσδιορισμό εμφάνισης και τα χαρακτηριστικά του φαινομένου. Όπως άλλωστε είναι γνωστό, η ξηρασία είναι ο πιο πολύπλοκος και λιγότερο κατανοητός φυσικός κίνδυνος, που επηρεάζει περισσότερο κόσμο από οποιαδήποτε άλλο ακραίο φαινόμενο.

Οι επιπτώσεις της ξηρασίας δεν είναι άμεσα αντιληπτές καθώς δεν επηρεάζουν άμεσα τις υποδομές μιας περιοχής και εξαπλώνονται σε μεγάλη χωρική έκταση σε σχέση με άλλους φυσικούς κινδύνους. Οι λόγοι αυτοί εμποδίζουν σε σημαντικό βαθμό την ακριβή, αξιόπιστη και έγκαιρη εκτίμηση της σφοδρότητας της ξηρασίας και κατά συνέπεια την ανάπτυξη Σχεδίων Αντιμετώπισής της από τις κυβερνήσεις των περισσότερων χωρών. Πρέπει ωστόσο να γίνει κατανοητό ότι και οι επιπτώσεις της ξηρασίας, όπως και άλλων φυσικών κινδύνων, μπορούν να μειωθούν με σωστή προετοιμασία και κατάλληλα μέτρα ανακούφισης.

Οι περιοχές (και τα κράτη) που επιθυμούν να κάνουν πραγματικά βήματα προόδου προς τη μείωση των επιπτώσεων της ξηρασίας, πρέπει να βελτιώσουν το επίπεδο κατανόησης τους απέναντι στο συγκεκριμένο φυσικό κίνδυνο και να κατανοήσουν τους παράγοντες που επηρεάζουν την τρωτότητα (vulnerability) του συστήματος που πλήττεται. Είναι σημαντικό, κυρίως για τις επιρρεπείς στην ξηρασία περιοχές, να κατανοήσουν τις κλιματολογικές συνθήκες που συνδέονται με την ξηρασία και να εγκαταστήσουν ολοκληρωμένα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης, που να ενσωματώνουν δείκτες για το κλίμα, το έδαφος και την διαθεσιμότητα νερού, όπως για παράδειγμα τη βροχόπτωση, τη θερμοκρασία, την εδαφική υγρασία, τη χιονόπτωση, τη στάθμη του νερού σε λίμνες, ταμειυτήρες και υπόγειους υδροφορείς, καθώς και την απορροή των υδατορευμάτων (Glinni et al., 2001).

Η αντιμετώπιση της ξηρασίας μπορεί να γίνει είτε με δράσεις που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια του φαινομένου, είτε με προληπτική προσέγγιση. Η προσέγγιση της ξηρασίας με δράσεις κατά τη διάρκεια του φαινομένου αποτελεί την παραδοσιακή πρακτική στην αντιμετώπιση της ξηρασίας, που στηρίζεται στη γενική τακτική της αντιμετώπισης κρίσεων. Η προσέγγιση αυτή έχει αποδειχθεί αναποτελεσματική, καθώς στις περισσότερες περιπτώσεις δεν είναι έγκαιρη, δεν είναι επαρκώς σχεδιασμένη και δεν στοχεύει στις περιοχές που πραγματικά πλήττονται από το φαινόμενο. Επιπλέον, η αντιμετώπιση της ξηρασίας με τον

τρόπο αυτό τείνει να ενισχύσει τις υπάρχουσες μεθόδους διαχείρισης των υδατικών πόρων και όχι πραγματικά να αντιμετωπίσει τις συνέπειες του φαινομένου. Οι μέθοδοι αυτές διαχείρισης των πόρων είναι μάλιστα σε πολλές περιπτώσεις υπεύθυνες για την αύξηση της τρωτότητας της κοινωνίας (societal vulnerability) απέναντι στην ξηρασία. Η δε παροχή βοήθειας για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της ξηρασίας χρησιμεύει μόνο για να ενισχύσει την κατεστημένη κατάσταση όσον αφορά στη διαχείριση των πόρων. Πολλά κέντρα λήψης αποφάσεων κατανοούν τώρα την πλάνη της διαχείρισης των κρίσεων και προσπαθούν να μάθουν πώς να χρησιμοποιούν κατάλληλες τεχνικές διαχείρισης της διακινδύνευσης (risk) για τη μείωση της κοινωνικής τρωτότητας απέναντι στην ξηρασία και κατά συνέπεια για τη μείωση των επιπτώσεων που σχετίζονται με γεγονότα ξηρασίας που αναμένεται να αυξηθούν στο μέλλον.

Καθώς η τρωτότητα απέναντι στην ξηρασία έχει αυξηθεί σε παγκόσμιο επίπεδο, όλο και μεγαλύτερη έμφαση δίνεται στη μείωση της διακινδύνευσης (risk) που σχετίζεται με την εμφάνιση της ξηρασίας μέσα από το Σχεδιασμό και τα μέτρα που στοχεύουν στη μείωση των επιπτώσεων της ξηρασίας. Η αλλαγή αυτή στη φιλοσοφία αντιμετώπισης του φυσικού κινδύνου έχει ήδη καθυστερήσει πολύ. Η διαχείριση της κρίσης δεν θεωρείται πλέον επαρκής για την αντιμετώπιση της ξηρασίας. Στο παρελθόν, όταν ένας φυσικός κίνδυνος και η επακόλουθη καταστροφή είχε συμβεί, οι κυβερνήσεις αντιδρούσαν με την εκτίμηση των επιπτώσεων και επεμβάσεις αποκατάστασης και ανασυγκρότησης με σκοπό να επανέλθει η περιφέρεια ή η περιοχή στην κατάσταση που βρίσκονταν πριν την καταστροφή. Μικρή ήταν η προσοχή που δίνονταν σε δράσεις προετοιμασίας και πρόβλεψης (συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης) που θα μπορούσαν να μειώσουν τις μελλοντικές επιπτώσεις και να ελαχιστοποιήσουν την ανάγκη για κυβερνητικές παρεμβάσεις στο μέλλον. Εξαιτίας της έμφασης που είχε δοθεί στη διαχείριση της κρίσης, η κοινωνία περνούσε ουσιαστικά από τη μία καταστροφή στην άλλη με μικρή αν όχι ανύπαρκτη μείωση της διακινδύνευσης.

Απαραίτητα εργαλεία κυρίως για τον Επιχειρησιακό Σχεδιασμό αντιμετώπισης της ξηρασίας αποτελούν: α) ένα απλοποιημένο σύστημα παρακολούθησης της ξηρασίας, β) ένα σύστημα πρόγνωσης (forecasting) για την εκτίμηση της σφοδρότητας της ξηρασίας σε ετήσια βάση, γ) ένας ντετερμινιστικός μηχανισμός για την εκτίμηση των επιπτώσεων, δ) μια εκτίμηση των διαθέσιμων αποθεμάτων υδατικών πόρων και ε) μια μεθοδολογία ιεράρχησης των προτεραιοτήτων ικανοποίησης της ζήτησης βασισμένη στην ετησιοποιημένη μέση διακινδύνευση.

Κύρια στοιχεία του Προληπτικού Σχεδιασμού για την αντιμετώπιση φαινομένων ξηρασίας – λειψυδρίας είναι:

1. Το Σύστημα Παρακολούθησης της ξηρασίας.
2. Η υπολογιστική διαδικασία.

3. Το Σύστημα Πρόγνωσης (κύριο στοιχείο και για τον Επιχειρησιακό Σχεδιασμό).
4. Η εκτίμηση των διαθέσιμων αποθεμάτων νερού στην αρχή του υδρολογικού έτους
5. Η Εκτίμηση των επιπτώσεων του φαινομένου (περιλαμβάνει την εκτίμηση επιπτώσεων για μεμονωμένα έτη ξηρασίας και παρατεταμένη ξηρασία με περισσότερα του ενός ξηρά έτη).
6. Οι δυνητικές επιλογές.
7. Η ιεράρχηση στην ικανοποίησης της ζήτησης.
8. Το θεσμικό και νομικό πλαίσιο.
9. Οι συμμετοχικές διαδικασίες και η ανάδραση.

Τα στοιχεία που κατά καιρούς έχουν χρησιμοποιηθεί στο Σχεδιασμό για την αντιμετώπιση της ξηρασίας - λειψυδρίας είναι πολλά, αφορούν όμως κυρίως στον Επιχειρησιακό Σχεδιασμό και στις προσεγγίσεις διαχείρισης των φαινομένων μετά την εμφάνισή τους. Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν τα κύρια στοιχεία που θεωρούνται απαραίτητα για τον Προληπτικό Σχεδιασμό ομαδοποιημένα σε τρεις κύριους άξονες:

1. Σύστημα Προειδοποίησης: περιλαμβάνει το Σύστημα Παρακολούθησης της ξηρασίας, την απαιτούμενη υπολογιστική διαδικασία και το Σύστημα Πρόγνωσης.
2. Σύστημα εκτίμησης των διαθέσιμων αποθεμάτων στην αρχή του υδρολογικού έτους
3. Επιπτώσεις και Επιλογές: περιλαμβάνουν την Εκτίμηση των επιπτώσεων του φαινομένου, τις δυνητικές επιλογές και την ιεράρχηση στην ικανοποίηση της ζήτησης.
4. Οργανωτική Διάσταση: περιλαμβάνει το θεσμικό και νομικό πλαίσιο και τις συμμετοχικές διαδικασίες.

Στην παρουσίαση των επί μέρους τμημάτων αυτών των κύριων αξόνων περιλαμβάνονται καινοτόμες ιδέες που μπορούν να ενισχύσουν τις προληπτικές δράσεις στο μέλλον.

3.2 Σύστημα προειδοποίησης

Σύστημα Παρακολούθησης

Ο σχεδιασμός για την αντιμετώπιση της ξηρασίας δεν θα ήταν εφικτός χωρίς την ύπαρξη ενός Συστήματος Παρακολούθησης της ξηρασίας που τροφοδοτεί την οποιαδήποτε αντίδραση των αρμοδίων σε επιχειρησιακή φάση, αλλά και τις κατάλληλες επιλογές κατά τον Στρατηγικό Σχεδιασμό.

Υπολογιστική διαδικασία

Ουσιαστικά πρόκειται για μια σειρά υπολογισμών που ξεκινούν από τις μετρηθείσες ποσότητες των μετεωρολογικών παραμέτρων και καταλήγουν σε όλα τα απαραίτητα μεγέθη που απαιτούνται για την υλοποίηση του προγράμματος πρόγνωσης.

Η υπολογιστική διαδικασία είναι απαραίτητη τόσο για την προετοιμασία του συστήματος πρόγνωσης όσο και για τη λειτουργία του σε πραγματικό χρόνο.

Οι επιμέρους υπολογισμοί αναφέρονται κατά σειρά στα εξής:

- α) Επεξεργασία των συλλεχθέντων και συλλεγόμενων δεδομένων των μετεωρολογικών μεταβλητών.
- β) Υπολογισμός παραμέτρων για την εκτίμηση των δεικτών ξηρασίας (π.χ. υπολογισμός δυνητικής εξατμισοδιαπνοής).
- γ) Υπολογισμός δεικτών ξηρασίας σε διάφορες περιόδους αναφοράς (3-μηνα, 6-μηνα, 9-μηνα, κλπ).
- δ) Υπολογισμός συχνοτήτων μετάβασης του δείκτη ξηρασίας από τη μια στην άλλη περίοδο αναφοράς. (χρήση ιστορικής σειράς).
- ε) Υπολογισμός δείκτη ξηρασίας για το έτος με βάση την σε πραγματικό χρόνο γνώση της ξηρασίας σε μικρότερη χρονικά περίοδο αναφοράς. (εκτίμηση σε πραγματικό χρόνο).
- στ) Εκτίμηση των διαθέσιμων αποθεμάτων
- η) Συσχέτιση της κατάστασης ξηρασίας με τις επιπτώσεις.

Σύστημα πρόγνωσης

Με δεδομένο ένα δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών, θα παρουσιασθεί εδώ περιληπτικά το μέρος του συστήματος πρόγνωσης που αναφέρεται στη μετεωρολογική ξηρασία. Ως δείκτης ξηρασίας επιλέγεται για την παρούσα μελέτη ο SPI (ή ο aSPI), ενώ ως τελική εκτίμηση της σφοδρότητας της ξηρασίας επιλέγεται η κατάσταση στο έτος. Είναι λογικό

η περίοδος αναφοράς των 12 μηνών να αποτελεί την τελική εκτίμηση, γιατί συσχετίζεται ικανοποιητικά με τα μεγέθη της απορροής και εν γένει με τη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων. Σε μερικές περιπτώσεις (και κυρίως όσον αφορά στον aSPI η περίοδος αναφοράς μπορεί να επιλέγεται ως η περίοδος των 9 μηνών.

Ας θεωρήσουμε για παράδειγμα τέσσερις (4) κλάσεις σφοδρότητας της ξηρασίας μέσω του SPI_{st}: (1): > 0, (2): 0 έως -0.5, (3): -0.5 έως -1.5 και (4): < -1.5, που ισχύουν ανεξάρτητα από την περίοδο αναφοράς. Η κατάσταση ξηρασίας στο πρώτο τρίμηνο είναι:

$$S_i^{(3)} = (\text{κλάση SPI}^{(3)})(i) \quad i = 1 (1) 4 \quad (5)$$

όπου i είναι η αντίστοιχη κλάση σφοδρότητας της ξηρασίας (από 1 έως 4) και ο δείκτης (3) στον εκθέτη σημαίνει περίοδος αναφοράς 3 μήνες.

Αν είναι διαθέσιμη μια μεγάλη χρονοσειρά τιμών του SPI για το πρώτο τρίμηνο κάθε έτους και ολόκληρου του αντίστοιχου έτους μπορούν να υπολογισθούν οι συχνότητες μετάβασης από την κατάσταση του τριμήνου στην κατάσταση του έτους. Έτσι για παράδειγμα υπολογίζονται οι f_{1-1} , f_{1-2} , f_{1-3} και f_{1-4} , που αντιστοιχούν σε συχνότητες μετάβασης από την πρώτη κλάση του RDI_{st} για το τρίμηνο σε όλες τις δυνατές κλάσεις για το έτος.

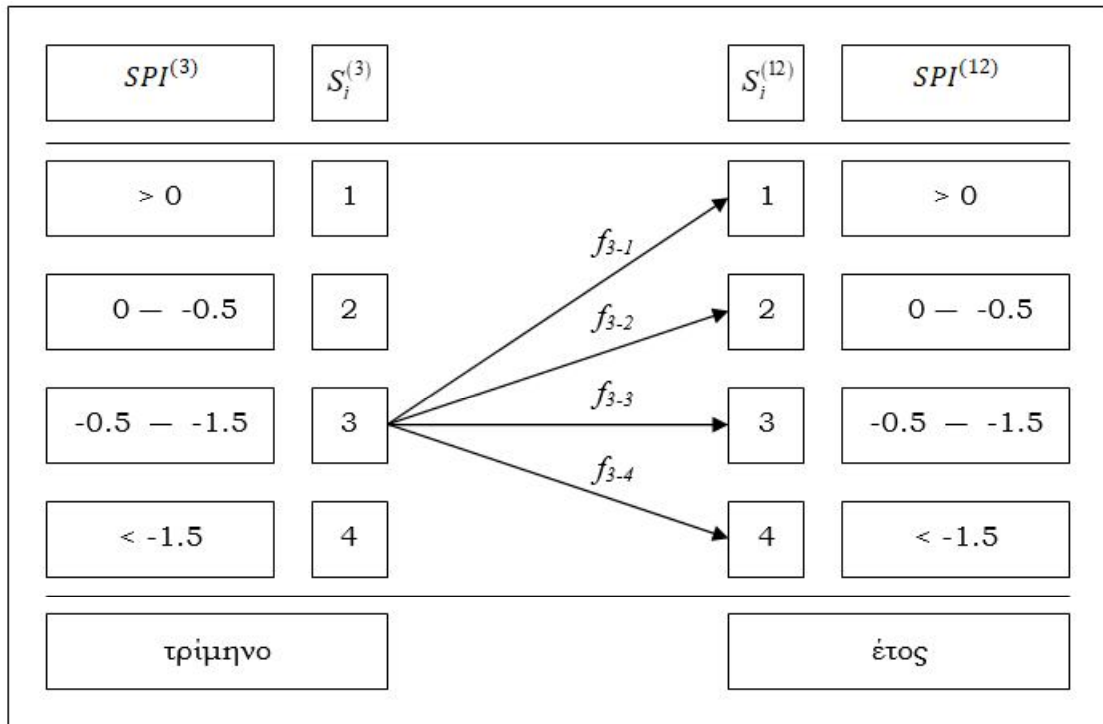
Όμοια από την ιστορική χρονοσειρά υπολογίζονται και οι λοιπές συχνότητες μετάβασης. Συνολικά οι συχνότητες μετάβασης για το συγκεκριμένο παράδειγμα είναι:

$$\left. \begin{array}{cccc} f_{1-1} & f_{1-2} & f_{1-3} & f_{1-4} \\ f_{2-1} & f_{2-2} & f_{2-3} & f_{2-4} \\ f_{3-1} & f_{3-2} & f_{3-3} & f_{3-4} \\ f_{4-1} & f_{4-2} & f_{4-3} & f_{4-4} \end{array} \right\} \quad (6)$$

Στο Σχήμα 3.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται σχηματικά οι συχνότητες μετάβασης f_{3-1} , f_{3-2} , f_{3-3} και f_{3-4} . Είναι προφανές ότι:

$$\sum_{i=1}^4 f_{1-i} = \sum_{i=1}^4 f_{2-i} = \sum_{i=1}^4 f_{3-i} = \sum_{i=1}^4 f_{4-i} = 1 \quad (7)$$

Με βάση τις γνωστές από το ιστορικό δείγμα συχνότητες μετάβασης η Ειδική Επιτροπή Αντιμετώπισης της ξηρασίας (Drought Task Force) μπορεί να προγνώσει την κατάσταση της ξηρασίας του έτους από το πρώτο τρίμηνο με πιθανότητες που αντιστοιχούν στις συχνότητες μετάβασης.



Σχήμα 3.1 Οι συχνότητες μετάβασης της κατάσταση σφοδρότητας της ξηρασίας f_{3-1} , f_{3-2} , f_{3-3} και f_{3-4} από το πρώτο τρίμηνο στο έτος.

Αν για παράδειγμα η κατάσταση ξηρασίας του πρώτου τριμήνου του έτους που εξετάζουμε είναι $S_3^{(3)}$ και οι συχνότητες μετάβασης (από την ιστορική σειρά) από την κατάσταση 3 του τριμήνου στο έτος είναι:

$$f_{3-1} = 0.05, f_{3-2} = 0.10, f_{3-3} = 0.50 \text{ και } f_{3-4} = 0.35$$

τότε η προσοχή της Ειδικής Επιτροπής Αντιμετώπισης της ξηρασίας πρέπει να εστιάσει στις μεγάλες πιθανότητες που είναι οι 0.50 και 0.35, που αντιστοιχούν σε κατάσταση σφοδρότητας ξηρασίας 3 και 4. Αυτή η πρόγνωση θα πρέπει να θέτει την Ειδική Επιτροπή σε κατάσταση συστηματικής προετοιμασίας ή/και σε κατάσταση επιφυλακής.

Η πρόγνωση αυτή γίνεται με αβεβαιότητα λόγω της σημαντικά μεγάλης διαφοράς στη χρονική κλίμακα. Η πρόγνωση αυτή μπορεί να βελτιωθεί αν αντί για 3-μηνο χρησιμοποιήσουμε το 6-μηνο. Στην περίπτωση αυτή, υπολογίζονται από τη διαθέσιμη χρονοσειρά των δεικτών SPI οι συχνότητες μετάβασης από το 6-μηνο στο έτος. Τέλος, ακόμη καλύτερη (σχεδόν βέβαιη) πρόβλεψη μπορεί να γίνει από το 9-μηνο στο έτος.

Όλες οι παραπάνω προγνώσεις μπορούν να χρησιμοποιούνται από την Ειδική Επιτροπή και καθώς από το 3-μηνο προχωρούμε στο 6-μηνο και μετά στο 9-μηνο οι προγνώσεις αυτές γίνονται όλο και περισσότερο αξιόπιστες, με την πιθανότητα να μετατρέπεται σταδιακά σε

βεβαιότητα για την τελική κατάσταση ξηρασίας.

Η μέθοδος αυτή πρόγνωσης έχει το πλεονέκτημα της σταδιακής σύγκλισης, λόγω του ότι η αρχική κατάσταση κάθε φορά προκύπτει για αθροιστικό διάστημα που περιλαμβάνει την προηγούμενη κατάσταση. Έτσι, η εξάμηνη αρχική κατάσταση περιλαμβάνει την τρίμηνη κατάσταση και ούτω καθεξής.

Στην περίπτωση που από την ιστορική χρονοσειρά δεν μπορούν να εξαχθούν αξιόπιστα οι συχνότητες μετάβασης, προτείνεται η παραγωγή μεγάλων συνθετικών χρονοσειρών μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης με τα γνωστά στοχαστικά μοντέλα. Από τις μεγάλες αυτές συνθετικές χρονοσειρές υπολογίζονται οι τιμές του SPI για 3, 6, 9 και 12 μήνες και επομένως μπορούν να υπολογισθούν όλες οι συχνότητες μετάβασης (από 3-μηνο στο έτος, από 6-μηνο στο έτος και από 9-μηνο στο έτος) που είναι απαραίτητες, από μεγάλο αριθμό δεδομένων.

Αν δεν ακολουθηθεί η παραπάνω μέθοδος παραγωγής συνθετικών δεδομένων και παραμείνουμε στην κατά περίπτωση διαθέσιμη χρονοσειρά, μια πιο αξιόπιστη εκτίμηση των συχνοτήτων μετάβασης μπορεί να προέλθει με τη μείωση του αριθμού καταστάσεων σφοδρότητας της ξηρασίας (π.χ. από 4 σε 3). Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται ο αριθμός των γεγονότων από τα οποία θα προκύψουν οι συχνότητες μετάβασης.

Τελευταίο αλλά σημαντικό για την επιτυχή πρόγνωση της κατάστασης της ξηρασίας στο έτος είναι η Ειδική Επιτροπή Αντιμετώπισης της ξηρασίας να έχει επεξεργασθεί τη σχέση μεταξύ τελικής κατάστασης ξηρασίας για το έτος και των αντίστοιχων αναμενόμενων επιπτώσεων. Το ύψος αυτών των επιπτώσεων αποτελεί τη διακινδύνευση (risk) που οφείλεται στο αντίστοιχο επίπεδο σφοδρότητας της ξηρασίας. Η γνώση αυτής της σχέσης και της διακινδύνευσης, θα βοηθήσει στη διαμόρφωση των μέτρων που πρέπει να λαμβάνονται κατά περίπτωση, ώστε να μειώνεται η διακινδύνευση σε επίπεδα ανεκτά από το φυσικό και κυρίως το ανθρωπογενές σύστημα.

3.3 Επιπτώσεις και επιλογές

Ο όρος «επιπτώσεις» αναφέρεται στις διάφορες συνέπειες μιας καταστροφής. Οι επιπτώσεις σχετίζονται συνήθως με την αδυναμία διαθεσιμότητας αγαθών και υπηρεσιών στο επιθυμητό επίπεδο. Η πιο συνηθισμένη κατηγοριοποίηση των επιπτώσεων είναι σε οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές, αν και τις περισσότερες φορές η διάκριση δεν είναι προφανής.

Πρέπει ωστόσο να σημειωθεί, ότι οι επιπτώσεις μιας φυσικής καταστροφής στις περισσότερες των περιπτώσεων δεν αποτελούν άμεσες συνέπειες του φαινομένου, καθώς πολλές άλλες δευτερεύουσες αιτίες είναι δυνατό να συμβάλλουν προς την παρατηρούμενη επίπτωση. Για παράδειγμα, η μείωση της στάθμης του νερού σε έναν ταμιευτήρα κατά τη

διάρκεια ενός γεγονότος ξηρασίας είναι μια σαφής επίπτωση του φυσικού αυτού φαινομένου, μπορεί όμως επίσης να οφείλεται στην υπερκατανάλωση νερού κατά την περίοδο πριν την ξηρασία, που με τη σειρά της μπορεί να οφείλεται σε δημογραφικές (αστικοποίηση) και οικονομικές αλλαγές.

Αν και οι επιπτώσεις της ξηρασίας δεν είναι ξεκάθαρες αλλά ούτε και μπορούν όλες να καταγραφούν, επιχειρείται εδώ μια προσπάθεια συνοπτικής παρουσίασης των κυριότερων επιπτώσεων στις τρεις κατηγορίες που προαναφέρθηκαν (προσαρμογή από Tsakiris et al., 2007; Wilhite, 1993).

(i) Οικονομικές επιπτώσεις:

- Μείωση της οικονομικής ανάπτυξης.
- Απώλειες εσόδων από τον τουριστικό τομέα και τις υπηρεσίες αναψυχής.
- Απώλειες εσόδων των κατασκευαστών και μεταπωλητών ειδών αναψυχής.
- Μείωση της αγροτικής παραγωγής.
- Αύξηση της ανεργίας λόγω της μείωσης της παραγωγής και των σχετιζόμενων με το νερό υπηρεσιών.
- Αύξηση του κόστους παροχής νερού.
- Κόστος εξεύρεσης νέων πηγών νερού για την κάλυψη των αναγκών.
- Αύξηση του κόστους μεταφοράς νερού.
- Αύξηση των αντλούμενων υπόγειων ποσοτήτων νερού και υποβάθμιση του εδάφους.
- Υποβάθμιση της αξίας της γης.
- Αύξηση της ζήτησης για ενέργεια.
- Αύξηση των τιμών των τροφίμων λόγω μείωσης της παραγωγής.
- Αύξηση του εισαγωγής τροφίμων.
- Διακοπτόμενη αστική παροχή νερού (ή ενίσχυση του καθεστώτος αυτού αν προϋπάρχει)
- Μείωση του κέρδους των υπηρεσιών παροχής νερού.
- Απώλειες εσόδων του κράτους και των δήμων μέσω των φόρων λόγω μείωσης δραστηριοτήτων.

(ii) Περιβαλλοντικές επιπτώσεις:

- Προβλήματα σε είδη φυτών και ζώων.
- Υποβάθμιση υγροτόπων.
- Αύξηση του πλαγκτόν και της άλγης
- Πιέσεις στους πληθυσμούς των υπό εξαφάνιση οργανισμών.
- Αύξηση γεγονότων και σφοδρότητας πυρκαγιών.
- Διάβρωση των εδαφών.

- Υποβάθμιση των υπόγειων υδροφορέων (και λόγω της αναγκαστικής υπεράντλησης).
- Πτώση της στάθμης του νερού λιμνών και ταμιευτήρων.
- Ελάττωση της ροής από πηγές.
- Μεταβολές στις περιοχές εκβολής των ποταμών.
- Επιπτώσεις στην ποιότητα του νερού (π.χ. αύξηση της αλατότητας, αύξηση της θερμοκρασίας του νερού, pH, διαλυμένου οξυγόνου).
- Επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα (π.χ. σκόνη, αέριοι ρύποι).
- Υποβάθμιση του τοπίου.

(iii) Κοινωνικές επιπτώσεις:

- Αύξηση των διενέξεων μεταξύ κοινωνικών ομάδων για την προτεραιότητα στη χρήση του νερού.
- Αύξηση των διενέξεων σε πολιτικό, διαχειριστικό, επιστημονικό επίπεδο.
- Ψυχολογική και σωματική πίεση (π.χ. ανησυχία, κατάθλιψη, αίσθηση απώλειας της ασφάλειας, κοινωνικές ταραχές)
- Προβλήματα υγείας λόγω χαμηλής παροχής νερού (π.χ. αύξηση των συγκεντρώσεων σε ρύπους).
- Μείωση της πρόσληψης θρεπτικών ουσιών (υψηλό κόστος τροφής, αλλαγή διατροφικών συνηθειών εξαιτίας του στρες).
- Απειλές για τη δημόσια ασφάλεια λόγω δασικών πυρκαγιών.
- Αυξημένος κίνδυνος απωλειών ανθρώπινων ζωών.
- Εκ νέου ιεράρχηση κοινωνικών αξιών (προτεραιότητες, δικαιώματα, κλπ).
- Αναδιάρθρωση των πολιτιστικών πεποιθήσεων (θρησκευτικές και επιστημονικές απόψεις για τη φυσική καταστροφή).
- Μείωση ή αλλαγή στις δραστηριότητες αναψυχής.
- Δυσaréσκεια του κοινού απέναντι στις ηγεσίες και κοινωνικές αναταραχές.
- Απώλεια πολιτιστικών και αισθητικών αξιών.
- Μείωση της ποιότητας ζωής και αλλαγή των καθημερινών συνηθειών.
- Εξάπλωση της φτώχειας και της μετακίνησης πληθυσμών.

Εκτίμηση των επιπτώσεων

Η εκτίμηση της ξηρασίας γίνεται, όπως έχει ήδη αναφερθεί, με βάση προκαθορισμένες περιόδους αναφοράς. Πολλές φορές ωστόσο ένα γεγονός ξηρασίας που επηρεάζει μια ομάδα υπολεκανών απορροής (ή μια οποιαδήποτε περιοχή) μπορεί να συνεχίζεται με κυμαινόμενη ένταση για περισσότερο από ένα χρόνο. Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν καταγραφεί αρκετά γεγονότα ξηρασίας που διαρκούν για αρκετά χρόνια με αυξανόμενη συχνότητα.

Είναι προφανές ότι οι συνέπειες μιας ετήσιας ξηρασίας είναι διαφορετικές από αυτές μιας παρατεταμένης ξηρασίας. Σε γενικές γραμμές οι επιπτώσεις μια πολυετούς ξηρασίας είναι πολύ πιο σημαντικές συγκρινόμενες με το άθροισμα των επιπτώσεων (ίσου αριθμού ετών) μη συνεχόμενων ετήσιων γεγονότων της ίδιας σφοδρότητας. Οι επιπτώσεις μια πολυετούς ξηρασίας εξαρτώνται κυρίως από τα χαρακτηριστικά του συστήματος και την τρωτότητά του (vulnerability). Ένα σύστημα με πιο ισχυρή ικανότητα ανάκαμψης, καλά προετοιμασμένο και με ανθρώπους εκπαιδευμένους που ανταποκρίνεται στις ανάγκες που προκύπτουν, αναμένεται να αντέξει στην πίεση που δημιουργείται από μια πολυετή ξηρασία με μεγαλύτερη επιτυχία από ένα λιγότερο προετοιμασμένο και πιο ευάλωτο σύστημα (Tsakiris et al., 2010).

Σημαντικό θέμα στην εκτίμηση της σοβαρότητας της κατάστασης ξηρασίας- λειψυδρίας της κάθε ομάδας υπολεκανών που εξετάζεται, αποτελεί επομένως το σύντομο ιστορικό παρελθόν (κατάσταση ξηρασίας τα προηγούμενα 1-3 έτη) καθώς και το ύψος των διαθέσιμων υδατικών αποθεμάτων (επιφανειακών και υπόγειων) στην αρχή του υδρολογικού έτους.

Συμπερασματικά η υπεύθυνη ομάδα (task force) για κάθε ομάδα υπολεκανών ελέγχει το επίπεδο ξηρασίας του πρώτου τριμήνου κάνει πρόγνωση για την κατάσταση ξηρασίας για 6, 9, 12 μήνες και αν πρόκειται για ξηρό έτος συνυπολογίζει στο επίπεδο επικινδυνότητας για την ομάδα υπολεκανών (και το μέγεθος των επιπτώσεων) και τα διαθέσιμα αποθέματα στην αρχή του υδρολογικού έτους και την κατάσταση ξηρασίας των πιο πρόσφατων ετών.

Η επίτευξη των παραπάνω μπορεί να γίνει με αξιοπιστία και αποδοτικότητα από ένα επιχειρησιακό σύστημα παρακολούθησης και πρόγνωσης της ξηρασίας – λειψυδρίας σε πραγματικό χρόνο σε κάθε ομάδα υπολεκανών της Κρήτης. Ένα πλαίσιο δημιουργίας αυτού του επιχειρησιακού συστήματος περιγράφεται αδρομερώς στην περίληψη της εργασίας Tsakiris et al., 2019, που περιλαμβάνεται στο παράρτημα αυτού του τεύχους.

Δυνητικές επιλογές

Αν και στις περισσότερες καταστάσεις που σχετίζονται με τις συνθήκες πίεσης στους υδατικούς πόρους, φαίνεται ότι έχει δημιουργηθεί αδιέξοδος, η σε βάθος μελέτη όλων των σχετικών μεταβλητών και προϋποθέσεων αποκαλύπτει ένα μεγάλο αριθμό επιλογών και ενεργειών που είναι διαθέσιμες για τον σχεδιασμό αντιμετώπισης και για τον μετριασμό των επιπτώσεων της ξηρασίας. Η ποικιλία των επιλογών, που στην πραγματικότητα όμως είναι εφαρμόσιμες κατά περίπτωση, είναι εξαρτώμενες σε μεγάλο βαθμό από τα χαρακτηριστικά του συστήματος που επηρεάζεται από την ξηρασία ή της ομάδας υπολεκανών απορροής, τις γεωγραφικές συντεταγμένες και τις οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Οι επιλογές μπορεί επίσης να διαφέρουν ανάλογα με το αν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για τον Στρατηγικό Σχεδιασμό, τη διαχείριση διακινδύνευσης λειψυδρίας ή για τη διαχείριση

σε πραγματικό χρόνο (Επιχειρησιακός Σχεδιασμός).

Ένας ενδεικτικός κατάλογος με επιλογές και ενέργειες που είναι γενικά διαθέσιμες για την αντιμετώπιση της ξηρασίας- λειψυδρίας (ή ευρύτερα της πίεσης των υδατικών πόρων) παρουσιάζεται παρακάτω (προσαρμογή από Tsakiris, 2008; Rossi et al., 2007). Οι επιλογές κατατάσσονται σε τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες:

- α. Εκτίμηση σφοδρότητας της ξηρασίας - Ενημέρωση
- β. Μέτρα μείωσης της ζήτησης
- γ. Βελτιώσεις του συστήματος
- δ. Παροχή νερού έκτακτης ανάγκης

A. Εκτίμηση σφοδρότητας της ξηρασίας - Ενημέρωση

1. Συχνή ενημέρωση σχετικά με τη σφοδρότητα του γεγονότος ξηρασίας.
2. Συναντήσεις και δημόσιες συζητήσεις.
3. Δημιουργία Ειδικής Επιτροπής Αντιμετώπισης (Task Force).
4. Ανάλυση της ζήτησης και της αποδοτικότητας.
5. Προετοιμασία των επιλογών και των ευθυνών.
6. Στόχοι σε διάφορες χρήσεις.
7. Επίσημο αίτημα στην κεντρική κυβέρνηση και / ή την Ευρωπαϊκή Ένωση.
8. Προγραμματισμός των διακοπών των εργαζομένων.

B. Μέτρα μείωσης της ζήτησης

1. Δημόσιες εκστρατείες (καμπάνιες) ενημέρωσης για εθελοντική μείωση της ζήτησης από:
 - i. Αγρότες, βιομήχανους / βιοτέχνες, τουριστικούς πράκτορες, δημόσιο
 - ii. Ανταπόδοση και κίνητρα
2. Δωρεάν διανομή ή/και εγκατάσταση ειδικών συσκευών εξοικονόμησης νερού:
 - i. Εκτεταμένη εγκατάσταση μετρητών νερού (σε όλους τους τύπους των συστημάτων)
 - ii. Ρυθμιστές ροής στα ντους
 - iii. Περιορισμός ροής στα ντους
 - iv. Περιοριστές ροής τουαλέτας (toilet dams)
 - v. Συσκευές εκτοπισμού (displacement)
 - vi. Βαλβίδες μείωσης πίεσης
3. Περιορισμοί σε μη βασικές χρήσεις:

- i. Πλύσιμο οδοστρωμάτων
 - ii. Ξέπλυμα πεζοδρομίων
 - iii. Πλύσιμο αυτοκινήτων
 - iv. Πότισμα οικιακού γρασιδιού (γκαζόν)
 - v. Γέμισμα κολυμβητικών δεξαμενών
 - vi. Χρήση υδρόψυκτων κλιματιστικών, χωρίς επανακυκλοφορία του νερού
 - vii. Λειτουργία δημόσιων σιντριβανιών / βρυσών
 - viii. Άρδευση πάρκων
 - ix. Άρδευση γηπέδων γκολφ
 - x. Άρδευση των πολυετών και ανθεκτικών στην ξηρασία καλλιεργειών
4. Απαγόρευση επιλεγμένων εμπορικών και καθιερωμένων χρήσεων:
- i. Πλυντηρίων αυτοκινήτων
 - ii. Χρήσης ντους σε δημόσια κτήρια
 - iii. Πότισμα μη σημαντικών φυτών
5. Τιμολόγηση έκτακτης ανάγκης (κατά το γεγονός ξηρασίας):
- i. Χρέωση αρδευτικού νερού με βάση τον όγκο
 - ii. Τιμολόγιο Ξηρασίας (ειδική χρέωση για άρδευση)
 - iii. Προσαύξηση ξηρασίας επί του συνόλου των λογαριασμών ύδρευσης
 - iv. Χρέωση καλοκαιρινής χρήσης
6. Ορθολογικός προγραμματισμός
- i. Κατανομή του αρδευτικού νερού ανά περιοχή και είδος καλλιέργειας
 - ii. Κατανομή νερού οικιακής χρήσης κατά κεφαλήν
 - iii. Κατανομή νερού οικιακής χρήσης ανά νοικοκυριό
 - iv. Κατανομή νερού οικιακής χρήσης πριν από την πραγματική χρήση
 - v. Ποσοστιαία μείωση των εμπορικών και καθιερωμένων χρήσεων
 - vi. Ποσοστιαία μείωση της βιομηχανικής χρήσης
 - vii. Πλήρης κλείσιμο των βιομηχανιών και εμπορικών επιχειρήσεων, με υψηλή χρήση νερού

Γ. Βελτιώσεις του συστήματος

1. Πρωτογενείς πηγές νερού
2. Μονάδα επεξεργασίας νερού
3. Δίκτυο διανομής:
 - i. Μείωση της πίεσης του συστήματος στο ελάχιστο δυνατό επίπεδο

- ii. Υλοποίηση ενός προγράμματος εντοπισμού διαρροών και επισκευών
 - iii. Διακοπτόμενη υδροληψία
4. Επιλογή επιθεώρησης μεμονωμένων νοικοκυριών για επισκευές

Δ. Παροχή νερού έκτακτης ανάγκης

1. Μεταφορές μεταξύ διαφορετικών χρήσεων
 - i. Αγορά των δικαιωμάτων του νερού για άρδευση
 - ii. Σχεδιαζόμενη ανακατανομή της άρδευσης για τις δημοτικές χρήσεις
 - iii. Εμπόριο νερού (water trading), τράπεζες νερού (water banks)

2. Μεταφορές μεταξύ διαφορετικών περιοχών
 - i. Διασυνδέσεις επείγουσας ανάγκης μεταξύ περιοχών
 - ii. Εισαγωγή νερού με φορτηγά
 - iii. Εισαγωγή νερού με βαγόνια τρένων

3. Εκτροπές πολλαπλού σκοπού
 - i. Μείωση της απελευθέρωσης νερού ταμιευτήρων για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας
 - ii. Μείωση της απελευθέρωσης νερού ταμιευτήρων για τον έλεγχο των πλημμύρων
 - iii. Εκτροπή νερού που διατίθεται για λόγους αναψυχής
 - iv. Μείωση των ελάχιστων απαιτήσεων οικολογικής παροχής ποταμών

- δ. Βοηθητικές πηγές έκτακτης ανάγκης
 - i. Αξιοποίηση ανεκμετάλλεωτων λιμνών
 - ii. Αξιοποίηση του νεκρού όγκου ταμιευτήρων
 - iii. Υφάλμυρες πηγές

Ορθολογική ιεράρχηση της ικανοποίησης της ζήτησης

Πέρα από τη γενική επιλογή των έργων και των μέτρων για την αντιμετώπιση της ξηρασίας και των επιπτώσεών της στους διάφορους τομείς δραστηριοτήτων, υπάρχει πάντα το πρόβλημα της διανομής των μειωμένων ποσοτήτων νερού που είναι διαθέσιμες κατά τη διάρκεια ενός έτους ξηρασίας.

Για την ορθολογική διανομή αυτών των ποσοτήτων νερού η Ειδική Επιτροπή Αντιμετώπισης της ξηρασίας (Task Force) έχει την υποχρέωση να καταρτίσει ένα πίνακα με ιεραρχημένες ανάγκες, ώστε να ικανοποιούνται αυτές που πραγματικά έχουν προτεραιότητα.

Για την κατάρτιση αυτού του πίνακα πρέπει πρώτα να υπολογίζονται οι διαθέσιμες

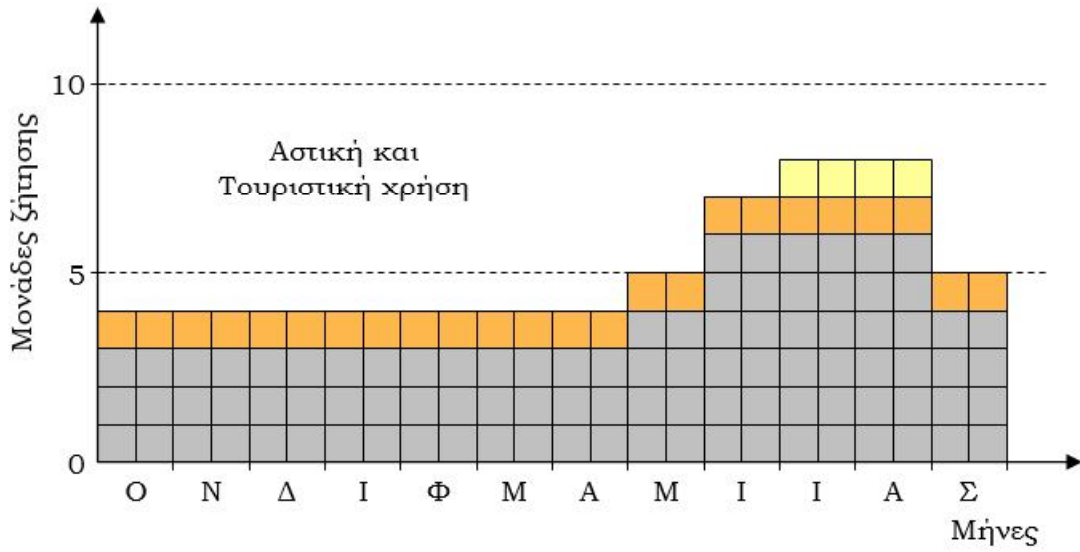
ποσότητες νερού, όπως προβλέπονται από ένα σύστημα πρόβλεψης που είναι διαθέσιμο στην Ειδική Επιτροπή. Αμέσως μετά, η Ειδική Επιτροπή πρέπει να καταρτίσει πίνακα με όλες τις μονάδες ζήτησης για κάθε περίοδο και να ελέγξει κατά πόσο το σύστημα μεταφοράς και διανομής είναι επαρκές για τη μεταφορά και διανομή των ποσοτήτων της ζήτησης. Οι μονάδες ζήτησης χαρακτηρίζονται από ένα μοναδιαίο όγκο απαιτούμενο για συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Επιπλέον, κάθε μονάδα ζήτησης χαρακτηρίζεται από αντίστοιχη προτεραιότητα.

Το σύστημα προτεραιοτήτων ικανοποίησης της ζήτησης, αν και διαμορφώνεται από την Ειδική Επιτροπή, εντούτοις, συμφωνείται με τους ενδιαφερόμενους φορείς και το κοινό, σε χρόνο που δεν πλησιάζει την περίοδο ξηρασίας. Το σύστημα προτεραιοτήτων απηχεί τις απόψεις κάθε κοινωνίας και προσιδιάζεται στο πλαίσιο των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών κάθε τόπου.

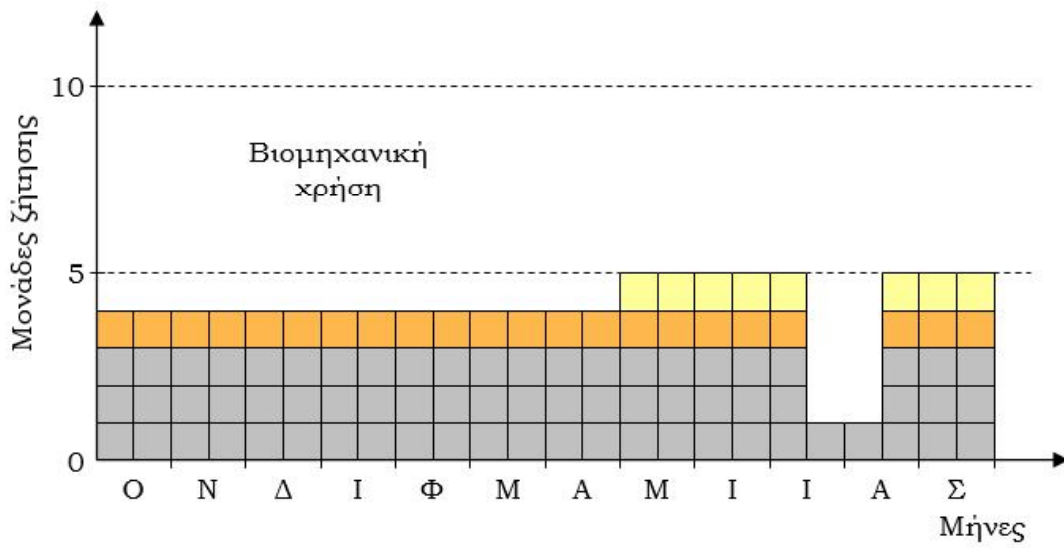
Οι μονάδες ζήτησης για όλες τις χρήσεις μπαίνουν στο ίδιο διάγραμμα και για ευκολία στην κατανόηση χαρακτηρίζονται με το αντίστοιχο χρώμα κάθε προτεραιότητας. Από τις επιμέρους χρήσεις προκύπτει ενιαίο διάγραμμα (ή πίνακας) στο οποίο εύκολα αποκλείεται η ικανοποίηση της ζήτησης με μικρή προτεραιότητα.

Η παρουσίαση της μεθοδολογίας που προτείνεται γίνεται πιο παραστατική με τη χρήση ενός συνθετικού παραδείγματος που παρουσιάζεται στα Σχήματα 3.2, 3.3, 3.4 και 3.5 που ακολουθούν.

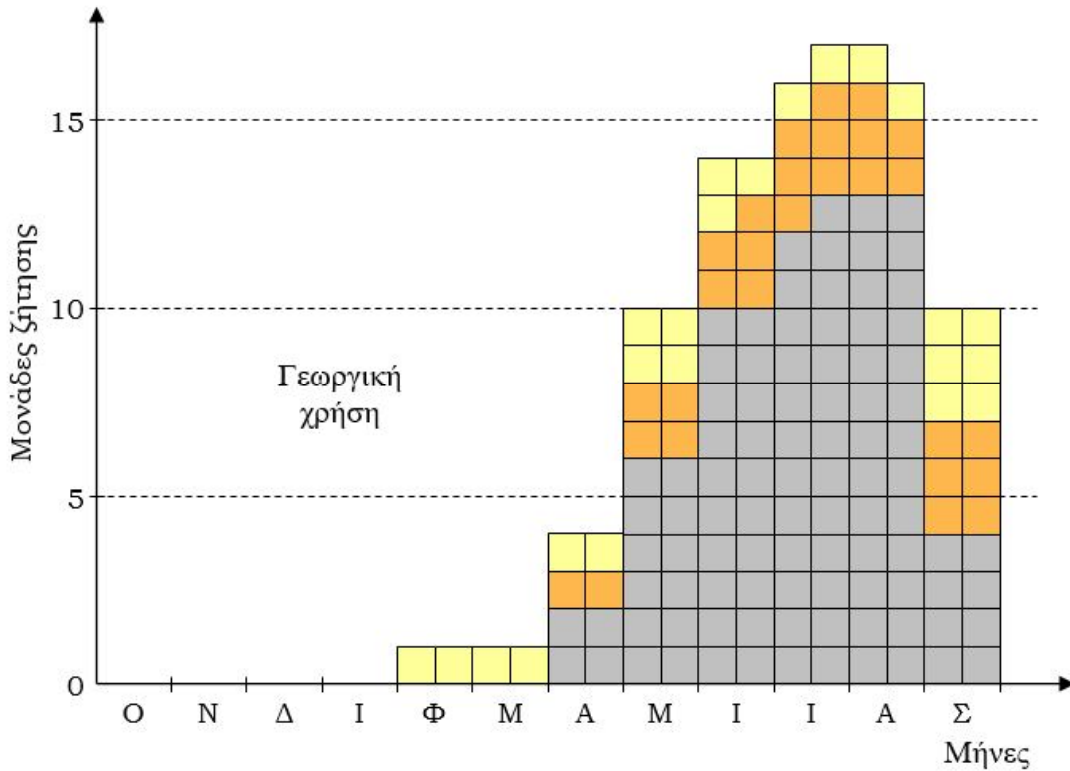
Στο παράδειγμα γίνεται η υπόθεση ότι οι μονάδες ζήτησης κατανέμονται χρονικά σε περιόδους 15ημέρου (δηλαδή δύο περίοδοι τον μήνα), χαρακτηρίζονται δε με τρεις βαθμίδες προτεραιότητας I, II και III, που φαίνονται με τα αντίστοιχα χρώματα γκρι, πορτοκαλί και κίτρινο στα Σχήματα 3.2 – 3.5. Οι μονάδες προτεραιότητας I θεωρούνται υψίστης σημασίας και πρέπει να ικανοποιούνται κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες. Οι μονάδες προτεραιότητας II θεωρούνται σημαντικές και αποτελούν ανάγκες που η μη ικανοποίησή τους έχει επιπτώσεις στους τομείς δραστηριότητας στους οποίους ανήκουν. Όμως σε συνθήκες ακραίων συνθηκών λειψυδρίας θα μπορούσαν να μην ικανοποιηθούν γιατί τα αποτελέσματά τους δεν συντελούν σε καταστροφικά γεγονότα. Τέλος οι μονάδες προτεραιότητας III είναι οι ποσότητες που μπορούν να μην ικανοποιηθούν με σχετικά μικρά αρνητικά αποτελέσματα (π.χ. αλλαγή συνηθειών, περιορισμοί στη σπατάλη κλπ).



Σχήμα 3.2 Ιεράρχηση μονάδων ζήτησης για την κατά προτεραιότητα ικανοποίησή τους κατά τη διάρκεια ξηρασίας σε σχέση με την αστική και τουριστική χρήση.



Σχήμα 3.3 Ιεράρχηση μονάδων ζήτησης για την κατά προτεραιότητα ικανοποίησή τους κατά τη διάρκεια ξηρασίας σε σχέση με την βιομηχανική χρήση.



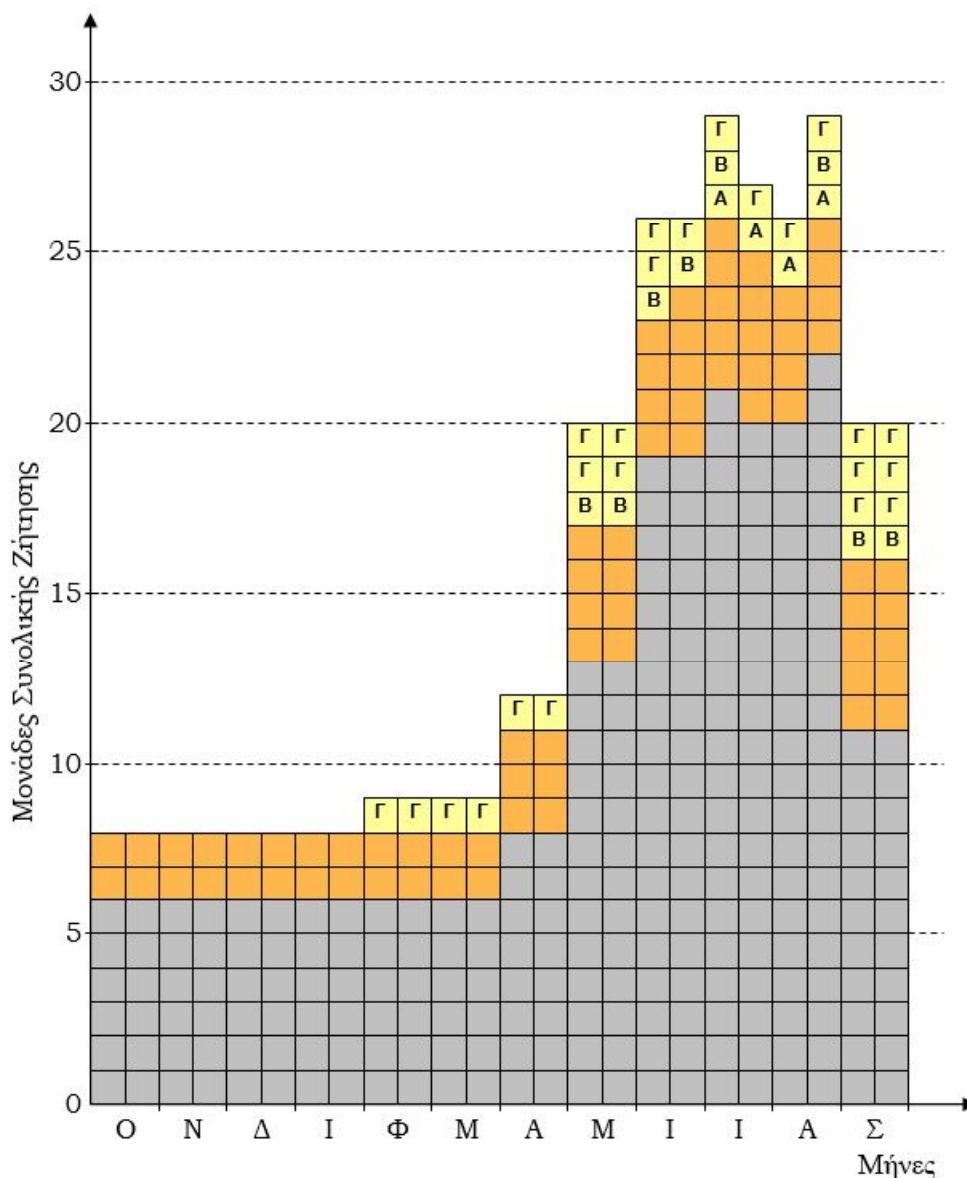
Σχήμα 3.4 *Ιεράρχηση μονάδων ζήτησης για την κατά προτεραιότητα ικανοποίησή τους κατά τη διάρκεια ξηρασίας σε σχέση με την γεωργική χρήση.*

Στα Σχήματα 3.2 -3.4 παρουσιάζονται τα διαγράμματα με τις μονάδες ζήτησης για

- α) Αστική και Τουριστική χρήση
- β) Βιομηχανική χρήση, και
- γ) Γεωργική χρήση

Τέλος, ολοκληρωμένα οι μονάδες ζήτησης όλων των χρήσεων παρουσιάζονται στο διάγραμμα του Σχήματος 3.5. Από την παραστατική εικόνα ενός τέτοιου διαγράμματος δίνεται η δυνατότητα ακόμη και σε μη ειδικούς να κατανοήσουν τα περιθώρια περιορισμού της κατανάλωσης με τις αντίστοιχες αναμενόμενες επιπτώσεις.

Αν πέρα από τις προτεραιότητες υπάρχει ιεράρχηση στην ικανοποίηση των αναγκών για διάφορες χρήσεις, αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη θέση κάθε χρήσης στο διάγραμμα. Στο παράδειγμα, η ιεράρχηση που έχει υιοθετηθεί είναι η ικανοποίηση πρώτα της Αστικής και Τουριστικής χρήσης, κατόπιν της βιομηχανικής χρήσης και τελευταία της Γεωργικής χρήσης. Αυτό φαίνεται στο διάγραμμα του Σχήματος 3.5 με τα γράμματα «Α», «Β», «Γ» αντίστοιχα, μόνο για την προτεραιότητα III.



Σχήμα 3.5 *Ιεράρχηση συνολικών μονάδων ζήτησης για την κατά προτεραιότητα ικανοποίησή τους κατά τη διάρκεια ξηρασίας.*

Με βάση το παράδειγμα των διαγραμμάτων των Σχημάτων 3.2 – 3.5, αν η διαθέσιμη ποσότητα νερού ήταν αποθηκευμένη και εξασφαλισμένη για ικανοποίηση των προτεραιοτήτων I και II, τότε θα μπορούσαν να εξοικονομηθούν 35 μονάδες νερού. Στην περίπτωση που η διαθέσιμη ποσότητα ήταν αρκετά μειωμένη ώστε να μπορεί να ικανοποιηθεί μόνο τις μονάδες ζήτησης προτεραιότητας I, η συνολική εξοικονόμηση θα έφτανε τις $35 + 75 = 100$ μονάδες νερού.

Αν η διαθεσιμότητα του νερού είναι χρονικά εξαρτημένη (π.χ. υδροδότηση από ποταμό μέσω φράγματος εκτροπής) τότε επίσης το παραστατικό διάγραμμα δείχνει ποιες ποσότητες

δεν μπορούν να ικανοποιηθούν, με ένα επιπλέον καθοριστικό χαρακτηριστικό που είναι το 15θήμερο στο οποίο ανήκουν.

Συμπερασματικά, εκτός των προγραμμάτων μαθηματικής βελτιστοποίησης ή πολυκριτηριακής ανάλυσης υπάρχουν και τρόποι περισσότερο παραδοσιακοί αλλά αποδοτικοί για την ορθολογική επιλογή μη ικανοποίησης κάποιων μονάδων ζήτησης στους αντίστοιχους χρόνους. Η μέθοδος αυτή που ονομάστηκε από το συγγραφέα της διατριβής ως «τοίχος με τούβλα» (brick wall) αν και απλή στην κατανόησή της (συνεπώς κατάλληλη για χρήση από ανθρώπους μη απαραίτητα ειδικούς) προϋποθέτει σημαντική προετοιμασία για τον καθορισμό των προτεραιοτήτων από την Ειδική Επιτροπή Αντιμετώπισης της Ξηρασίας σε συνεργασία (αποδοχή) από όλους τους ενδιαφερόμενους.

3.4 Οργανωτική διάσταση

Θεσμικό και νομικό πλαίσιο

Σε θεσμικό επίπεδο, τη σημαντικότερη πρωτοβουλία για την αντιμετώπιση της ξηρασίας αποτελεί η δημιουργία της Ειδικής Επιτροπής Αντιμετώπισης της ξηρασίας (Drought Task Force). Στη συνέχεια είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός πλαισίου, που θα διέπει τις σχέσεις μεταξύ οργανισμών και φορέων, όχι μόνο για τη βέλτιστη αντιμετώπιση έκτακτων καταστάσεων, αλλά και για τη βελτίωση των μελλοντικών δράσεων που θα περιορίσουν την επίδραση της ξηρασίας στα διάφορα συστήματα. Η αντιμετώπιση δηλαδή της ξηρασίας, απαιτεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που δεν βασίζεται μόνο στις φυσικές διεργασίες, αλλά και στις κοινωνικο-οικονομικές συνθήκες μιας περιοχής. Καμία διαχειριστική δράση, νομοθεσία ή στρατηγική δεν μπορεί να ανταποκριθεί από μόνη της σε όλες τις πλευρές και να επιτύχει όλους τους σκοπούς για την αποτελεσματική αντιμετώπιση της ξηρασίας.

Το θεσμικό πλαίσιο που διέπει την ξηρασία θα πρέπει να μπορεί να ανταποκριθεί στις εξής κύριες ερωτήσεις:

- Πως αλληλεπιδρούν οι διάφοροι οργανισμοί και φορείς των επίσημων ή ανεπίσημων δικτύων αντιμετώπισης της ξηρασίας;
- Ποιες είναι οι ιεραρχίες και ποιοι οι τρόποι επικοινωνίας;
- Ποιοι είναι οι άμεσα ενδιαφερόμενοι;
- Ποιος είναι ο βαθμός επιρροής και εξάρτησης των αποφάσεων στους ενδιαφερόμενους;

Η μεθοδολογία ανάπτυξης του θεσμικού πλαισίου θα πρέπει να ακολουθεί τα εξής βήματα:

- Δημιουργία ενός νοητού μοντέλου οργανισμών και φορέων και περιγραφή του

νομικού πλαισίου στα διάφορα επίπεδα ενδιαφέροντος (τοπικό, περιφερειακό, επίπεδο χώρας)

- Συλλογή πρόσθετων πληροφοριών και προσδιορισμό των υπεύθυνων λήψης αποφάσεων και των ενδιαφερόμενων που επηρεάζονται από τις αποφάσεις κάθε φορέα.
- Επαλήθευση της δομής του μοντέλου.
- Ανάλυση των δυνατών και αδύνατων σημείων των οργανωτικών διεργασιών και της ιεραρχικής δομής των φορέων.
- Συζήτηση των προκλήσεων και των ευκαιριών για τη βελτίωση του σχεδιασμού για την ξηρασία.

Το σημαντικότερο ωστόσο στοιχείο της οργανωτικής διαδικασίας για την ξηρασία παραμένει η εξασφάλιση και η οργάνωση της συμμετοχής όλων των ενδιαφερόμενων ομάδων και του κοινού στη λήψη αποφάσεων. Οι συμμετοχικές διαδικασίες, που κερδίζουν συνεχώς έδαφος, αποτελούν την καλύτερη πορεία προς την εξασφάλιση λειτουργικού σχεδιασμού για την ξηρασία.

Ολοκληρωμένες διαχειριστικές προτάσεις για τη διασύνδεση και τις αρμοδιότητες των εμπλεκόμενων στην αντιμετώπιση της ξηρασίας φορέων, έχουν διατυπωθεί στη διεθνή βιβλιογραφία. Η πρόταση των Rossi et al (2007) αποτελεί ένα εξαιρετικό παράδειγμα διασύνδεσης φορέων και ελέγχου αρμοδιοτήτων που έρχεται σε συμφωνία και με τις Οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Το κύριο νομικό πλαίσιο για τον σχεδιασμό και την αντιμετώπιση της ξηρασίας προσδιορίζεται από την Οδηγία Πλαίσιο 2000/60 της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το Νερό. Σύμφωνα με την οδηγία ο σχεδιασμός και η αντιμετώπιση πρέπει να γίνεται σε επίπεδο υδατικού συστήματος, όπως θα προσδιοριστεί λεπτομερώς από κάθε χώρα. Η οδηγία δεν ορίζει συγκεκριμένες δράσεις αντιμετώπισης του κινδύνου ξηρασίας, όμως οι γενικότερες υποχρεώσεις που απορρέουν από αυτή, όπως η παρακολούθηση της κατάστασης των νερών και η σύνταξη και εφαρμογή σχεδίων διαχείρισης σε επίπεδο υδατικού συστήματος, καλύπτουν ως ένα βαθμό και τον Σχεδιασμό για την ξηρασία.

Σε επίπεδο Εθνικής νομοθεσίας, η διαχείριση υδατικών πόρων στην Ελλάδα διέπεται από τον Ν. 1739/1987, όπως επίσης και από τον Ν. 1650/1986 για την προστασία του περιβάλλοντος. Η κυριότερη προσπάθεια νομοθετικής ρύθμισης ωστόσο, έρχεται με την υιοθέτηση της Οδηγίας Πλαίσιο από τον Ν. 3199/2003, ο οποίος επικυρώθηκε στην Ελληνική Βουλή στις 12 Νοεμβρίου του 2003.

Η χώρα μας υπέγραψε επίσης τη Συνθήκη των Ηνωμένων Εθνών για την καταπολέμηση της ερημοποίησης (UNCCD) το 1994, την οποία επικύρωσε η Ελληνική Βουλή το 1997. Σε

εφαρμογή της συγκεκριμένης Συνθήκης ιδρύθηκε και η Εθνική Επιτροπή για την Καταπολέμηση της Ερημοποίησης το 2002, χωρίς να είναι ιδιαίτερα γνωστή η δράση της.

Μια εξειδικευμένη νομοθεσία σχετικά με την ξηρασία κρίνεται πλέον σημαντική και αναμένεται τόσο σε κάθε κράτος ξεχωριστά όσο και σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Η δημιουργία ολοκληρωμένων Σχεδίων Αντιμετώπισης Ξηρασίας σε κάθε κράτος θα λύσει τόσο θεσμικά όσο και οργανωτικά προβλήματα και θα θωρακίσει την κάθε χώρα απέναντι στον κίνδυνο της ξηρασίας.

Συμμετοχικές διαδικασίες

Η τάση που κυριαρχεί παγκόσμια τα τελευταία χρόνια στο δυτικό κόσμο είναι η συμμετοχή του κοινού στη λήψη αποφάσεων, τουλάχιστον στα θέματα που σχετίζονται με το περιβάλλον. Η διαχείριση των υδατικών πόρων αλλά και της έλλειψής τους, αποτελούν από τα κυρίαρχα θέματα στα οποία τόσο η πλήρης και διαφανής ενημέρωση του κοινού, όσο και η συμμετοχή του στη διαμόρφωση των αποφάσεων ή τουλάχιστον η αποδοχή τους, θεωρείται μεγάλης σημασίας. Όπως θα αναπτυχθεί και στη συνέχεια, η σύγχρονη Ευρωπαϊκή προσέγγιση του θέματος, απαιτεί τουλάχιστον την αποδοχή των όποιων αποφάσεων από όλους τους κοινωνικούς φορείς (stakeholders) πριν την εφαρμογή τους, ώστε οι διενέξεις μεταξύ των διαφόρων ενδιαφερόμενων ομάδων να μειώνονται στο ελάχιστο.

Μεταξύ των κύριων λόγων για το αυξανόμενο ενδιαφέρον στις συμμετοχικές διαδικασίες είναι η αδυναμία της αντιπροσωπευτικής δημοκρατίας, η επιστημονική αβεβαιότητα και πολυπλοκότητα, η αναποτελεσματικότητα στην εφαρμογή της πολιτικής και οι συγκρούσεις συμφερόντων μεταξύ των διαφορετικών ομάδων που κυρίως δέχονται τόσο τις συνέπειες των φαινομένων όσο και των μέτρων αντιμετώπισής τους (Pimbert and Wakeford, 2001). Η αδυναμία της αντιπροσωπευτικής δημοκρατίας αναφέρεται κυρίως στην πεποίθηση ομάδων του κοινού ή και μεμονωμένων ανθρώπων, ειδικά όσον θεωρούνται ή αισθάνονται μη προνομιούχοι, ότι εξαιρούνται από τις αποφάσεις που επηρεάζουν τη ζωή τους. Οι αποφάσεις που λαμβάνονται από την κεντρική (και συνήθως απομακρυσμένη από τους χώρους που υφίστανται τις συνέπειες) κυβέρνηση, συχνά δεν κατορθώνουν να αφογκραστούν και να ενσωματώσουν την θέληση των πολιτών. Από την άλλη πλευρά, τα περιβαλλοντικά προβλήματα, συμπεριλαμβανομένων και των φυσικών καταστροφών όπως η ξηρασία, είναι πολύ σύνθετα, με πολλές αβεβαιότητες και κινδύνους. Όπως έχει ειπωθεί επανειλημμένα, η πολύπλοκη φύση της ξηρασίας δεν επιτρέπει στους επιστήμονες να παρέχουν μοναδική και αδιαμφισβήτητη πληροφορία κατά τη διάρκεια εξέλιξης ενός φαινομένου. Κάτι τέτοιο μπορεί να οδηγήσει στη μείωση της εμπιστοσύνης του κοινού απέναντι στους επιστήμονες και ειδικούς του χώρου. Η εφαρμογή της πολιτικής έχει επίσης αποδειχθεί αναποτελεσματική σε πολλές περιπτώσεις. Οι κεντρικές πολιτικές συχνά

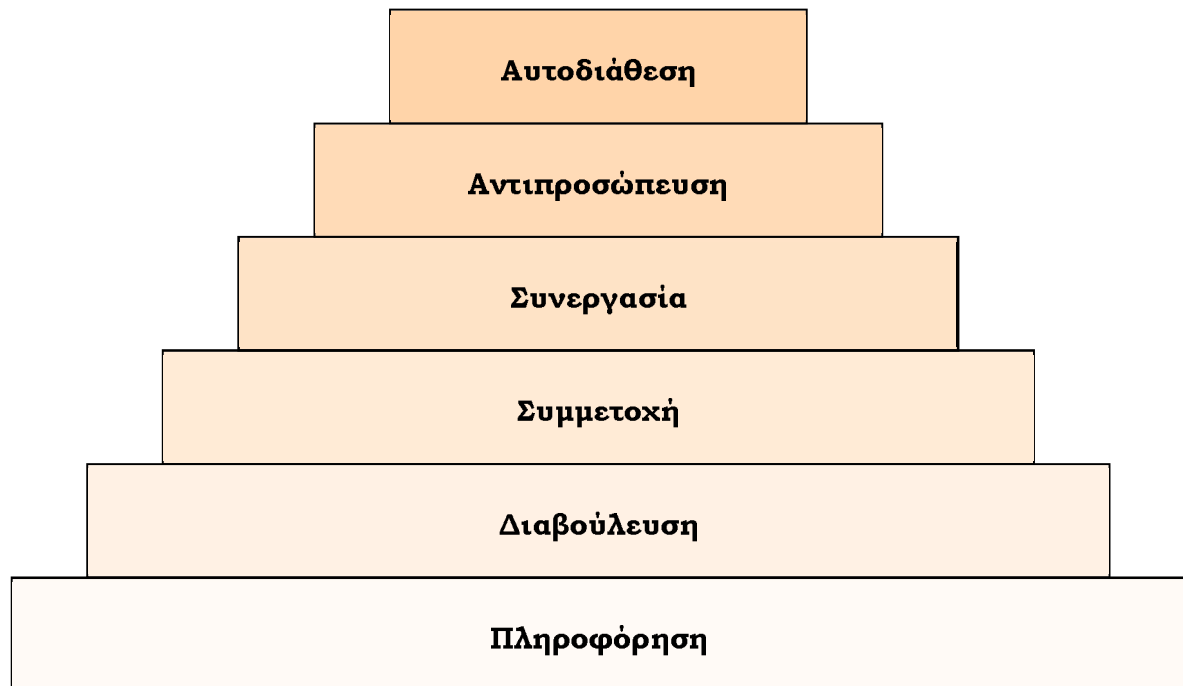
αποτυγχάνουν να φέρουν τα επιθυμητά αποτελέσματα. Οι συμμετοχικές διαδικασίες από την άλλη πλευρά, έχουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν την ποιότητα της λήψης αποφάσεων αντλώντας γνώσεις από τις τοπικές κοινωνικές ομάδες και περιορίζοντας τις συγκρούσεις μεταξύ των ομάδων αυτών, κυρίως στο στάδιο του σχεδιασμού και της λήψης αποφάσεων. Η διαδικασία αυτή, βοηθά ώστε η εφαρμογή της πολιτικής να είναι περισσότερο νόμιμη, αποτελεσματική, αποδοτική και βιώσιμη. Τέλος, ο αποκλεισμός κοινωνικών ομάδων από τις αποφάσεις οδηγεί με πολύ μεγάλη πιθανότητα σε συγκρούσεις κυρίως κατά τη διαδικασία εφαρμογής των αποφάσεων αυτών. Οι συναινετικές αποφάσεις, κυρίως με τη συμμετοχή των ομάδων που αντιμετωπίζουν τις συνέπειες τόσο του φαινομένου όσο και των μέτρων αντιμετώπισής του, μπορεί να ελαχιστοποιήσουν τις δημιουργούμενες εντάσεις.

Οι κύριοι στόχοι της συμμετοχικής διαδικασίας περιλαμβάνουν:

- Ενημέρωση των συμμετεχόντων και αύξηση της ευαισθητοποίησης του κοινού
- Βελτίωση της ποιότητας των αποφάσεων, με την ενσωμάτωση σ' αυτές της γνώσης των τοπικών κοινωνικών ομάδων της περιοχής που πλήττεται από την καταστροφή
- Αναγνώριση περιθωριοποιημένων φωνών και ανάπτυξη αμοιβαίας κατανόησης μεταξύ των συμμετεχόντων
- Επίτευξη συμφωνιών και όπου είναι εφικτό ομόφωνων αποφάσεων
- Μείωση συγκρούσεων μεταξύ κοινωνικών ομάδων με αντικρουόμενα συμφέροντα και επίσπευση της εφαρμογής της πολιτικής μετά τη συναινετική λήψη αποφάσεων.
- Ενδυνάμωση των τοπικών κοινοτήτων για ανάληψη δράσης

Η βασικότερη πτυχή του πλαισίου συμμετοχής του κοινού στη διαδικασία λήψης αποφάσεων είναι η διάρθρωση των επιπέδων συμμετοχής. Στο χαμηλότερο επίπεδο συναντά κανείς την απλή πληροφόρηση, όσον αφορά στο περιεχόμενο και τη διαδικασία της απόφασης. Οι σχετικές πληροφορίες γίνονται διαθέσιμες στα ενδιαφερόμενα μέρη και στο κοινό μέσω τυποποιημένων τεχνικών διάδοσης. Το επόμενο επίπεδο αφορά στη διαβούλευση. Το κοινό καλείται (υπό την ευθύνη των αρχών) να υποβάλει σχόλια σε γραπτή μορφή ή να τα παρουσιάσει προφορικά σε συναντήσεις, ακροάσεις κλπ. Στην πιο «δεσμευτική» μορφή της διαβούλευσης, οι υπεύθυνοι για τη λήψη αποφάσεων δεν μπορούν απορρίψουν τα σχόλια των συμμετεχόντων χωρίς αιτιολόγηση. Ένα επίπεδο πιο πάνω είναι η συμμετοχή, στην οποία οι αρχές είναι υποχρεωμένες να ενσωματώσουν μερικά από τα σχόλια του κοινού στην τελική απόφαση και να εξηγήσουν επαρκώς γιατί απέρριψαν τα υπόλοιπα. Αν αναλογιστούμε τα επίπεδα συμμετοχής ως μια «σκάλα» με τη μορφή που παρουσιάστηκε από τον Arnstein (1969), τα επόμενα στάδια εκτείνονται από συνεργασία μεταξύ των αρχών και του κοινού, μέχρι την αντιπροσώπευση κατά την οποία οι αποφάσεις των επιλεγμένων επιτροπών των πολιτών εφαρμόζονται από τους υπεύθυνους. Στην κορυφή της σκάλας βρίσκεται η αυτοδιάθεση. Στην αυτοδιάθεση εφαρμόζονται πιο ριζοσπαστικές δημοκρατικές

οργανωτικές μορφές, στις οποίες οι κοινότητες έχουν την δύναμη να λαμβάνουν και να εφαρμόζουν αποφάσεις.



Σχήμα 3.6 Τα επίπεδα συμμετοχής του κοινού (προσαρμογή από τους Videira et al., 2006 και IAP2, 2007).

Μια άλλη σημαντική πτυχή του πλαισίου για συμμετοχή του κοινού είναι το πού και το πότε θα πραγματοποιηθεί αυτή η συμμετοχή. Η συμμετοχή των κοινωνικών φορέων και μεμονωμένων ενδιαφερόμενων μπορεί να λάβει χώρα σε διάφορα στάδια της διαδικασίας. Μια τυπική τέτοια διαδικασία μπορεί να χωριστεί σε τρεις κύριες φάσεις: την φάση πριν την απόφαση (περιλαμβάνει των αναγνώριση του προβλήματος και την κατάστρωση του Σχεδίου), την φάση της απόφασης και την φάση μετά την απόφαση. Ένας γενικός κανόνας είναι ότι η συμμετοχή του κοινού θα πρέπει να πραγματοποιείται σε ολόκληρη τη διαδικασία λήψης αποφάσεων ενός σχεδίου ή μιας δέσμης μέτρων. Είναι σημαντικό, να συμπεριληφθεί από νωρίς το κοινό στη διαδικασία και να μην περιοριστεί στη φάση εφαρμογής ή σε υποπυχές της υλοποίησης του Σχεδίου, όπου σημαντικές αποφάσεις έχουν ήδη παρθεί (UNEP/PAP/RAC, 2007). Ιδανικά, η συμμετοχή του κοινού θα πρέπει να αρχίζει πριν ακόμα το πρόβλημα εντοπιστεί με ακρίβεια. Είναι προφανές, ότι ένα σχέδιο δε μπορεί να είναι επιτυχημένο χωρίς την άποψη αυτών που θα το εφαρμόσουν και θα ζήσουν με αυτό. Από την άλλη πλευρά, η γνώση των ανθρώπων μπορεί να προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες και ιδέες για τη δημιουργία εναλλακτικών στρατηγικών. Επιπλέον, διαφορετικές ομάδες ενδιαφερόμενων και κοινωνικών εταίρων μπορούν να αντιστοιχίσουν διαφορετικό βάρος και διαφορετικά κριτήρια σε εναλλακτικές λύσεις, αφού οι συνέπειες μιας διαδικασίας μπορεί να

είναι διαφορετικές ανάμεσα στις διαφορετικές ομάδες και μια αρνητική συνέπεια για μια ομάδα μπορεί να ωφελήσει μια άλλη.

Η απάντηση στην ερώτηση «ποίοι πρέπει να συμμετέχουν;» είναι ένα ακόμη κρίσιμο στοιχείο που πρέπει να καλυφθεί. Πρέπει φυσικά να σημειωθεί, ότι η επιλογή των συμμετεχόντων εξαρτάται κυρίως από το περιεχόμενο και τους στόχους της συμμετοχικής διαδικασίας. Στις περισσότερες των περιπτώσεων όλοι πρέπει να έχουν τη δυνατότητα συμμετοχής. Ωστόσο οι πιο πιθανοί συμμετέχοντες, όπως αναφέρονται στις οδηγίες για τη συμμετοχή του κοινού σε σχέση με την Ευρωπαϊκή Οδηγία Πλαίσιο για τους υδατικούς πόρους (Guidance on Public Participation in relation to the WFD) που αναπτύχθηκε ως τμήμα της Κοινής Στρατηγικής Υλοποίησης της οδηγίας (WFD Common Implementation Strategy), είναι οι ειδικοί που σχετίζονται με τη διαχείριση και επομένως και την έλλειψη νερού, αρχές και εκλεγμένοι αντιπρόσωποι, τοπικές ομάδες και μη επαγγελματικά οργανωμένες ομάδες, καθώς και μεμονωμένοι πολίτες (ComEC, 2002). Εν συντομία θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ότι στην κατηγορία των επαγγελματιών περιλαμβάνονται επιστημονικά στελέχη δημόσιων και ιδιωτικών οργανισμών, επαγγελματιών και εθελοντικών ομάδων και κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών Μη Κυβερνητικών Οργανώσεων (ΜΚΟ). Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται επίσης οι επιχειρήσεις, η βιομηχανία, οι ασφαλιστικοί όμιλοι και η ακαδημαϊκή κοινότητα. Στην κατηγορία των Αρχών και των εκλεγμένων αντιπροσώπων περιλαμβάνονται οι κυβερνητικές υπηρεσίες, οι δημόσιες υπηρεσίες και η τοπική αυτοδιοίκηση. Οι τοπικές και μη επαγγελματικά οργανωμένες ομάδες που δραστηριοποιούνται σε τοπικό επίπεδο, μπορούν να διαχωριστούν σε: κοινότητες με βάση τη θέση (π.χ. κάτοικοι, ενώσεις και τοπικά συμβούλια) και κοινότητες με βάση το ενδιαφέρον (π.χ. ομάδες αγροτών, αλιέων, κλπ). Τέλος, στην κατηγορία των μεμονωμένων πολιτών περιλαμβάνονται μεμονωμένοι πολίτες, αγρότες, ιδιοκτήτες γης και εταιρείες που εκπροσωπούν τον εαυτό τους.

Η ανάμειξη των πολιτών είναι επίσης σημαντική κατά τη διάρκεια της «παρακολούθησης και αξιολόγησης», η οποία αποτελεί τη μετά την απόφαση φάση. Επιτροπές πολιτών μπορούν να παρακολουθούν τη συμμόρφωση των αρχών με ένα συμφωνημένο σχέδιο και όρους και να παρέχουν ανατροφοδότηση για αξιολόγηση των συνεπειών και των αποτελεσμάτων.

Η συμμετοχή του κοινού μπορεί, επίσης, να μειώσει τις συγκρούσεις σε αμφισβητήσιμες αποφάσεις, όπως έγκριση μέτρων αντιμετώπισης της ξηρασίας, αποφάσεις για πρότυπα ποιότητας και επίπεδα επεξεργασίας ή παρακολούθησης, κατανομή των αποζημιώσεων για τις ζημιές μεταξύ των διαφόρων ομάδων κλπ. Τέλος, είναι σκόπιμο να δημιουργηθεί μια μόνιμη οργανωτική δομή για συμμετοχή όλων των ενδιαφερομένων στη λήψη ή την επεξεργασία των αποφάσεων για την αντιμετώπιση της έλλειψης νερού. Αυτό θα

έχει σαν αποτέλεσμα λιγότερη προσπάθεια στο μέλλον, αφού οι διαδικασίες και τα εργαλεία δε θα χρειάζεται να αναθεωρούνται κάθε φορά που είναι απαραίτητη η συμμετοχή για μια απόφαση.

Στη Λευκή Βίβλο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη διακυβέρνηση (EU White Paper on Governance) τονίζεται ότι η ποιότητα και η αποτελεσματικότητα των πολιτικών αποφάσεων εξαρτάται από την εξασφάλιση ευρείας συμμετοχής σε όλη την αλυσίδα της πολιτικής, αρχίζοντας ακόμη από το στάδιο της σύλληψης της αρχικής ιδέας (ComEC, 2001). Όσο το δυνατόν περισσότερες επιλογές θα πρέπει να είναι ανοιχτές, έτσι ώστε η συμμετοχική διαδικασία να βοηθήσει στην επιλογή της καταλληλότερης τελικής απόφασης. Επιπλέον, η δημόσια δέσμευση στις αποφάσεις είναι πιθανόν να αυξηθεί, εάν υπάρχει συμμετοχή όλων των ενδιαφερομένων ήδη από τις παλαιότερες φάσεις ανάπτυξης της στρατηγικής (DETR, 2000). Το κοινό που συμμετέχει και οι συμμετοχικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται πρέπει να εστιάζουν στις ειδικές απαιτήσεις του κάθε σταδίου της συμμετοχικής διαδικασίας.

Προσπάθεια συμμετοχής του κοινού στον Ελληνικό χώρο

Στο πλαίσιο ερευνητικού προγράμματος για την ξηρασία και την αντιμετώπιση της, έγινε μια αρχική προσπάθεια για τη συμμετοχή του κοινού στο Σχεδιασμό για την αντιμετώπιση της ξηρασίας στην περιοχή της Ανατολικής Κρήτης. Η διαδικασία αυτή στηρίχθηκε κυρίως στην προσπάθεια επικοινωνίας με τους πολίτες για τη διερεύνηση τόσο του επιπέδου πληροφόρησής τους για θέματα ξηρασίας, όσο και της ανατροφοδότησης (feedback) μέσω της γνώμης των πολιτών για διάφορες πτυχές της καθημερινότητας που μπορεί να επηρεασθούν από την ξηρασία.

Η προσπάθεια επικοινωνίας με το κοινό έγινε μέσω ενός ερωτηματολογίου, το οποίο διανεμήθηκε στους πολίτες της πόλης του Ηρακλείου στην Κρήτη, με κύριο στόχο τη διερεύνηση του επιπέδου ευαισθητοποίησής τους όσον αφορά στα φαινόμενα ξηρασίας, καθώς και τις απόψεις τους σχετικά με την αντίδραση της κρατικής μηχανής στην αντιμετώπιση των συνεπειών της ξηρασίας. Το ερωτηματολόγιο διανεμήθηκε σε πολίτες διαφορετικών ηλικιακών ομάδων, επιπέδων εκπαίδευσης και επαγγελματιών, σε μια προσπάθεια να καλυφθεί ένα ευρύ φάσμα απόψεων, που δημιουργούνται μέσω των διαφόρων χρήσεων του νερού και της επίδρασης της ξηρασίας στους διάφορους χρήστες του.

Το ερωτηματολόγιο θεωρείται ότι βοηθά με δύο τρόπους. Από τη μία πλευρά, πολλοί άνθρωποι αναγκάστηκαν να σκεφτούν και να κατανοήσουν τη σημασία της ξηρασίας και της έλλειψης νερού στην καθημερινή τους ζωή, όταν προσπάθησαν να απαντήσουν στα διάφορα ερωτήματα. Από την άλλη, επιβεβαιώθηκε η υπάρχουσα άποψη σχετικά με το επίπεδο της ευαισθητοποίησης του κοινού απέναντι στην ξηρασία, ενώ προέκυψαν και πολλές ενδιαφέρουσες μη αναμενόμενες πτυχές της κατάστασης μέσω όχι μόνο των ίδιων των

ομάδες ερωτήσεων που αφορούν στο ίδιο κεντρικό θέμα. Σε όλες τις ερωτήσεις όλων των τμημάτων ζητείται από τους πολίτες να ιεραρχήσουν τις προτεινόμενες ενέργειες ή μέτρα σε μια κλίμακα τεσσάρων επιλογών από “Α” που αντιστοιχεί σε υψηλή προτεραιότητα έως το “Δ” αν η πρόταση θεωρείται χωρίς καμία σημασία.

Το πρώτο τμήμα του δευτέρου μέρους αφορά σε ενέργειες και μέτρα για τη μείωση της κατανάλωσης. Η ομάδα των ερωτήσεων αυτού του τμήματος ασχολείται με την ενημέρωση του κοινού και την εθελοντική προσπάθεια μείωσης της κατανάλωσης. Επίσης, με τη σπουδαιότητα της χρήσης διατάξεων εξοικονόμησης νερού, αλλά και του συγκεκριμένου είδους τέτοιων διατάξεων. Είναι σημαντικότερη η χρήση τέτοιων διατάξεων στο ντους, στο καζανάκι της τουαλέτας ή σε κάποια άλλη οικιακή παροχή νερού; Ποια προτεραιότητα δίνεται σε χρήσεις που θα περιορίσουν την κατανάλωση κατά τη διάρκεια μιας ξηρασίας, όπως το πλύσιμο των αυτοκινήτων, το γέμισμα των πισινών, το πότισμα του γκαζόν, το πλύσιμο των δρόμων η άρδευση των πάρκων και των γηπέδων γκολφ και τα δημόσια σιντριβάνια; Θα πρέπει να περιοριστούν οι εμπορικές χρήσεις νερού, όπως τα πλυντήρια αυτοκινήτων; Θα πρέπει να εφαρμοστεί τιμολογιακή πολιτική και μια τέτοια πολιτική θα πρέπει να αφορά μόνο στην περίοδο της κρίσης ή γενικά στις υψηλές καταναλώσεις; Με ποιον τρόπο θα πρέπει να γίνεται η διανομή νερού, κατά κεφαλή ή ανά νοικοκυριό; Θα πρέπει η αστική χρήση να έχει προτεραιότητα έναντι των υπολοίπων ή θα πρέπει το νερό να μοιράζεται εξίσου σε όλες τις χρήσεις;

Η δεύτερη ομάδα ερωτήσεων αφορά στην υποδομή και κυρίως στο δίκτυο διανομής νερού. Προσπαθεί να διερευνήσει ποιες τροποποιήσεις ή αναβαθμίσεις του δικτύου διανομής θεωρούνται ζωτικής σημασίας για τη βιωσιμότητα του συστήματος. Συγκεκριμένα οι ερωτήσεις αφορούν στην υδραυλική πίεση του δικτύου, στην ανίχνευση διαρροών και στην επισκευή των σπασμένων σωληνώσεων, στο κατά πόσο η πλήρης αντικατάσταση ολόκληρου του δικτύου θεωρείται σημαντική ή η χρήση αυτοματισμών στα δίκτυα πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Επίσης, αν η διακοπόμενη διανομή νερού μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση της κατάστασης κατά τη διάρκεια ενός φαινομένου ξηρασίας.

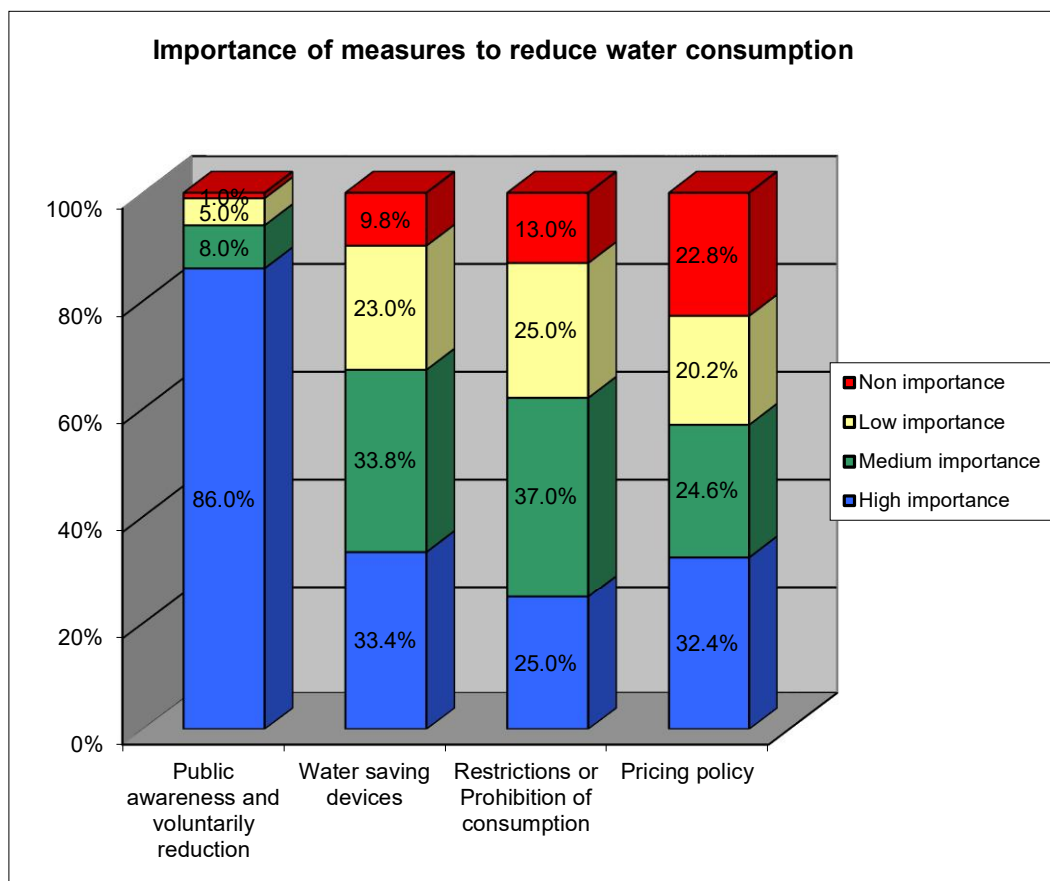
Τέλος, το τρίτο τμήμα του δευτέρου μέρους του ερωτηματολογίου ασχολείται με ενέργειες και μέτρα που πρέπει να υλοποιηθούν κατά τη διάρκεια μιας κατάστασης έκτακτης ανάγκης. Οι πολίτες ρωτούνται αν και κατά πόσον θα πρέπει να μεταφερθούν ποσότητες νερού από άλλες περιοχές κατά τη διάρκεια μιας ξηρασίας και με ποιο τρόπο θα μπορούσε να γίνει κάτι τέτοιο στην περίπτωση που κριθεί αναγκαίο (π.χ. με φορτηγά, με πλοία ή με δίκτυο σωλήνων). Επίσης, αν θεωρείται αναγκαία η περικοπή κάποιων χρήσεων νερού προς όφελος των υπολοίπων καθώς και το ποιες πρέπει να είναι οι χρήσεις που μπορούν να περικοπούν (π.χ. παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, χρήσεις αναψυχής ή ακόμη και οικολογική παροχή των ποταμών). Θα πρέπει να διατηρούνται αποθέματα ασφαλείας και είναι

προτιμότερο να χρησιμοποιείται υφάλμυρο νερό, απομακρυσμένες πηγές νερού, νέες γεωτρήσεις ή ακόμη και σπορά νεφών;

Όλες οι ερωτήσεις είναι διατυπωμένες με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι πλήρως κατανοητές από όλους τους ερωτώμενους όλων των ηλικιών και μορφωτικών επιπέδων. Αυτό που στην πραγματικότητα αναζητείται μέσω του ερωτηματολογίου είναι οι αυθόρμητες απαντήσεις, που αντικατοπτρίζουν τι πραγματικά πιστεύουν οι πολίτες και όχι ποια θα ήταν η τελική απάντησή τους αν μπορούσαν να σκεφτούν το πρόβλημα διεξοδικά. Οι απαντήσεις αναλύθηκαν στατιστικά και χρησιμοποιήθηκαν διάφορες ομαδοποιήσεις ώστε το θέμα να προσεγγιστεί από πολλές διαφορετικές πλευρές. Τα συμπεράσματα που εξάγονται είναι πολλά, ωστόσο στη συνέχεια θα παρουσιαστούν τα πιο σημαντικά τα οποία αφορούν στις τρεις βασικές ομάδες ερωτήσεων.

Στην πρώτη ομάδα των ερωτήσεων σχετικά με τις *ενέργειες και τα μέτρα για τη μείωση της κατανάλωσης* οι συμμετέχοντες θεωρούν πολύ σημαντική την ενημέρωση του κοινού. Συγκεκριμένα, πάνω από το 85% των συμμετεχόντων θεωρούν την ενημέρωση του κοινού ως την πιο σημαντική δράση για την εθελούσια μείωση της κατανάλωσης νερού, κυρίως σε αστικές περιοχές. Η χρήση διατάξεων εξοικονόμησης νερού δεν συγκεντρώνει γενικά σημαντικό αριθμό προτιμήσεων. Η περίπτωση ωστόσο του μηχανισμού πλήρους και μειωμένης παροχής στα καζανάκια της τουαλέτας θεωρείται πολύ ενδιαφέρουσα από τους συμμετέχοντες. Οι μισοί από αυτούς (περίπου 50%) δηλώνουν ότι θα χρησιμοποιούσαν μια τέτοια συσκευή, ενώ σχεδόν κανένας δεν θεωρεί τις βαλβίδες χαμηλής πίεσης σημαντικές. Πρέπει φυσικά να αναφερθεί ότι οι περισσότεροι από τους ανθρώπους μπορεί να μην είναι εξοικειωμένοι με τη λειτουργία μιας βαλβίδας χαμηλής πίεσης ή ακόμη και να μην γνωρίζουν καν περί τίνος πρόκειται, ενώ ένας μηχανισμός διπλής λειτουργίας στο καζανάκι της τουαλέτας δείχνει μια πολύ ενδιαφέρουσα ιδέα για τους περισσότερους και πολλοί από αυτούς μπορεί να έχουν ήδη χρησιμοποιήσει μια τέτοια διάταξη. Οι απαντήσεις λοιπόν του κοινού πρέπει να λαμβάνονται υπόψη μέσα από το φίλτρο κάποιων ειδικών σε κάθε περίπτωση.

Η απαγόρευση συγκεκριμένων χρήσεων, κυρίως των εμπορικών, θεωρείται μεσαίας σημασίας. Η απάντηση μπορεί να θεωρηθεί απλώς ενδεικτική καθώς απαιτείται πιο προσεκτική διερεύνηση ανάμεσα στα διαφορετικά κοινωνικά και εκπαιδευτικά υπόβαθρα καθώς και τα επαγγέλματα των συμμετεχόντων. Είναι προφανές ότι οι άνθρωποι κατανοούν ότι το πόσιμο νερό και γενικά η αστική χρήση νερού είναι πιο σημαντική κατά τη διάρκεια μιας περιόδου ξηρασίας, ωστόσο η μείωση της εμπορική χρήση μπορεί να έχει σημαντικό κοινωνικό αντίκτυπο.



Σχήμα 3.8

Προτεραιότητα των μέτρων μείωσης της κατανάλωσης

Η τιμολογιακή πολιτική θεωρείται επίσης σημαντική. Αν και τα συνολικά ποσοστά μπορεί να οδηγήσουν σε μια διαφορετική συνολική εικόνα (όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.8), συγκεκριμένες ερωτήσεις που περιλαμβάνονται στο ερωτηματολόγιο πάνω στο συγκεκριμένο θέμα αποσαφηνίζουν την κατάσταση. Αξίζει να σημειωθεί ότι πάνω από το 70% των απαντήσεων ήταν αρνητική για τη δήλωση «Η τιμή του νερού δεν πρέπει να αυξηθεί σε καμία περίπτωση». Οι περισσότεροι από τους συμμετέχοντες (πάνω από 50%) πιστεύουν ότι υψηλότερες τιμές θα πρέπει να εφαρμόζονται μόνο στην υπερβολική κατανάλωση και πάντα σύμφωνα με επιστημονικά και πολιτικά αποδεκτά όρια κατανάλωσης που θα τίθενται από την εταιρεία ύδρευσης. Από την άλλη πλευρά, οι συμμετέχοντες πιστεύουν ότι δεν πρέπει να υπάρχει διαφορά στο τιμολόγιο μεταξύ χειμερινής και θερινής περιόδου, ενώ η χρήση «τέλους ξηρασίας» κατά τις περιόδους ξηρασίας δεν θα βοηθούσε καθόλου. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στην υπόθεση ότι οι συμμετέχοντες θεωρούν την εξοικονόμηση νερού, ακόμη και μέσω της τιμολογιακής πολιτικής, μια δράση για ολόκληρη τη διάρκεια του έτους και όχι ένα μέτρο έκτακτης ανάγκης κατά τη διάρκεια της ξηρασίας. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι καθώς η τιμολογιακή πολιτική δεν θεωρείται ιδιαίτερα αποτελεσματική από τις εταιρίες διανομής νερού στις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες, η θετική στάση των συμμετεχόντων μπορεί να

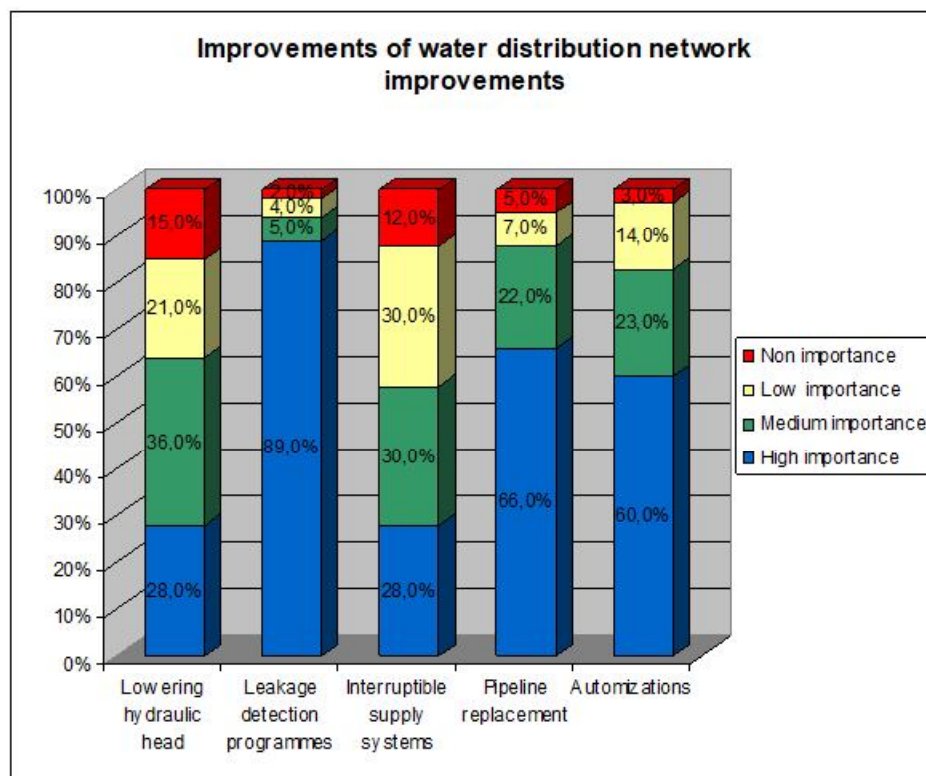
θεωρηθεί χαρακτηριστικό που παρατηρήθηκε στη συγκεκριμένη περιοχή (ή χώρα), λόγω και του μεσογειακού ταμπεραμέντου.

Ο Περιορισμός ή η απαγόρευση των δευτερευουσών χρήσεων, ή τουλάχιστον των μη ζωτικής σημασίας χρήσεων, όπως η κατανάλωση νερού για αναψυχή, θεωρείται υψίστης σημασίας για την πλειονότητα των συμμετεχόντων (περίπου 60%). Οι συμμετέχοντες πιστεύουν ότι πολλές από τις χρήσεις αυτές θα μπορούσαν να περιοριστούν, από το πλύσιμο των δρόμων (72%) και το γέμισμα των πισινών (63%), έως το πλύσιμο των αυτοκινήτων (56%) και το πότισμα των γηπέδων γκολφ (50%). Από την άλλη πλευρά, ορισμένες δευτερεύουσες χρήσεις θεωρούνται αρκετά σημαντικές ώστε να μην περιοριστούν, όπως η χρήση νερού στα δημόσια σιντριβάνια (μόνο το 40% δηλώνει ότι θα πρέπει να περιορίζεται) και η άρδευση των πάρκων (μόνο το 20% πιστεύει ότι θα πρέπει να απαγορεύεται). Πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι τα πάρκα και τα δημόσια σιντριβάνια αποτελούν καταφύγιο δροσιάς κατά τη διάρκεια περιόδων ξηρασίας (οι οποίες συνδέονται άμεσα με τις θερμές περιόδους για τους περισσότερους πολίτες), οπότε πολλοί από τους συμμετέχοντες μπορεί να θεωρούν τη διατήρησή τους μεγάλης σημασίας. Αυτό ισχύει και για τις συσκευές κλιματισμού που δεν αναφέρονται ως εχθρικές προς το περιβάλλον, δεδομένου ότι θεωρούνται ζωτικής σημασίας κατά τις πολύ θερμές περιόδους.

Όριο στην κατανάλωση είναι καλύτερα να εφαρμοστεί σύμφωνα με τους συμμετέχοντες ανά υδρόμετρο και όχι ανά άτομο. Αυτό σημαίνει ότι θεωρείται προτιμότερο να εξετάσει το σύνολο των αναγκών ενός νοικοκυριού, παρά να γίνει προσπάθεια μέτρησης του αριθμού των ατόμων σε κάθε νοικοκυριό και να τεθεί όριο ανά άτομο, αν και τα νοικοκυριά με λιγότερους ενοίκους μπορεί να χρειάζονται λιγότερο νερό. Ο περιορισμός εμπορικών χρήσεων σε τέτοιο βαθμό που θα οδηγούσε σε προσωρινό κλείσιμο βιομηχανιών θεωρείται χαμηλής σημασίας, αφού είναι προφανές ότι οι άνθρωποι προσπαθούν να προστατεύσουν τις θέσεις εργασίας τους, ακόμη και κατά τη διάρκεια ενός ακραίου φαινομένου ξηρασίας.

Όσον αφορά στην υποδομή και στο δίκτυο διανομής νερού (δεύτερη ομάδα ερωτήσεων) οι συμμετέχοντες πιστεύουν ότι η αναβάθμιση και οι επισκευές του δικτύου διανομής ή ακόμη και η αντικατάστασή του με ένα νέο, χρησιμοποιώντας την πιο σύγχρονη τεχνολογία, πρέπει να αποτελέσει κύρια προτεραιότητα. Συγκεκριμένα, περίπου το 88% των ερωτηθέντων πιστεύουν ότι ένα πρόγραμμα ανίχνευσης διαρροών, μαζί φυσικά με την επισκευή των διαρροών που ανιχνεύθηκαν, θα πρέπει να αποτελεί υψηλή προτεραιότητα για την εταιρία διανομής νερού. Πρέπει να επισημανθεί, ότι αυτή το ζήτημα θεωρείται από το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετεχόντων ως υψηλής προτεραιότητας σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο ζήτημα περιλαμβάνεται στο ερωτηματολόγιο. Η αντικατάσταση παλιών ή σπασμένων αγωγών και η εγκατάσταση αυτοματισμών θεωρούνται επίσης υψηλής προτεραιότητας με

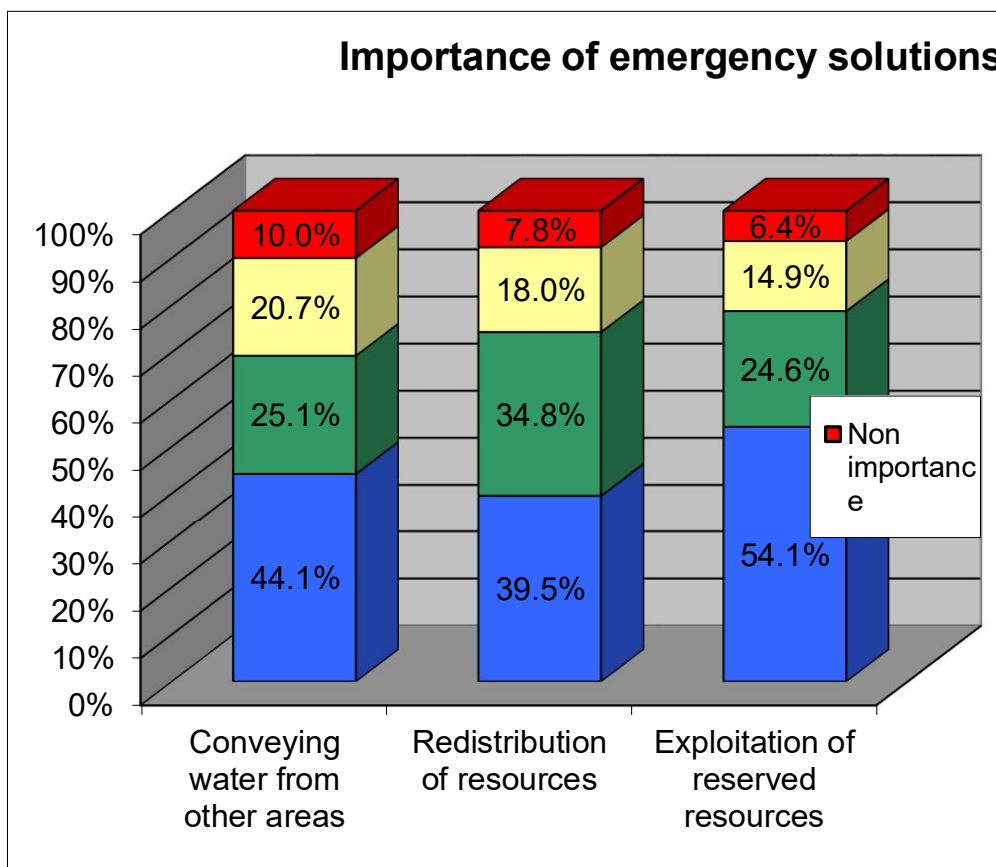
ποσοστά 66% και 60% αντίστοιχα, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.9.



Σχήμα 3.9 Σημαντικότητα των βελτιώσεων στα δίκτυα διανομής νερού

Από την άλλη πλευρά, η μείωση της υδραυλικής πίεσης στα δίκτυα ή η χρήση διακοπτόμενης παροχής δεν φαίνεται να κερδίζει την εμπιστοσύνη των ερωτούμενων, δεδομένου ότι αντιμετωπίζεται μετριοπαθώς, με απαντήσεις που δεν οδηγούν σε κανένα σαφές συμπέρασμα. Είναι προφανές ότι οι συμμετέχοντες πιστεύουν ότι οι υποδομές και το δίκτυο διανομής είναι πολύ παλιά και πρέπει να αντικατασταθούν με νέα χρησιμοποιώντας τεχνολογικά εξελιγμένους σωλήνες και συσκευές. Αυτή η αίσθηση των συμμετεχόντων έχει επιβεβαιωθεί από μετρήσεις στο δίκτυο που δείχνουν μεγάλες απώλειες νερού. Είναι αλήθεια ότι σημαντικές ποσότητες νερού θα μπορούσαν να εξοικονομηθούν αν το δίκτυο διανομής ανακατασκευαστεί.

Όσον αφορά τις λύσεις έκτακτης ανάγκης κατά τη διάρκεια περιόδων ξηρασίας (τρίτη ομάδα ερωτήσεων) οι συμμετέχοντες φαίνεται να είναι εξοικειωμένοι και με τις τρεις υποομάδες ερωτήσεων και φαίνεται ότι ορισμένες από τις προτεινόμενες λύσεις έχουν ήδη εφαρμοστεί στην περιοχή. Αυτό δίνει στους πολίτες την ευκαιρία να έχουν διαμορφώσει μια καλή άποψη για πολλές από τις λύσεις έκτακτης ανάγκης.



Σχήμα 3.10 Σημαντικότητα των επειγουσών ενεργειών

Η μεταφορά νερού από άλλες περιοχές θεωρείται μια αρκετά καλή λύση κερδίζοντας την προτίμηση του 45% των συμμετεχόντων. Θεωρείται δε καλή λύση μόνο στην περίπτωση που το νερό θα μεταφέρεται με αγωγούς. Η μεταφορά νερού με βυτιοφόρα φορτηγά ή τρένα δεν θεωρείται πολύ καλή ιδέα. Αν και περισσότεροι από 70% των ερωτηθέντων πιστεύουν ότι η μεταφορά νερού μέσω αγωγών κατά τη διάρκεια μιας περιόδου ξηρασίας είναι καλή λύση, λιγότεροι από 30% συμφωνούν με τη μεταφορά νερού με άλλα μέσα μεταφοράς. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι και οι δύο λύσεις έχουν χρησιμοποιηθεί στην Ελλάδα στο παρελθόν και η αποτελεσματικότητά τους είναι λίγο πολύ γνωστή στο ευρύ κοινό. Από τη μία πλευρά, η μεταφορά νερού με υδροφόρα πλοία έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς στα μικρά νησιά του Αιγαίου με όχι και πολύ καλά αποτελέσματα. Έχουν παρατηρηθεί μάλιστα περιπτώσεις υποβάθμισης της ποιότητας του γλυκού νερού κατά τη διάρκεια της μεταφοράς καθώς και περιπτώσεις που η τιμή ήταν πολύ υψηλή. Φυσικά, τεχνικά προβλήματα όπως η δυσκολία προσέγγισης κάποιων νησιών κυρίως λόγω κακοκαιρίας ή κακής υποδομής, μπορεί να αφήσουν μια περιοχή χωρίς γλυκό νερό για μεγάλο χρονικό διάστημα. Από την άλλη πλευρά, η μεταφορά νερού μέσω αγωγών έχει χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση της πόλης της Αθήνας με πολύ καλά αποτελέσματα. Αν και αυτή η λύση μπορεί να παρουσιάσει προβλήματα στο μέλλον, υπάρχει η πεποίθηση ότι η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού είναι σχεδόν βέβαιη

με τη χρήση άλλων μέσων μεταφοράς εκτός των αγωγών.

Μια άλλη λύση μπορεί να είναι η αναδιανομή ποσοτήτων νερού προς όφελος των πιο επειγουσών καταναλώσεων. Γενικά, οι άνθρωποι πιστεύουν ότι η λύση αυτή αποτελεί ένα καλό μέτρο έκτακτης ανάγκης και την κατατάσσουν στην υψηλή ή τουλάχιστον στη μέση προτεραιότητα, αν και διαφορετικές χρήσεις απαιτούν διαφορετικές προσεγγίσεις. Για παράδειγμα, σύμφωνα με τους συμμετέχοντες δεν θα πρέπει να εφαρμόζεται μείωση των ποσοτήτων νερού για παραγωγή ενέργειας, ενώ οι πολίτες φαίνονται έτοιμοι να ελαχιστοποιήσουν τις ψυχαγωγικές δραστηριότητές τους που απαιτούν τη χρήση νερού κατά τη διάρκεια μιας περιόδου ξηρασίας. Πάνω από το 60% των συμμετεχόντων πιστεύουν ότι η χρήση για λόγους αναψυχής θα πρέπει να μειωθεί προς όφελος των πιο ζωτικής σημασίας χρήσεων, όπως η οικιακή χρήση. Αυτό που φαίνεται πιο σημαντικό είναι ότι οι πολίτες έχουν αναπτύξει μια ισχυρή οικολογική συνείδηση. Μόνο το 20% του συμμετεχόντων αποδέχονται τη μείωση της οικολογικής παροχής κατάντη των φραγμάτων. Φαίνεται μάλιστα ότι οι περισσότεροι συμμετέχοντες είναι πρόθυμοι να θυσιάσουν τη διαθεσιμότητα του νερού για οικιακή χρήση υπέρ της βιωσιμότητας του περιβάλλοντος. Είναι δε βέβαιο ότι οι πολίτες θεωρούν τη σταθερότητα του περιβάλλοντος πιο σημαντική από την αναψυχή τους. Πρέπει να τονιστεί ότι μια τέτοια σωστή στάση δίνει αξιοπιστία και στις υπόλοιπες απαντήσεις και δείχνει προσωπικότητες που αξίζει τόσο να είναι δέκτες συνεχούς ενημέρωσης για θέματα διαχείρισης υδατικών πόρων, όσο και να συμμετέχουν στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Η υψηλότερη προτεραιότητα μεταξύ των λύσεων έκτακτης ανάγκης δίνεται στη διατήρηση πηγών για χρήση έκτακτης ανάγκης. Πάνω από το 55% των συμμετεχόντων θεωρεί ότι υπάρχουν αναξιοποίητες πηγές στην περιοχή τους, που θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης. Ερωτήσεις σχετικά με συγκεκριμένους υδατικούς πόρους έδωσαν ακόμα πιο εντυπωσιακά αποτελέσματα. Για παράδειγμα, πάνω από το 85% των συμμετεχόντων πιστεύουν ότι τα ποτάμια και οι λίμνες στην περιοχή τους πρέπει να αξιοποιηθούν περισσότερο σε περιόδους έκτακτης ανάγκης. Νέες γεωτρήσεις θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν σύμφωνα με το 73% του συμμετεχόντων, ενώ οι παλιές γεωτρήσεις που δεν χρησιμοποιούνται πια θα πρέπει να επανασυνδέονται με το σύστημα ως λύση έκτακτης ανάγκης, σύμφωνα με το 61% των ερωτηθέντων. Φαίνεται ότι τα ποτάμια και γεωτρήσεις αποτελούν τις πιο δημοφιλείς λύσεις σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης έλλειψης νερού. Τα υφάλμυρα νερά της περιοχής θεωρούνται σημαντικά από έναν στους δύο συμμετέχοντες, ενώ ελαφρώς λιγότερο σημαντική θεωρείται η προσωρινή σύνδεση με απομακρυσμένους υδατικούς πόρους ή άλλα δίκτυα απομακρυσμένων περιοχών. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν λύσεις που δεν θεωρούνται πολύ αξιόλογες, όπως η χρήση του νεκρού όγκου των φραγμάτων και δεξαμενών, λύση που θεωρείται χρήσιμη μόνο από ένα 30% των συμμετεχόντων, ή η σπορά των νεφών, η οποία συγκεντρώνει ακόμα μικρότερη προτίμηση (περίπου 25%). Θα πρέπει να αναφερθεί για άλλη μια φορά, ότι οι λύσεις που συγκεντρώνουν

τη μικρότερη προτίμηση μπορεί να είναι άγνωστες στους περισσότερους πολίτες, γεγονός που τους οδηγεί στο να μην τις επιλέγουν χωρίς απαραίτητα να μην τις θεωρούν σημαντικές.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η γενική προσέγγιση μπορεί να οδηγήσει σε ασαφή αποτελέσματα. Η σε βάθος ανάλυση σε σχέση με ηλικιακές ομάδες και επαγγελματικούς και κοινωνικούς παράγοντες μπορεί να αποσαφηνίσει καταστάσεις και να παρουσιάσει νέες οπτικές γωνίες για πολλά θέματα. Μια τέτοια ανάλυση του ερωτηματολογίου, αν και δεν θα παρουσιαστεί λεπτομερώς στη συγκεκριμένη παράγραφο, παρουσίασε τις διαφορετικές απόψεις μεταξύ των νεότερων και των ηλικιωμένων καθώς και μεταξύ ατόμων διαφορετικού μορφωτικού επιπέδου. Οι νεότεροι και πιο μορφωμένοι πολίτες φαίνεται να είναι πιο ευαίσθητοι σε οικολογικά προβλήματα, ενώ οι ηλικιωμένοι και οι εργαζόμενοι θεωρούν τη διατήρηση των εμπορικών χρήσεων πιο σημαντική, δεδομένου ότι είναι πιο ευαίσθητοι στις κοινωνικές ταραχές και την απώλεια εισοδήματος.

Συμπερασματικά θα μπορούσε να ειπωθεί ότι τα ερωτηματολόγια αυτής της μορφής μπορούν να αποδειχθούν πολύ σημαντικά εργαλεία επικοινωνίας μεταξύ του κοινού και των υπεύθυνων για τη λήψη αποφάσεων. Σε μια εποχή που έχει γίνει κατανοητό ότι ακόμα και η καλύτερη λύση δεν θα είναι αποτελεσματική αν το κοινό δεν είναι έτοιμο για να την εγκρίνει, ή είναι απρόθυμο να αποδεχθεί την ορθότητα και την αναγκαιότητά της, η συμμετοχικές διαδικασίες κρίνονται απαραίτητες όχι μόνο όσον αφορά στην αποδοχή των σχεδίων αντιμετώπισης της ξηρασίας, αλλά ακόμη και στην ανατροφοδότηση των υπευθύνων με τροποποιήσεις και βελτιώσεις των προτεινόμενων σχεδίων και λύσεων. Η εξαγωγή ξεκάθαρων συμπερασμάτων από τέτοια ερωτηματολόγια δεν είναι εύκολη διαδικασία και σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να οδηγεί σε παραπλανητικές εκτιμήσεις. Ακόμη και σ' αυτή την περίπτωση, εξάγονται σημαντικά ευρήματα σε σχέση με την άποψη του κοινού που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.

Από το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο συνοπτικά εξάγονται τα εξής συμπεράσματα: Η ενημέρωση του κοινού είναι μια πολύ σημαντική διαδικασία που μπορεί να ευαισθητοποιήσει τους ανθρώπους σχετικά με τη σημασία του νερού και να οδηγήσει σε εθελοντική εξοικονόμηση νερού σε περίοδο ξηρασίας, εξοικονόμηση που θα είναι πολύ πιο σημαντική αν γίνει τρόπος ζωής. Οι περιορισμοί και οι απαγορεύσεις για συγκεκριμένες χρήσεις θα πρέπει να επιλέγονται προσεκτικά και μόνο ως λύση ανάγκης, αφού μπορεί να οδηγήσουν σε κοινωνικές αντιδράσεις και αναταραχές. Το ίδιο ισχύει και για την τιμολογιακή πολιτική η οποία θεωρείται ως ένα χρήσιμο εργαλείο, αλλά μόνο για την υπερβολική κατανάλωση. Οι πολίτες είναι πρόθυμοι να ελαττώσουν ορισμένες χρήσεις σε μία περίοδο έκτακτης ανάγκης, αλλά με την προϋπόθεση ότι η ελάττωση αυτή δεν προκαλεί βλάβη στο περιβάλλον. Οι ψυχαγωγικές χρήσεις μπορούν εύκολα να διακοπούν, σε αντίθεση με την οικολογική παροχή κατάντη των φραγμάτων, η διατήρηση της οποίας θεωρείται υψίστης

σημασίας. Το δίκτυο διανομής νερού στην υπό εξέταση περιοχή θεωρείται προβληματικό. Οι πολίτες πιστεύουν ότι είναι παλιό και ελαττωματικό. Ένα πρόγραμμα ανίχνευσης διαρροών θεωρείται όχι μόνο αναγκαίο αλλά και επιτακτικό. Τροποποιήσεις στο δίκτυο θα πρέπει να εφαρμοστούν το συντομότερο δυνατό και αντικατάσταση του συνόλου ή μεγάλων τμημάτων του δικτύου με νέα, που ενσωματώνουν σύγχρονης τεχνολογίας υλικά, θα πρέπει άμεσα να προγραμματιστεί. Μέτρα έκτακτης ανάγκης για τις ακραίες περιόδους ξηρασίας θα πρέπει να προβλεφθούν και να προγραμματιστούν από το κράτος. Η μεταφορά νερού μέσω αγωγών θεωρείται ο πιο αποτελεσματικός τρόπος, ενώ άλλα μέσα μεταφοράς του νερού θα πρέπει να αποφεύγονται. Ανακατανομή των πηγών προς όφελος των πιο αναγκαίων καταναλώσεων θα πρέπει επίσης να εφαρμόζεται, εκτός αν η ανακατανομή αυτή πλήττει την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Τέλος, η διατήρηση πηγών για έκτακτη ανάγκη, αλλά και η περαιτέρω εκμετάλλευση των ποταμών και λιμνών κατά τη διάρκεια περιόδων ξηρασίας θεωρούνται απαραίτητα, προκειμένου να μετριαστούν οι συνέπειες της ξηρασίας.

3.5 Στρατηγικός και Επιχειρησιακός Σχεδιασμός

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, κάθε υδατικό σύστημα αντιδρά διαφορετικά στην ξηρασία σύμφωνα με την ικανότητα και την προετοιμασία του να αντισταθεί στη μείωση της διαθεσιμότητας του νερού. Ακόμη και σε ένα μεικτό σύστημα, το κάθε υποσύστημά του παρουσιάζει διαφορετική τρωτότητα, ενώ για κάθε σύστημα ή υπο-σύστημα μπορεί να απαιτείται διαφορετικό επίπεδο διασφάλισης των πόρων (water security). Για παράδειγμα, ένα αστικό υδατικό σύστημα θα πρέπει να είναι περισσότερο προστατευμένο απέναντι στη λειψυδρία σε σχέση με ένα αγροτικό σύστημα. Αυτό αντικατοπτρίζεται στο επίπεδο της αποδεκτής πιθανότητας αστοχίας, η οποία πρέπει να είναι σημαντικά μικρότερη στο αστικό υδατικό σύστημα.

Για ένα απλό υδατικό σύστημα το οποίο εξαρτάται κυρίως από την ετήσια διαθεσιμότητα νερού (ετήσιας ρύθμισης) ο Στρατηγικός Σχεδιασμός έχει ως προτεραιότητα τον προσδιορισμό των επιπέδων της πιθανότητας αστοχίας εξαιτίας της έλλειψης νερού και τη διαμόρφωση των προτάσεων για τα κατάλληλα διαχειριστικά και κατασκευαστικά μέτρα με στόχο την κάλυψη των αναγκών. Στην περίπτωση ενός υπάρχοντος συστήματος με συγκεκριμένη υποδομή, η ανάλυση των γεγονότων ξηρασίας απαιτείται για τον ορθολογικό καθορισμό της έντασης της ξηρασίας (που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη περίοδο αναφοράς) και επομένως τη διαμόρφωση των κατάλληλων διαχειριστικών και κατασκευαστικών μέτρων που απαιτούνται.

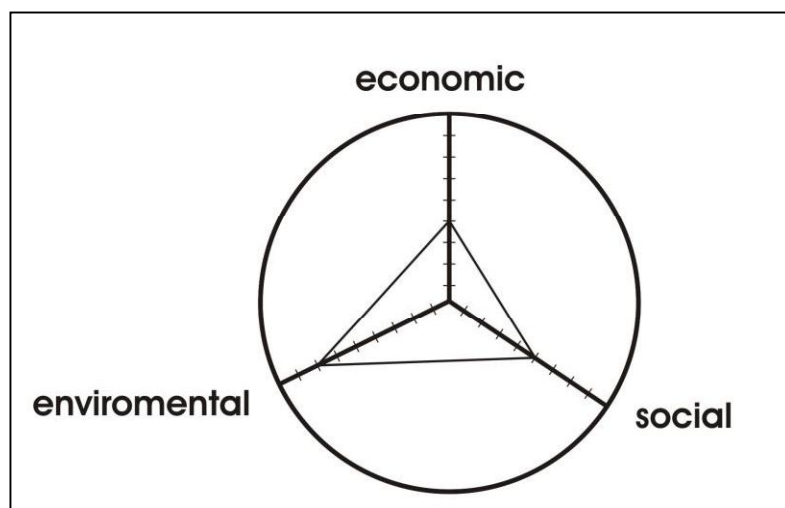
Θα πρέπει να τονιστεί ότι η διακινδύνευση για λειψυδρία δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τους φυσικούς κινδύνους όπως η ξηρασία. Επομένως, η πιθανολογική διαδικασία θα πρέπει να ενσωματώνει και μια ντετερμινιστική συνιστώσα, που περιλαμβάνει τα μόνιμα

χαρακτηριστικά του συστήματος και τις διαχειριστικές πρακτικές που έχουν εγκριθεί για αυτό το υδατικό σύστημα. Επομένως, εάν η διακινδύνευση (risk) υπολογίζεται ως η πιθανότητα αστοχίας (λόγω της έλλειψης νερού) θα πρέπει πάντοτε να αναφέρεται σε συγκεκριμένες συνθήκες και δυνατότητες του συστήματος (Tsakiris, 2009).

Στην περίπτωση του Επιχειρησιακού Σχεδιασμού ετοιμότητας, ένας ακόμη περιορισμός θα πρέπει να πληρείται: η γνώση των αρχικών συνθηκών. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να υπολογιστεί η λεγόμενη «διακινδύνευση υπό συνθήκη» (conditional risk), βασισμένη στην κατάσταση στην αφετηρία του γεγονότος ξηρασίας.

Τόσο για τον Στρατηγικό, όσο και για τον Επιχειρησιακό Σχεδιασμό, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τόσο οι ετήσιες όσο και οι πολυετείς (παρατεταμένες) ξηρασίες.

Δεδομένου ότι οι πιθανότητες δεν είναι εύκολα κατανοητές από τα κέντρα λήψης αποφάσεων και τα ενδιαφερόμενα μέρη (stakeholders) και δεν δημιουργούν τις κατάλληλες συνθήκες εγρήγορης απέναντι στη σοβαρότητα της έλλειψης νερού, η διακινδύνευση μπορεί να εκτιμηθεί με όρους οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών απωλειών. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση της έννοιας της ετησιοποιημένης διακινδύνευσης (μέση ετήσια διακινδύνευση), που ενσωματώνει το σενάριο της ξηρασίας με ορισμένη πιθανότητα υπέρβασης, τον αντίκτυπό της στη διαθεσιμότητα του νερού και ως εκ τούτου τις επιπτώσεις της στον οικονομικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό τομέα. Σύμφωνα με τη διαδικασία που ακολουθείται, τα επιμέρους κριτήρια μετατρέπονται σε αριθμούς σε μια κοινή θεωρητική κλίμακα, (π.χ. από 0 μέχρι 10, όπου στο 0 δεν υπάρχουν επιπτώσεις και στο 10 υπάρχουν οι μέγιστες αρνητικές επιπτώσεις). Επιπλέον, σταθμίζοντάς τα ως προς τη σχετική τους σημασία, αποδίδεται η συνολική βαθμολογία για κάθε σενάριο. Χρησιμοποιώντας κλάσεις πιθανότητας και τον μέσο όρο των επιπτώσεων μεταξύ των σεναρίων ξηρασίας στα όρια κάθε κλάσης, μπορούν να εκτιμηθούν οι αναμενόμενες επιπτώσεις (οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές) (Σχήμα 3.11) από ολόκληρη τη διαδικασία των γεγονότων ξηρασίας και των χαρακτηριστικών του συστήματος (Tsakiris et. al., 2009).



Σχήμα 3.11 Εκτίμηση ενός γεγονότος ξηρασίας με βάση τις επιπτώσεις στον οικονομικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό τομέα.

Η εκτίμηση της μέσης ετήσιας διακινδύνευσης είναι δύσκολη και απαιτεί βαθιά γνώση των οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών διαδικασιών. Η μέση ετήσια αυτή διακινδύνευση μπορεί να εξαχθεί με βάση τη γνώση των ειδικών (experts) στο εξεταζόμενο σύστημα και προφανώς είναι εφαρμόσιμη μόνο στο συγκεκριμένο σύστημα.

Στα σύνθετα υδατικά συστήματα, εμφανίζεται μια ακόμη επιπλοκή που σχετίζεται με τους κανόνες κατανομής των περιορισμένων υδατικών πόρων κατά τη διάρκεια της ξηρασίας. Ακολουθώντας την ορθολογική ιεράρχηση της ικανοποίησης της ζήτησης που παρουσιάστηκε σε προηγούμενη παράγραφο, η έλλειψη της κάθε μονάδας νερού κατά τη διάρκεια ενός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος (π.χ. 15νθημέρου) δημιουργεί συγκεκριμένες επιπτώσεις. Οι επιπτώσεις αυτές θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το προσδιορισμό της προτεραιότητας κάθε μονάδας νερού. Ο προσδιορισμός των προτεραιοτήτων αυτών για κάθε μήνα σε ένα σύνθετο υδατικό σύστημα απαιτεί προηγμένες πολυκριτηριακές εκτιμήσεις και ενισχυμένη συμμετοχή των ενδιαφερομένων μερών.

3.6 Περιεχόμενα Σχεδίου Διαχείρισης Ξηρασίας-Λειψυδρίας

Τα βασικά περιεχόμενα του Σχεδίου Διαχείρισης της Ξηρασίας είναι:

A. Εισαγωγή

Εξηγεί το σκοπό του σχεδίου και θέτει τους όρους για:

- Τον συντονισμό των δραστηριοτήτων
- Τον προσδιορισμό των ευθυνών για τη συλλογή δεδομένων

- Τη δημιουργία σταθερής βάσης για την αξιολόγηση της σφοδρότητας της ξηρασίας
- Τη διασφάλιση του νομικού και διοικητικού πλαισίου
- Την καθιέρωση επικοινωνίας με τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων και το κοινό
- Την κινητοποίηση όλων των διαθέσιμων δυνάμεων

B. Ειδική Επιτροπή Αντιμετώπισης της ξηρασίας

Αυτή η ενότητα εξηγεί πώς η Ειδική Επιτροπή Αντιμετώπισης της ξηρασίας, ένα συντονιστικό όργανο διαχείρισης των αντιδράσεων σε καταστάσεις ξηρασίας, θα δημιουργηθεί. Εντοπίζονται οι εκπρόσωποι, οργανώνονται συναντήσεις, δηλώνονται οι ευθύνες και διευκολύνονται η επικοινωνία και συστάσεις προς τους οργανισμούς και το κοινό.

Γ. Συλλογή δεδομένων

Οι αρμοδιότητες σχετικά με τη συλλογή δεδομένων, την επικοινωνία και την υποβολή εκθέσεων δίνεται σε οργανισμούς που εκπροσωπούνται στην Ειδική Επιτροπή Αντιμετώπισης της ξηρασίας.

Δ. Εκτίμηση σφοδρότητας ξηρασίας

Επιλέγονται οι δείκτες ξηρασίας και συμφωνούνται τα επίπεδα ξηρασίας για τη λήψη μέτρων.

Προτείνονται οι κατάλληλοι περίοδοι αναφοράς για την εκτίμηση της ξηρασίας (π.χ. 3, 6, 9 και 12 μήνες).

Αναπτύσσονται μέθοδοι για τον ακριβή προσδιορισμό των επεισοδίων ξηρασίας (π.χ. διάρκεια).

Υπολογίζονται τα διαθέσιμα αποθέματα (επιφανειακά και υπόγεια)

E. Επικοινωνίες

Δημιουργούνται τρόποι επικοινωνίας με τις αρμόδιες υπηρεσίες, τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων και το κοινό. Καθορίζεται το είδος και η χρονική στιγμή της επικοινωνίας.

ΣΤ. Αντίδραση στην ξηρασία και επίπεδα δράσης

Τα επίπεδα της αντίδρασης στην ξηρασία μπορεί να είναι:

- Τοπικό (επίπεδο υπολεκανών απορροής ή άλλης κατάλληλης περιοχής ή υδατικού συστήματος).
- Περιφερειακό (σε περίπτωση που επηρεάζονται περισσότερες από μία περιοχή).
- Εθνικό (σε περίπτωση που η κατάσταση της ξηρασίας είναι πολύ σοβαρή και επηρεάζει πολύ μεγάλες περιοχές).

Ο ρόλος των οργανισμών που εμπλέκονται σε περιφερειακό ή εθνικό επίπεδο θα πρέπει να διευκρινιστεί (υπουργεία περιβάλλοντος, εσωτερικών, γεωργικής ανάπτυξης, τουρισμού, βιομηχανίας κτλ).

Προσδιορίζονται επίσης τα επίπεδα δράσης που σχετίζονται με τις συνθήκες ξηρασίας και κατά τα οποία θα ενεργοποιηθούν διαφορετικές ομάδες δράσεων. Υπό φυσιολογικές καταστάσεις προβλέπονται έξι επίπεδα δράσεων:

- άνω του φυσιολογικού
- φυσιολογικό
- συμβουλευτικό
- παρακολούθησης
- προειδοποίησης
- έκτακτης ανάγκης

Οι ενέργειες στο πλαίσιο αυτών των επιπέδων θα πρέπει να δηλώνονται με σαφήνεια.

E. Εφαρμογή μέτρων έκτακτης ανάγκης

Οι αρχές και οι εξουσίες που σχετίζονται με καταστάσεις ξηρασίας σε διάφορα επίπεδα της διακυβέρνησης, εντοπίζονται και ορίζονται ως πρωταγωνιστές. Νόμοι εφαρμόσιμοι σε καταστάσεις ξηρασίας τίθενται σε εφαρμογή. Πριν την εφαρμογή οποιουδήποτε μέτρου, θα πρέπει να ζητούνται οι συμβουλές του κατάλληλου νομικού προσωπικού.

3.7 Εκτίμηση λειψυδρίας: μεθοδολογία και εφαρμογή

Όπως προαναφέρθηκε στην παράγραφο 3.4 του τεύχους του 1^{ου} Παραδοτέου οι πιο ευάλωτες στη λειψυδρία υδρογεωλογικές λεκάνες της Κρήτης προσδιορίστηκαν χρησιμοποιώντας τον δείκτη Rex που προτάθηκε σ' αυτή τη μελέτη.

Ο δείκτης Rex δείχνει την ποσοστιαία αξιοποίηση της μέσης ετήσιας τροφοδοσίας του υπόγειου υδροφορέα με βάση την εξίσωση:

$$Rex = \frac{D}{eP}$$

Όπου D ο μέσος όρος των ετήσιων απολήψεων από τον υδροφορέα (m^3)

e = ο λόγος του τμήματος του ετήσιου ύψους βροχής που καταλήγει στον υδροφόρο ορίζοντα μέσω της κατακόρυφης διήθησης στην υδρογεωλογική λεκάνη δια του ετήσιου ύψους βροχής (-)

P = ο μέσος όρος των συνολικών ετήσιων όγκων βροχής στην επιφάνεια της υδρογεωλογικής λεκάνης (m^3).

Με βάση τα δεδομένα του ιστορικού δείγματος βροχοπτώσεων και αντλήσεων (Απογραφή γεωτρήσεων της Δ/νσης Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης στις 91 υδρογεωλογικές λεκάνες της Κρήτης) έγινε η εκτίμηση του Rex και η κατάταξη των υδρογεωλογικών λεκανών από πλευράς επικινδυνότητας μόνιμης λειψυδρίας.

Για την εκτίμηση του βαθμού λειψυδρίας ή υδατικής επάρκειας κάθε έτους προτείνεται να χρησιμοποιείται ο ίδιος δείκτης όπου ο αριθμητής που αναφέρεται στις απολήψεις είναι σταθερός και δείχνει έμμεσα τις ανάγκες σε νερό για τη λεκάνη. Ως προς τον παρονομαστή που αντιπροσωπεύει ουσιαστικά τη διαθεσιμότητα των (υπόγειων) υδατικών πόρων, αυτός μπορεί να προκύπτει ως τον ετήσιο όγκο της βροχής στην επιφάνεια της λεκάνης πολλαπλασιαζόμενο με τον ίδιο συντελεστή e που αντιπροσωπεύει το ποσοστό της βροχής που καταλήγει στα υπόγεια νερά (υπόγειο υδροφορέα).

Η παραπάνω έκφραση του Rex γράφεται για το έτος i ως εξής:

$$Rex^{(i)} = \frac{D}{eP_i}$$

Όπου P_i ο όγκος της βροχής στην επιφάνεια της λεκάνης κατά το έτος i .

Είναι προφανές ότι όσο το ετήσιο ύψος βροχής μικραίνει τόσο ο συντελεστής $Rex^{(i)}$ μεγαλώνει. Κατά αντιστοιχία με τον δείκτη WE_i , για τιμές του $Rex^{(i)}$ μικρότερες του 0.20 υπάρχει επάρκεια υδατικών πόρων στη συγκεκριμένη λεκάνη, για τιμές μεταξύ 0.20 – 0.40

υπάρχει μέτρια λειψυδρία (moderate water scarcity) και για τιμές μεγαλύτερες του 0.40 υπάρχουν συνθήκες έντονης λειψυδρίας (severe water scarcity).

Με δεδομένο ότι ο παράγοντας D παραμένει σταθερός, ο όρος eP_i είναι όμοιος με τον αντίστοιχο όρο του δείκτη ξηρασίας aSPI. Η διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι ο aSPI μετρά την απόκλιση από το μέσο όρο του ετήσιου ενεργού ύψους βροχής, ενώ ο $Rex^{(i)}$ αναφέρεται στο απόλυτο (κάθε έτος) μέγεθος του ετήσιου ενεργού όγκου βροχής που παρατηρείται στην επιφάνεια της υδρογεωλογικής λεκάνης.

Συνεπώς, για να προσδιορίσουμε την κατάσταση λειψυδρίας ή υδατικής επάρκειας για ένα έτος στην υπό μελέτη λεκάνη (υδρογεωλογική) μπορούμε να εργαστούμε είτε απευθείας με τον προσδιορισμό του ενεργού όγκου βροχής ή να οδηγηθούμε σε αυτό μέσω του δείκτη ξηρασίας aSPI συσχετίζοντας τον aSPI_{*i*} με το eP_i .

Επειδή η μεγάλη πλειοψηφία των λεκανών απορροής ικανοποιεί τις υδατικές της ανάγκες από τα υπόγεια νερά είναι λογικό συμβατικά να θεωρήσουμε ότι η παραπάνω ανάλυση μπορεί να επεκταθεί και σε όλες τις ομάδες υπολεκανών χωρίς την πρόκληση σημαντικού σφάλματος. Δηλαδή η διαδικασία που προτάθηκε για τις υδρογεωλογικές λεκάνες εφαρμόζεται όμοια και στις 9 ομάδες υπολεκανών απορροής. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται ομοιογένεια στους υπολογισμούς και τα αποτελέσματα είναι συγκρίσιμα μεταξύ τους.

Σημειώνεται ότι επειδή το μέγεθος των αναγκών έχει ληφθεί από τις καταγραφές των γεωτρήσεων και ενδεχομένως διαφορετικός αριθμός ομάδων υπολεκανών να ανήκει σε μία υδρογεωλογική λεκάνη, το μέγεθος D για κάθε ομάδα υπολεκανών πρέπει να παίρνεται αναλογικά με τις επιφάνειες των ομάδων των υπολεκανών.

Επιπροσθέτως, τα μεγέθη του $Rex^{(i)}$ συγκρινόμενα με τις μέσες συνθήκες για τη συγκεκριμένη λεκάνη μπορούν να δείξουν κατά πόσο αποκλίνουν από τις μέσες αυτές συνθήκες ώστε να προκαλούνται πιέσεις στους υδατικούς πόρους. Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι τιμές του $Rex^{(i)}$ για όλες τις υδρογεωλογικές λεκάνες της Κρήτης για τα έτη του ιστορικού δείγματος.

Με βάση τα παραπάνω δίνονται ακολούθως υπό μορφή πίνακα τα αποτελέσματα της ανάλυσης του δείκτη $Rex^{(i)}$ για τις 91 υδρογεωλογικές λεκάνες της Κρήτης και γίνεται ο προσδιορισμός της κατάστασης λειψυδρίας/ υδατικής επάρκειας ανά λεκάνη και ανά υδρολογικό έτος. Με κίτρινο χρώμα εμφανίζονται τα έτη με μέτρια λειψυδρία στην αντίστοιχη λεκάνη, ενώ με κόκκινο χρώμα εμφανίζονται τα έτη με συνθήκες έντονες λειψυδρίας.

Πίνακας 3.1 Τιμές του δείκτη *Rex*⁽¹⁾ για τις υδρογεωλογικές λεκάνες της Κρήτης με βάση το ιστορικό δείγμα (υδρολογικά έτη 1973/74 έως 1990/91)

EU_CD_GW	ΟΝΟΜΑ	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977	1977-1978	1978-1979	1979-1980	1980-1981	1981-1982	1982-1983	1983-1984	1984-1985	1985-1986	1986-1987	1987-1988	1988-1989	1989-1990	1990-1991
GR1300011	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΤΟΠΟΛΙΩΝ	0.09	0.08	0.06	0.08	0.07	0.08	0.06	0.06	0.06	0.08	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.08	0.1	0.1
GR1300012	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΣΦΗΝΑΡΙΟΥ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300021	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΙΣΣΑΜΟΥ	1.3	1.23	0.91	1.21	0.98	1.17	0.94	0.91	0.9	1.21	1.04	1.04	1.24	1.13	1.31	1.16	1.65	1.57
GR1300022	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΑΜΠΟΥ ΧΑΝΙΩΝ	1.15	1.09	0.76	1.01	1	1.06	0.83	0.85	0.88	1.16	0.87	0.92	1.1	0.96	1.24	1.07	1.34	1.36
GR1300023	ΠΟΡΩΔΕΣ ΑΠΟΚΟΡΩΝΟΥ	1.12	1.24	0.86	1.15	1.04	1.06	0.78	0.91	0.91	1.2	0.85	0.86	1.17	0.9	1.41	1.1	1.42	1.43
GR1300031	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΔ. ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΕΩΝ (ΑΓΙΑΣ)	0.06	0.06	0.04	0.06	0.05	0.06	0.04	0.04	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05	0.07	0.06	0.08	0.08
GR1300032	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΟΡΕΙΩΝ ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΕΩΝ (ΣΤΥΛΟΥ-ΑΡΜΕΝΩΝ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0.01	0.01
GR1300033	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΑ. ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΕΩΝ (ΚΟΥΡΝΑ-ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΗΣ)	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
GR1300034	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΝΟΤΙΩΝ ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΕΩΝ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300035	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΗΣ	0.1	0.1	0.07	0.08	0.08	0.09	0.07	0.08	0.07	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.1	0.09	0.11	0.09
GR1300041	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΑΡΜΕΝΩΝ-ΜΑΛΑΚΙΟΥ-ΜΟΥΝΤΡΟΥ-ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗΣ	0.11	0.09	0.07	0.08	0.06	0.09	0.07	0.07	0.07	0.1	0.08	0.08	0.09	0.07	0.08	0.09	0.12	0.1
GR1300042	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΑΛΛΙΚΡΑΤΗ-ΑΣΙΔΕΡΩΤΑ	0.14	0.12	0.09	0.11	0.08	0.11	0.1	0.09	0.09	0.12	0.11	0.09	0.13	0.09	0.11	0.12	0.16	0.13
GR1300043	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΕΑΡΟΥ	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0
GR1300044	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΓΕΡΑΝΙΟΥ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300051	ΠΟΡΩΔΕΣ ΒΔ. ΡΕΘΥΜΝΙΟΥ	0.1	0.09	0.07	0.08	0.07	0.09	0.07	0.08	0.07	0.1	0.08	0.08	0.09	0.07	0.09	0.09	0.11	0.09
GR1300052	ΠΟΡΩΔΕΣ ΒΑ. ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΡΕΘΥΜΝΙΟΥ (ΚΑΜΠΟΥ ΡΕΘΥΜΝΙΟΥ-ΠΡ	0.58	0.48	0.41	0.45	0.38	0.45	0.41	0.4	0.37	0.53	0.45	0.4	0.53	0.41	0.46	0.53	0.7	0.58

EU_CD_GW	ΟΝΟΜΑ	1973-	1974-	1975-	1976-	1977-	1978-	1979-	1980-	1981-	1982-	1983-	1984-	1985-	1986-	1987-	1988-	1989-	1990-	1990-
		1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1991
GR1300053	ΠΟΡΩΔΕΣ ΒΑ.ΡΕΘΥΜΙΝΟΥ	0.25	0.21	0.18	0.2	0.18	0.2	0.18	0.18	0.16	0.23	0.2	0.18	0.23	0.18	0.21	0.24	0.31	0.26	0.26
GR1300054	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΡΕΘΥΜΙΝΟΥ	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.06	0.05	0.04	0.04	0.07	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.08	0.06	0.06
GR1300055	ΠΟΡΩΔΕΣ ΝΟΤΙΟΥ ΡΕΘΥΜΙΝΟΥ	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.04	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.05	0.04	0.04
GR1300061	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΤΑΛΑΙΩΝ	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03
GR1300062	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΔ. ΨΗΛΟΡΕΙΤΗ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300063	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΑ. ΨΗΛΟΡΕΙΤΗ	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
GR1300064	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΕΡΗΣ-ΤΥΝΙΣΣΟΥ	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
GR1300065	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΝΑ. ΨΗΛΟΡΕΙΤΗ	0.08	0.06	0.05	0.06	0.04	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.08	0.05	0.05	0.06	0.1	0.08	0.08
GR1300071	ΠΟΡΩΔΕΣ ΒΟΡΕΙΟ-ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0.44	0.37	0.27	0.31	0.3	0.34	0.34	0.3	0.31	0.38	0.33	0.28	0.42	0.3	0.38	0.44	0.53	0.39	0.39
GR1300072	ΠΟΡΩΔΕΣ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΒΟΡΕΙΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0.52	0.44	0.32	0.35	0.35	0.38	0.38	0.39	0.39	0.44	0.4	0.33	0.47	0.35	0.48	0.51	0.63	0.46	0.46
GR1300081	ΠΟΡΩΔΕΣ ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ	4.43	3.72	2.67	3.9	2.08	3.4	3.27	2.28	2.6	4.34	2.83	2.67	4.77	3.02	2.74	4.19	5.78	4.08	4.08
GR1300082	ΠΟΡΩΔΕΣ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ	1.32	1.1	0.78	1.13	0.61	1.01	0.95	0.67	0.75	1.27	0.85	0.8	1.42	0.88	0.81	1.25	1.69	1.21	1.21
GR1300083	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΟΙΡΩΝ	2.52	1.98	1.66	2.39	1.35	1.94	1.91	1.44	1.52	2.51	1.61	1.54	2.48	1.9	1.6	2.31	3.7	2.37	2.37
GR1300084	ΠΟΡΩΔΕΣ ΓΑΛΙΑΣ-ΒΑΓΙΩΝΙΑΣ-ΑΣΗΜΙΟΥ	0.76	0.59	0.49	0.58	0.41	0.52	0.5	0.41	0.45	0.7	0.51	0.46	0.69	0.58	0.52	0.69	1	0.66	0.66
GR1300085	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΕΣΟΧΩΡΙΟΥ	0.87	0.76	0.57	0.63	0.55	0.69	0.64	0.55	0.6	0.85	0.64	0.54	0.81	0.73	0.74	0.81	1.16	0.8	0.8
GR1300086	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΕΣΑΡΑΣ-ΝΟΤΙΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0.84	0.68	0.55	0.65	0.49	0.64	0.64	0.51	0.56	0.79	0.58	0.51	0.83	0.65	0.62	0.77	1.1	0.77	0.77
GR1300091	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΟΜΠΙΑΣ-ΑΛΗΘΙΝΗΣ	0.43	0.34	0.3	0.47	0.24	0.35	0.34	0.26	0.26	0.52	0.3	0.28	0.46	0.37	0.3	0.41	0.68	0.39	0.39
GR1300092	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΥΡΓΟΥ-ΧΑΡΑΚΑ-ΦΟΥΡΝΟΦΑΡΙΓΟΥ	0.06	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.07	0.05	0.04	0.06	0.06	0.05	0.06	0.09	0.06	0.06
GR1300093	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ	0.06	0.05	0.04	0.06	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.06	0.05	0.04	0.06	0.06	0.05	0.06	0.09	0.06	0.06
GR1300111	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΔΙΚΤΗΣ	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.07	0.05	0.05

EU_CD_GW	ΟΝΟΜΑ	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977	1977-1978	1978-1979	1979-1980	1980-1981	1981-1982	1982-1983	1983-1984	1984-1985	1985-1986	1986-1987	1987-1988	1988-1989	1989-1990	1990-1991
GR1300112	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΜΑΛΙΝ-ΣΕΛΕΝΑΣ	0.08	0.07	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.07	0.07	0.06	0.07	0.06	0.08	0.08	0.11	0.08
GR1300113	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΑ. ΔΙΚΤΗΣ	0.11	0.11	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.11	0.11	0.09	0.08	0.09	0.09	0.11	0.11	0.16	0.12
GR1300114	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΛΑΚΚΩΝΙΩΝ-ΑΛΜΥΡΟΥ ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ	0.48	0.46	0.33	0.35	0.34	0.37	0.33	0.37	0.43	0.47	0.4	0.3	0.37	0.38	0.43	0.46	0.66	0.47
GR1300115	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΦΟΥΡΝΗΣ-ΕΛΟΥΝΤΑΣ	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.03
GR1300116	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΣΙΣΙΟΥ-ΜΙΛΑΤΟΥ-ΕΛΟΥΝΤΑΣ	0.07	0.06	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.06	0.06	0.05	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.09	0.06
GR1300117	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ-ΝΟΤΙΑΣ ΔΙΚΤΗΣ	0.15	0.13	0.11	0.12	0.09	0.11	0.1	0.1	0.12	0.14	0.12	0.09	0.13	0.12	0.12	0.14	0.21	0.15
GR1300122	ΠΟΡΩΔΕΣ ΠΑΧΕΙΑΣ ΑΙΜΙΛΟΥ-ΚΑΛΟΥ ΧΩΡΙΟΥ	0.77	0.89	0.71	0.97	0.71	0.79	0.65	0.67	0.73	1.04	0.74	0.59	0.64	0.7	0.76	0.75	1.37	0.84
GR1300123	ΠΟΡΩΔΕΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ-ΚΑΛΟΥ ΧΩΡΙΟΥ	0.66	0.64	0.53	0.64	0.45	0.56	0.48	0.47	0.56	0.72	0.55	0.42	0.52	0.57	0.53	0.64	0.96	0.67
GR1300132	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΜΑΛΑΥΡΑΣ-ΠΑΧΕΙΑΣ ΑΙΜΙΛΟΥ	1.44	1.56	1.19	1.61	1.25	1.39	1.1	1.18	1.27	1.76	1.24	1.07	1.15	1.21	1.32	1.41	2.22	1.51
GR1300141	ΠΟΡΩΔΕΣ ΣΗΤΕΙΑΣ-ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΑΔΩΝ-ΑΓΙΑΣ ΤΡΙΑΔΑΣ	0.66	0.67	0.48	0.62	0.5	0.5	0.4	0.46	0.44	0.61	0.48	0.52	0.52	0.46	0.52	0.66	0.89	0.69
GR1300142	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΟΥΤΣΟΥΡΑ-ΜΑΚΡΥΓΙΑΛΟΥ	0.27	0.28	0.22	0.28	0.22	0.24	0.2	0.21	0.22	0.3	0.23	0.2	0.22	0.22	0.24	0.26	0.41	0.28
GR1300143	ΠΟΡΩΔΕΣ ΣΚΟΠΗΣ-ΣΗΤΕΙΑΣ	0.63	0.6	0.48	0.73	0.52	0.6	0.42	0.48	0.5	0.72	0.46	0.51	0.58	0.46	0.58	0.68	0.89	0.72
GR1300144	ΠΟΡΩΔΕΣ ΓΟΥΔΟΥΡΑ	0.39	0.41	0.29	0.38	0.3	0.3	0.24	0.27	0.27	0.37	0.29	0.3	0.31	0.28	0.32	0.4	0.55	0.4
GR1300152	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΑ. ΑΠΟΛΗΞΕΩΝ ΟΡΕΩΝ ΖΑΚΡΟΥ	0.2	0.21	0.16	0.2	0.16	0.15	0.12	0.14	0.14	0.2	0.14	0.16	0.18	0.14	0.16	0.2	0.29	0.19
GR1300153	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΩΝ ΑΠΟΛΗΞΕΩΝ ΟΡΕΩΝ ΖΑΚΡΟ	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
GR1300161	ΠΟΡΩΔΕΣ ΦΟΙΝΙΚΟΔΑΣΟΥΣ ΒΑΪ	1.02	1.05	0.88	1.1	0.94	0.85	0.73	0.95	0.88	1.51	0.68	0.93	1.17	0.67	0.68	0.9	1.49	0.87

EU_CD_GW	ΟΝΟΜΑ	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977	1977-1978	1978-1979	1979-1980	1980-1981	1981-1982	1982-1983	1983-1984	1984-1985	1985-1986	1986-1987	1987-1988	1988-1989	1989-1990	1990-1991
GR1300162	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΟΝΗΣ ΤΟΠΛΟΥ-ΠΑΛΑΙΚΑΣΤΡΟΥ-ΞΗΡΟΚΑΜΠΟΥ	0.46	0.48	0.38	0.48	0.4	0.37	0.31	0.39	0.37	0.58	0.32	0.4	0.47	0.31	0.33	0.43	0.67	0.41
GR1300171	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΑΣ	0.09	0.08	0.06	0.08	0.05	0.07	0.05	0.05	0.05	0.07	0.06	0.06	0.08	0.06	0.09	0.07	0.14	0.11
GR1300172	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΧΡΥΣΟΣΚΑΛΙΤΣΣΑΣ	0.01	0.01	0	0.01	0	0.01	0	0	0	0.01	0	0	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0.01
GR1300173	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΑΝΤΑΝΟΥ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300180	ΠΟΡΩΔΕΣ ΦΡΑΓΚΟΚΑΣΤΕΛΛΟΥ	0.16	0.15	0.1	0.14	0.1	0.12	0.11	0.11	0.1	0.13	0.12	0.11	0.14	0.11	0.14	0.14	0.18	0.16
GR1300190	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΧΑΝΙΩΝ	0.45	0.39	0.3	0.39	0.28	0.36	0.28	0.28	0.26	0.38	0.33	0.33	0.41	0.34	0.44	0.35	0.64	0.55
GR1300200	ΠΟΡΩΔΕΣ ΧΡΥΣΟΣΚΑΛΙΤΣΣΑΣ	0.06	0.06	0.04	0.06	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	0.09	0.08
GR1300210	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΡΕΘΥΜΝΟΥ	1.03	0.84	0.68	0.78	0.54	0.82	0.69	0.61	0.61	0.91	0.78	0.72	0.92	0.67	0.74	0.88	1.13	0.92
GR1300220	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ	0.94	0.76	0.63	0.82	0.54	0.72	0.7	0.58	0.6	0.96	0.67	0.61	0.92	0.79	0.69	0.87	1.38	0.84
GR1300231	ΠΟΡΩΔΕΣ ΟΡΟΠΕΔΙΟΥ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	0.07	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.07	0.07	0.06	0.05	0.07	0.06	0.07	0.07	0.1	0.08
GR1300232	ΠΟΡΩΔΕΣ ΕΜΠΑΡΟΥ-ΠΑΝΑΠΙΑΣ	2.64	2.21	1.79	1.96	1.59	1.95	1.88	1.87	2.15	2.44	1.81	1.64	2.61	2	2.32	2.32	3.4	2.51
GR1300233	ΠΟΡΩΔΕΣ ΑΝΩ ΒΙΑΝΝΟΥ	1.12	0.93	0.74	0.81	0.69	0.85	0.82	0.77	0.88	1.07	0.82	0.67	1.1	0.89	0.96	1.02	1.56	1.17
GR1300234	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΕΡΑΤΟΚΑΜΠΟΥ-ΑΡΒΗΣ	0.72	0.58	0.46	0.5	0.44	0.56	0.53	0.48	0.55	0.69	0.55	0.4	0.71	0.57	0.59	0.65	1.05	0.86
GR1300240	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΔΙΚΤΗΣ	2.28	1.99	1.54	1.66	1.44	1.65	1.59	1.67	1.93	2.09	1.79	1.43	1.99	1.75	1.99	2.14	3.12	2.26
GR1300250	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΨΗΛΟΡΕΪΤΗ	0.94	0.79	0.65	0.75	0.61	0.76	0.71	0.65	0.63	0.84	0.73	0.66	0.88	0.7	0.7	0.87	1.17	0.96
GR1300260	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΟΡΕΩΝ ΖΑΚΡΟΥ	0.17	0.18	0.13	0.17	0.13	0.13	0.1	0.12	0.12	0.17	0.12	0.14	0.14	0.12	0.13	0.17	0.24	0.17
GR1300270	ΠΟΡΩΔΕΣ ΓΑΛΔΟΥ	0.01	0.01	0	0.01	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0.01
GR1300280	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΓΑΛΔΟΥ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0
GR1300290	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΠΙΟΥΧΤΑΣ-ΟΕΥ ΚΕΦΑΛΙ (ΔΑΜΑΝΙΩΝ-ΛΑΡΑΝΙΟΥ)	0.22	0.17	0.14	0.15	0.14	0.16	0.16	0.13	0.14	0.19	0.16	0.13	0.21	0.16	0.17	0.21	0.26	0.18
GR1300301	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΙΟΥΧΤΑ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

EU_CD_GW	ΟΝΟΜΑ	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977	1977-1978	1978-1979	1979-1980	1980-1981	1981-1982	1982-1983	1983-1984	1984-1985	1985-1986	1986-1987	1987-1988	1988-1989	1989-1990	1990-1991
GR1300302	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΔΑΜΑΝΙΩΝ-ΛΑΡΑΝΙΟΥ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300311	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΑΙΝΟΥΡΓΙΟΥ ΧΩΡΙΟΥ-ΣΜΑΡΙΟΥ	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.06	0.04
GR1300312	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ-ΓΟΥΒΩΝ-ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ	0.09	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.08	0.06	0.08	0.08	0.11	0.08
GR1300320	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΟΡΝΟΥ-ΘΥΡΠΤΗΣ	0.52	0.54	0.41	0.54	0.42	0.45	0.37	0.4	0.42	0.57	0.42	0.4	0.43	0.41	0.46	0.52	0.78	0.56
GR1300321	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΓΡΑΜΒΟΥΣΑΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300322	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΣΠΑΘΑΣ (ΡΟΔΩΠΟΥ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300323	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ (ΣΟΥΔΑΣ)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
GR1300324	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΑΠΟΚΟΡΩΝΑ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300330	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΓΥΦΩΝ ΚΡΗΤΗΣ	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.05	0.04	0.03	0.05	0.04	0.04	0.05	0.07	0.05
GR1300340	ΝΗΣΙΔΕΣ ΚΡΗΤΗΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300101	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΑΣΤΕΛΙΟΥ	0.58	0.47	0.38	0.39	0.35	0.38	0.39	0.42	0.46	0.5	0.4	0.36	0.55	0.4	0.52	0.51	0.73	0.52
GR1300102	ΠΟΡΩΔΕΣ ΡΟΥΣΟΧΩΡΙΩΝ	0.87	0.72	0.58	0.6	0.53	0.62	0.62	0.61	0.68	0.78	0.6	0.53	0.87	0.63	0.76	0.77	1.09	0.78
GR1300121	ΠΟΡΩΔΕΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ-ΚΕΝΤΡΙΟΥ	0.51	0.49	0.4	0.5	0.36	0.44	0.38	0.37	0.43	0.56	0.42	0.34	0.4	0.43	0.42	0.48	0.75	0.52
GR1300124	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΥΡΤΟΥ	0.72	0.59	0.54	0.78	0.44	0.6	0.56	0.48	0.55	0.78	0.58	0.44	0.6	0.65	0.51	0.65	1.1	0.73
GR1300151	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΟΡΕΩΝ ΖΑΚΡΟΥ	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02
GR1300154	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΟΡΕΩΝ ΠΗΓΗΣ ΖΟΥ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300131	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΟΡΝΟΥ	0.07	0.07	0.05	0.07	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.07	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.07	0.1	0.07
GR1300134	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΕΥΚΩΝ - ΜΑΡΩΝΙΑΣ	0.12	0.12	0.09	0.12	0.09	0.1	0.08	0.09	0.08	0.12	0.09	0.1	0.1	0.09	0.1	0.12	0.16	0.13
GR1300133	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΘΡΥΠΤΗΣ	0.19	0.21	0.16	0.21	0.16	0.18	0.15	0.15	0.17	0.23	0.17	0.14	0.16	0.16	0.17	0.18	0.31	0.2

Πίνακας 3.2 Τιμές του δείκτη $Rex^{(i)}$ για τις υδρογεωλογικές λεκάνες της Κρήτης με βάση το ιστορικό δείγμα (υδρολογικά έτη 1991/92 έως 2008/09)

EU_CD_GW	ΟΝΟΜΑ	1991-1992	1992-1993	1993-1994	1994-1995	1995-1996	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009
GR1300011	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΤΟΠΟΛΙΩΝ	0.08	0.09	0.09	0.09	0.07	0.07	0.08	0.07	0.09	0.07	0.07	0.06	0.08	0.08	0.08	0.07	0.09	0.08
GR1300012	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΣΦΗΝΑΡΙΟΥ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300021	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΙΣΣΑΜΟΥ	1.17	1.36	1.38	1.28	1.09	0.96	1.16	1.01	1.33	1.06	1.07	0.82	1.2	1.27	1.23	1.05	1.29	1.18
GR1300022	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΑΜΠΟΥ ΧΑΝΙΩΝ	1	1.16	1.16	1.14	0.97	0.85	1.11	0.96	1.13	0.97	1	0.76	1.1	1.12	1.11	0.94	1.16	1.02
GR1300023	ΠΟΡΩΔΕΣ ΑΠΟΚΟΡΩΝΟΥ	1.04	1.26	1.2	1.21	0.98	0.79	1.1	0.96	1.09	0.87	0.88	0.67	1.19	1.41	1.06	0.95	1.28	1.17
GR1300031	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΑ. ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΕΩΝ (ΑΓΙΑΣ)	0.06	0.07	0.07	0.07	0.05	0.04	0.06	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.06	0.07	0.06	0.05	0.06	0.06
GR1300032	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΟΡΕΙΩΝ ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΕΩΝ (ΣΤΥΛΟΥ-ΑΡΜΕΝΩΝ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0
GR1300033	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΑ. ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΕΩΝ (ΚΟΥΡΝΑ-ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΗΣ)	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
GR1300034	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΝΟΤΙΩΝ ΛΕΥΚΩΝ ΟΡΕΩΝ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300035	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΗΣ	0.07	0.1	0.08	0.09	0.07	0.06	0.07	0.07	0.1	0.06	0.07	0.05	0.09	0.09	0.07	0.06	0.08	0.1
GR1300041	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΑΡΜΕΝΩΝ-ΜΑΛΑΚΙΟΥ-ΜΟΥΝΤΡΟΥ-ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗΣ	0.08	0.1	0.08	0.08	0.07	0.08	0.07	0.07	0.12	0.07	0.06	0.05	0.07	0.1	0.08	0.08	0.09	0.08
GR1300042	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΑΛΙΚΡΑΤΗ-ΑΣΙΔΕΡΩΤΑ	0.1	0.13	0.11	0.11	0.09	0.1	0.1	0.09	0.15	0.09	0.08	0.06	0.1	0.13	0.1	0.1	0.11	0.11
GR1300043	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΕΑΡΟΥ	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300044	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΓΕΡΑΝΙΟΥ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300051	ΠΟΡΩΔΕΣ ΒΑ. ΡΕΦΥΜΝΟΥ	0.07	0.1	0.08	0.09	0.07	0.07	0.07	0.07	0.11	0.07	0.06	0.05	0.08	0.1	0.07	0.07	0.08	0.09
GR1300052	ΠΟΡΩΔΕΣ ΒΑ. ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΡΕΦΥΜΝΟΥ (ΚΑΜΠΟΥ ΡΕΦΥΜΝΟΥ-ΠΡ	0.45	0.63	0.47	0.45	0.38	0.44	0.4	0.37	0.6	0.38	0.34	0.24	0.39	0.54	0.44	0.42	0.47	0.48

EU_CD_GW	ΟΝΟΜΑ	1991-1992	1992-1993	1993-1994	1994-1995	1995-1996	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009
GR1300053	ΠΟΡΩΔΕΣ ΒΑ.ΡΕΘΥΜΝΟΥ	0.2	0.28	0.21	0.2	0.17	0.19	0.18	0.16	0.25	0.17	0.15	0.11	0.17	0.24	0.19	0.18	0.2	0.22
GR1300054	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΡΕΘΥΜΝΟΥ	0.05	0.07	0.06	0.05	0.04	0.06	0.05	0.04	0.08	0.05	0.04	0.03	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.05
GR1300055	ΠΟΡΩΔΕΣ ΝΟΤΙΟΥ ΡΕΘΥΜΝΟΥ	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.05	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03
GR1300061	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΤΑΛΑΙΩΝ	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03
GR1300062	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΔ. ΨΗΛΟΡΕΙΤΗ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300063	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΑ. ΨΗΛΟΡΕΙΤΗ	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
GR1300064	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΕΡΗΣ-ΤΥΛΙΣΣΟΥ	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
GR1300065	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΝΑ. ΨΗΛΟΡΕΙΤΗ	0.06	0.08	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.09	0.06	0.05	0.03	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07	0.05
GR1300071	ΠΟΡΩΔΕΣ ΒΟΡΕΙΟ-ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0.33	0.51	0.36	0.29	0.27	0.28	0.31	0.32	0.45	0.31	0.26	0.21	0.32	0.37	0.35	0.35	0.37	0.39
GR1300072	ΠΟΡΩΔΕΣ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΒΟΡΕΙΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0.39	0.58	0.43	0.33	0.34	0.33	0.37	0.38	0.56	0.37	0.29	0.24	0.35	0.4	0.39	0.38	0.42	0.47
GR1300081	ΠΟΡΩΔΕΣ ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ	3.97	4.94	3.52	3.91	2.63	3.84	3.62	3.39	5.21	3.26	2.68	1.51	2.35	3.2	3.65	4.05	2.88	2.21
GR1300082	ΠΟΡΩΔΕΣ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ	1.17	1.46	1.05	1.15	0.78	1.15	1.06	0.99	1.56	0.94	0.8	0.45	0.7	0.96	1.08	1.2	0.86	0.66
GR1300083	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΟΙΡΩΝ	2.35	3.03	1.91	2.07	1.46	1.88	2.04	1.9	2.85	1.92	1.76	1.12	1.69	1.96	2.24	2.33	1.89	1.49
GR1300084	ΠΟΡΩΔΕΣ ΓΑΛΙΑΣ-ΒΑΓΙΩΝΙΑΣ-ΑΣΗΜΙΟΥ	0.66	0.96	0.62	0.61	0.43	0.59	0.62	0.63	0.91	0.57	0.55	0.34	0.52	0.54	0.65	0.72	0.57	0.51
GR1300085	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΕΣΟΧΩΡΙΟΥ	0.79	1.16	0.79	0.65	0.54	0.77	0.75	0.78	1.11	0.68	0.63	0.45	0.64	0.71	0.77	0.91	0.77	0.77
GR1300086	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΕΣΑΡΑΣ-ΝΟΤΙΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	0.71	1	0.68	0.61	0.5	0.62	0.64	0.65	0.97	0.62	0.54	0.39	0.57	0.62	0.72	0.73	0.65	0.57
GR1300091	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΟΜΠΙΑΣ-ΑΛΗΘΙΝΗΣ	0.48	0.53	0.36	0.36	0.26	0.39	0.38	0.36	0.55	0.35	0.35	0.18	0.28	0.32	0.37	0.47	0.34	0.26
GR1300092	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΥΡΓΟΥ-ΧΑΡΑΚΑ-ΦΟΥΡΝΟΦΑΡΙΓΟΥ	0.06	0.09	0.06	0.05	0.04	0.06	0.05	0.06	0.08	0.05	0.05	0.03	0.05	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05
GR1300093	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ	0.06	0.09	0.06	0.06	0.04	0.06	0.06	0.06	0.08	0.05	0.05	0.03	0.05	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05
GR1300111	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΔΙΚΤΗΣ	0.05	0.07	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.08	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05

EU_CD_GW	ΟΝΟΜΑ	1991-1992	1992-1993	1993-1994	1994-1995	1995-1996	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009
GR1300112	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΜΑΛΙΩΝ-ΣΕΛΕΝΑΣ	0.07	0.09	0.07	0.05	0.07	0.05	0.06	0.07	0.1	0.06	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08
GR1300113	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΑ. ΔΙΚΤΗΣ	0.1	0.13	0.1	0.08	0.09	0.07	0.08	0.1	0.14	0.09	0.06	0.06	0.07	0.09	0.09	0.09	0.1	0.11
GR1300114	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΛΑΚΚΩΝΙΩΝ-ΑΛΜΥΡΟΥ ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ	0.4	0.56	0.45	0.33	0.37	0.35	0.37	0.45	0.61	0.42	0.3	0.27	0.34	0.37	0.44	0.41	0.41	0.44
GR1300115	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΦΟΥΡΝΗΣ-ΕΛΟΥΝΤΑΣ	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
GR1300116	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΣΙΣΙΟΥ-ΜΙΛΑΤΟΥ-ΕΛΟΥΝΤΑΣ	0.05	0.08	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.08	0.06	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06
GR1300117	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ-ΝΟΤΙΑΣ ΔΙΚΤΗΣ	0.13	0.17	0.13	0.11	0.1	0.11	0.13	0.14	0.21	0.12	0.09	0.08	0.1	0.11	0.15	0.14	0.12	0.13
GR1300122	ΠΟΡΩΔΕΣ ΠΑΧΕΙΑΣ ΑΜΙΜΟΥ-ΚΑΛΟΥ ΧΩΡΙΟΥ	0.69	1.33	0.94	0.73	0.6	0.8	0.9	0.8	1.24	1.07	0.66	0.42	0.56	0.69	0.89	0.82	0.64	0.71
GR1300123	ΠΟΡΩΔΕΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ-ΚΑΛΟΥ ΧΩΡΙΟΥ	0.57	0.82	0.62	0.52	0.47	0.55	0.65	0.68	0.97	0.64	0.47	0.37	0.5	0.52	0.74	0.74	0.58	0.61
GR1300132	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΜΑΛΑΥΡΑΣ-ΠΑΧΕΙΑΣ ΑΜΙΜΟΥ	1.22	2.16	1.6	1.24	1.12	1.47	1.52	1.42	2.13	1.74	1.16	0.81	1.09	1.25	1.63	1.53	1.23	1.37
GR1300141	ΠΟΡΩΔΕΣ ΣΗΤΕΙΑΣ-ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΑΔΩΝ-ΑΓΙΑΣ ΤΡΙΑΔΑΣ	0.56	0.83	0.7	0.54	0.47	0.99	0.65	0.55	0.76	0.66	0.45	0.38	0.53	0.57	0.67	0.67	0.56	0.59
GR1300142	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΟΥΤΣΟΥΡΑ-ΜΑΚΡΥΓΙΑΛΟΥ	0.23	0.38	0.29	0.23	0.2	0.28	0.27	0.26	0.38	0.3	0.2	0.15	0.2	0.23	0.29	0.28	0.23	0.25
GR1300143	ΠΟΡΩΔΕΣ ΣΚΟΠΗΣ-ΣΗΤΕΙΑΣ	0.54	0.87	0.75	0.55	0.55	0.78	0.62	0.58	0.94	0.74	0.56	0.43	0.51	0.57	0.76	0.7	0.65	0.67
GR1300144	ΠΟΡΩΔΕΣ ΓΟΥΔΟΥΡΑ	0.34	0.5	0.41	0.32	0.29	0.59	0.38	0.34	0.46	0.4	0.28	0.23	0.31	0.34	0.4	0.4	0.34	0.36
GR1300152	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΑ. ΑΠΟΛΗΞΕΩΝ ΟΡΕΩΝ ΖΑΚΡΟΥ	0.17	0.26	0.21	0.16	0.15	0.39	0.18	0.17	0.23	0.23	0.15	0.12	0.15	0.18	0.21	0.2	0.18	0.2
GR1300153	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΩΝ ΑΠΟΛΗΞΕΩΝ ΟΡΕΩΝ ΖΑΚΡΟΥ	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
GR1300161	ΠΟΡΩΔΕΣ ΦΟΙΝΙΚΟΔΑΣΟΥΣ ΒΑΙ	0.86	1.24	1	0.68	0.65	1.23	0.74	0.76	1.36	1.41	0.82	0.55	0.65	1.07	1.19	1	0.86	0.92

EU_CD_GW	ΟΝΟΜΑ	1991-1992	1992-1993	1993-1994	1994-1995	1995-1996	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009
GR1300162	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΟΝΗΣ ΤΟΠΛΟΥ-ΠΑΛΑΙΚΑΣΤΡΟΥ-ΞΗΡΟΚΑΜΠΟΥ	0.39	0.57	0.47	0.33	0.31	0.65	0.36	0.36	0.58	0.59	0.36	0.26	0.32	0.46	0.52	0.46	0.4	0.43
GR1300171	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΑΣ	0.07	0.09	0.1	0.08	0.07	0.05	0.06	0.06	0.09	0.06	0.06	0.04	0.07	0.09	0.07	0.06	0.08	0.08
GR1300172	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΧΡΥΣΟΣΚΑΛΠΙΣΣΑΣ	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0.01	0	0.01	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0	0.01	0.01
GR1300173	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΑΝΤΑΝΟΥ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300180	ΠΟΡΩΔΕΣ ΦΡΑΓΚΟΚΑΣΤΕΛΟΥ	0.13	0.15	0.13	0.13	0.11	0.1	0.11	0.11	0.16	0.11	0.1	0.07	0.12	0.15	0.11	0.11	0.13	0.13
GR1300190	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΧΑΝΙΩΝ	0.38	0.46	0.48	0.42	0.35	0.29	0.35	0.3	0.45	0.32	0.33	0.24	0.37	0.44	0.39	0.33	0.42	0.4
GR1300200	ΠΟΡΩΔΕΣ ΧΡΥΣΟΣΚΑΛΠΙΣΣΑΣ	0.05	0.06	0.07	0.06	0.05	0.04	0.05	0.04	0.06	0.05	0.05	0.03	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06
GR1300210	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΡΕΘΥΜΝΟΥ	0.74	0.95	0.79	0.77	0.63	0.79	0.69	0.65	1.16	0.7	0.61	0.44	0.68	0.91	0.78	0.81	0.83	0.73
GR1300220	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ	0.9	1.26	0.83	0.79	0.58	0.84	0.8	0.84	1.19	0.74	0.71	0.41	0.64	0.68	0.82	0.93	0.73	0.66
GR1300231	ΠΟΡΩΔΕΣ ΟΡΟΠΕΔΙΟΥ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	0.06	0.08	0.07	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.1	0.06	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.08
GR1300232	ΠΟΡΩΔΕΣ ΕΜΠΑΡΟΥ-ΠΑΝΑΓΙΑΣ	2.17	3.29	2.41	1.86	1.89	1.94	1.98	2.32	3.71	2.1	1.65	1.36	1.85	2.03	2.3	2.15	2.15	2.12
GR1300233	ΠΟΡΩΔΕΣ ΑΝΩ ΒΙΑΝΝΟΥ	0.94	1.4	1	0.8	0.73	0.85	0.85	0.98	1.5	0.83	0.7	0.56	0.73	0.81	1	0.9	0.86	0.85
GR1300234	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΕΡΑΤΟΚΑΜΠΟΥ-ΑΡΒΗΣ	0.57	0.86	0.6	0.5	0.41	0.54	0.55	0.65	0.94	0.5	0.46	0.35	0.44	0.52	0.71	0.54	0.51	0.47
GR1300240	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΔΙΚΤΗΣ	1.89	2.65	2.03	1.59	1.64	1.61	1.75	2.04	3.06	1.81	1.35	1.16	1.52	1.69	1.98	1.8	1.86	2.03
GR1300250	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΨΗΛΟΡΕΙΤΗ	0.76	1.08	0.77	0.73	0.65	0.71	0.71	0.66	0.99	0.67	0.57	0.43	0.68	0.86	0.84	0.82	0.83	0.78
GR1300260	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΟΡΕΩΝ ΖΑΚΡΟΥ	0.15	0.22	0.18	0.14	0.12	0.31	0.15	0.14	0.2	0.19	0.13	0.1	0.13	0.15	0.18	0.17	0.15	0.16
GR1300270	ΠΟΡΩΔΕΣ ΓΑΛΔΟΥ	0	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0.01	0	0	0.01	0.01
GR1300280	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΓΑΛΔΟΥ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300290	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΠΟΥΧΤΑΣ-ΟΕΥ ΚΕΦΑΛΙ (ΔΑΜΑΝΙΩΝ-ΛΑΡΑΝΙΟΥ)	0.16	0.24	0.18	0.14	0.13	0.14	0.15	0.16	0.23	0.15	0.13	0.1	0.16	0.17	0.17	0.17	0.16	0.17
GR1300301	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΟΥΧΤΑ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

EU_CD_GW	ΟΝΟΜΑ	1991-1992	1992-1993	1993-1994	1994-1995	1995-1996	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009
GR1300302	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΔΑΜΑΝΙΩΝ-ΛΑΡΑΝΙΟΥ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300311	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΑΙΝΟΥΡΓΙΟΥ ΧΩΡΙΟΥ-ΣΜΑΡΙΟΥ	0.04	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.06	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.05
GR1300312	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ-ΓΟΥΒΩΝ-ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ	0.07	0.1	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.11	0.07	0.05	0.04	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07	0.08
GR1300320	ΡΩΓΜΩΔΕΣ ΟΡΝΟΥ-ΘΡΥΠΤΗΣ	0.45	0.73	0.58	0.44	0.4	0.59	0.53	0.48	0.71	0.58	0.39	0.3	0.4	0.46	0.56	0.54	0.45	0.48
GR1300321	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΓΡΑΜΒΟΥΣΑΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300322	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΣΠΑΘΑΣ (ΡΟΔΩΠΟΥ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300323	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ (ΣΟΥΔΑΣ)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
GR1300324	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΑΠΟΚΟΡΩΝΑ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300330	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΓΥΦΩΝ ΚΡΗΤΗΣ	0.04	0.06	0.05	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.06	0.04	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04
GR1300340	ΝΗΣΙΔΕΣ ΚΡΗΤΗΣ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300101	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΑΣΤΕΛΙΟΥ	0.45	0.7	0.51	0.38	0.41	0.4	0.43	0.48	0.74	0.45	0.34	0.3	0.41	0.47	0.49	0.42	0.5	0.55
GR1300102	ΠΟΡΩΔΕΣ ΡΟΥΣΟΧΩΡΙΩΝ	0.69	1.07	0.77	0.59	0.59	0.61	0.64	0.73	1.14	0.67	0.54	0.44	0.61	0.66	0.73	0.68	0.71	0.71
GR1300121	ΠΟΡΩΔΕΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ-ΚΕΝΤΡΙΟΥ	0.44	0.66	0.5	0.41	0.36	0.44	0.5	0.5	0.75	0.5	0.37	0.28	0.37	0.4	0.55	0.54	0.43	0.46
GR1300124	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΥΡΤΟΥ	0.72	0.86	0.64	0.63	0.42	0.57	0.72	0.72	1.2	0.63	0.57	0.4	0.54	0.54	0.88	1.08	0.65	0.58
GR1300151	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΟΡΕΩΝ ΖΑΚΡΟΥ	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
GR1300154	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΟΡΕΩΝ ΠΗΓΗΣ ΖΟΥ	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR1300131	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΟΡΝΟΥ	0.06	0.09	0.07	0.06	0.05	0.08	0.07	0.06	0.09	0.07	0.05	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.06	0.06
GR1300134	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΕΥΚΩΝ - ΜΑΡΩΝΙΑΣ	0.1	0.15	0.13	0.1	0.09	0.15	0.12	0.1	0.15	0.12	0.08	0.07	0.1	0.1	0.13	0.13	0.1	0.1
GR1300133	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΘΡΥΠΤΗΣ	0.17	0.29	0.22	0.17	0.14	0.2	0.2	0.19	0.28	0.23	0.15	0.1	0.14	0.16	0.21	0.2	0.16	0.17

3.8 Παραδείγματα εφαρμογής Σχεδιασμού Αντιμετώπισης της ξηρασίας- λειψυδρίας

Όπως έχει ήδη αναφερθεί ο Σχεδιασμός για την αντιμετώπιση της ξηρασίας δεν έχει προχωρήσει στα περισσότερα κράτη του κόσμου. Ωστόσο, αξίζει να αναφερθούν κάποια σημαντικά παραδείγματα χωρών που είτε έχουν κάνει προσπάθειες προς την κατεύθυνση του Σχεδιασμού, είτε ακόμη έχουν να παρουσιάσουν ολοκληρωμένα Σχέδια για την αντιμετώπιση της ξηρασίας.

Ένα από τα καλύτερα παραδείγματα σχεδιασμού για την ξηρασία αποτελεί το Επιχειρησιακό Σχέδιο της Seville στην Ισπανία. Η εταιρία ύδρευσης της Seville δημιούργησε και διένειμε σε όλους τους ενδιαφερόμενους ένα σχέδιο αντιμετώπισης της ξηρασίας που ονόμασε «Εγχειρίδιο για την Ξηρασία». Στο σχέδιο περιγράφονται οι δράσεις που θα πρέπει να αναληφθούν σε κάθε στάδιο ξηρασίας αλλά και τα κριτήρια έναρξης εφαρμογής των διαφόρων δράσεων. Το σχέδιο περιγράφει επίσης τη δημιουργία Ειδικής Επιτροπής Αντιμετώπισης, αλλά και το πλαίσιο συμφωνιών που πρέπει να επιτευχθεί με άλλους φορείς για την αντιμετώπιση ενός γεγονότος ξηρασίας (UNEP/PAP/RAC, 2007).

Τα περισσότερα ωστόσο σχέδια αντιμετώπισης προέρχονται από τις Ηνωμένες Πολιτείες, όπου αρκετές από τις πολιτείες έχουν υιοθετήσει το σχεδιασμό για την ξηρασία και έχουν δημιουργήσει ολοκληρωμένα σχέδια για την αντιμετώπιση της. Παράδειγμα τέτοιου σχεδιασμού αποτελεί το Επιχειρησιακό Σχέδιο για την ξηρασία της Arizona (ADPP, 2004) στο οποίο περιγράφονται αναλυτικά οι ενέργειες της Πολιτείας, των διαφόρων φορέων, αλλά και των πολιτών για την αντιμετώπιση ενός γεγονότος ξηρασίας. Αντίστοιχη προσπάθεια έχει γίνει στη Massachusetts (MDMP, 2001), όπου έμφαση δίνεται τόσο στην αναγνώριση της ξηρασίας, όσο και στο θεσμικό πλαίσιο, με αναλυτική περιγραφή της Ειδικής Επιτροπής Αντιμετώπισης, αλλά και του ρόλου των διαφόρων φορέων στην αντιμετώπιση της ξηρασίας. Οι δομή του σχεδιασμού, οι προτεραιότητες και οι φορείς, αλλά και ο ρόλος των ομάδων εργασίας και το πλαίσιο των δράσεων περιγράφονται στο Σχέδιο Ξηρασίας του New Mexico (NMDP, 2003).

Μια πραγματικά ενδιαφέρουσα περίπτωση αποτελεί το Σχέδιο Διαχείρισης της Ξηρασίας που έχει συνταχθεί από το Τμήμα Γεωργίας, Δασών και Αλιείας της Δημοκρατίας της Νοτίου Αφρικής. Το Σχέδιο βασίζεται στο ολοκληρωμένο θεσμικό πλαίσιο, στην αξιολόγηση των κινδύνων και τον σχεδιασμό περιορισμού τους και στις ενέργειες αντίδρασης και αποκατάστασης. Σύμφωνα με το Σχέδιο η διαχείριση της ξηρασίας διέπεται από δράσεις πληροφόρησης και επικοινωνίας, εκπαίδευσης και κατάρτιση, ευαισθητοποίησης του κοινού, έρευνας και φυσικά της κατάλληλης χρηματοδότησης (DMP, 2005). Χαρακτηριστικό του Σχεδίου αυτού είναι ότι όπως αναφέρεται ακόμη και στο εξώφυλλο, αποτελεί ένα κείμενο

διαβούλευσης για σχολιασμό από το κοινό.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ

Στο τεύχος αυτό παρουσιάσθηκε αναλυτικά η διαδικασία εκτίμησης της σφοδρότητας της ξηρασίας στις ομάδες υπολεκανών απορροής της Κρήτης με βάση δύο επιλεγμένους δείκτες ξηρασίας (SPI και aSPI) για όλη την περίοδο του διαθέσιμου ιστορικού δείγματος. Η μεταφορά από τις σημειακές τιμές των επιλεγμένων μετεωρολογικών σταθμών στις τιμές που αναφέρονται στις επιφάνειες των ομάδων υπολεκανών έγινε με δύο μεθόδους χωρικής αναγωγής τη γεωστατιστική μέθοδο kriging (Empirical Bayesian kriging) και τη ντετερμινιστική μέθοδο της αντίστροφης απόστασης (IDW- inverse distance weighting) για ετήσιες περιόδους αναφοράς. Στην περίπτωση χρήσης του δείκτη aSPI υπολογίσθηκαν οι τιμές σφοδρότητας για περίοδο αναφοράς 9 μήνες.

Επίσης στο τεύχος παρουσιάσθηκαν εκτενώς όλες οι διαδικασίες για το Σχεδιασμό ενός αποδοτικού Συστήματος παρακολούθησης και πρόγνωσης της ξηρασίας που ξεκινούν από τα μηνιαία βροχομετρικά δεδομένα των επιλεγμένων μετεωρολογικών σταθμών για το πρώτο τρίμηνο του υδρολογικού έτους και καταλήγουν με κατάλληλο προσδιορισμό των πιθανοτήτων μετάβασης σε πρόγνωση των 6, 9 και 12 μηνών του υδρολογικού έτους.

Σημαντικό θέμα στην εκτίμηση της σοβαρότητας της κατάστασης ξηρασίας- λειψυδρίας της κάθε ομάδας υπολεκανών που εξετάζεται, αποτελεί βεβαίως το σύντομο ιστορικό παρελθόν (κατάσταση ξηρασίας τα προηγούμενα 1-3 έτη) καθώς και το ύψος των διαθέσιμων υδατικών αποθεμάτων (επιφανειακών και υπόγειων) στην αρχή του υδρολογικού έτους.

Συμπερασματικά η υπεύθυνη ομάδα (task force) για κάθε ομάδα υπολεκανών ελέγχει το επίπεδο ξηρασίας του πρώτου τριμήνου κάνει πρόγνωση για την κατάσταση ξηρασίας για 6, 9, 12 μήνες και αν πρόκειται για ξηρό έτος συνυπολογίζει στο επίπεδο επικινδυνότητας για την ομάδα υπολεκανών (και το μέγεθος των επιπτώσεων) και τα διαθέσιμα αποθέματα στην αρχή του υδρολογικού έτους και την κατάσταση ξηρασίας των πιο πρόσφατων ετών.

Τέλος στο τεύχος αυτό τονίζεται και η ανάγκη για λήψη αποφάσεων αντιμετώπισης της ξηρασίας και της λειψυδρίας με την ουσιαστική επιστημονική και διοικητική υποστήριξη και τη συμμετοχή των ενδιαφερομένων και του κοινού σε όλη την περίοδο εκδήλωσης μιας σημαντικής ξηρασίας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Akhtari, R., Morid, S., Mahdian, M.H. and Smakhtin, V., 2009. Assessment of areal interpolation methods for spatial analysis of SPI and EDI drought indices. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 29(1), 135-145.
- Arizona Drought Preparedness Plan (ADPP), 2004. Arizona Drought Preparedness Plan – Operational Drought Plan, Governor’s Drought Task Force, Governor Janet Napolitano, October 8, 2004.
- Arnstein, S.R., 1969. A Ladder of Citizens’ Participation. *Journal of the American Institute of Planners*, 35(4): 216-224.
- Cai W., Zhang Y., Yao Y., Chen Q. 2015. Probabilistic analysis of drought spatiotemporal characteristics in the Beijing-Tianjin-Hebei metropolitan area in China. *Atmosphere*, 6(4), 431-450.
- Chilès, J-P., and P. Delfiner (1999). Chapter 4 of *Geostatistics: Modeling Spatial Uncertainty*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Commission of the European Communities (ComEC), 2001. European Governance: A White Paper, COM(2001) 428. European Commission: Brussels, p. 35.
- Commission of the European Communities (ComEC), 2002. Guidance on Public Participation in Relation to the Water Framework Directive – Active Involvement, Consultation and Public Access to Information. Common Implementation Strategy Working Group 2.9. European Commission: Brussels.
- Department of the Environment, Transport and the Regions (DETR), 2000. Public Participation in Making Local Environmental Decisions - The Aarhus Convention Newcastle Workshop - Good Practice Handbook. DETR: London (product code OEP 0330).
- Drought Management Plan (DMP), 2005. Drought Management Plan: A discussion Document for Public Comment, Republic of South Africa, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, August 2005.
- Glinni A.F., Sivakumar M.V.K. and Wilhite D.A., 2001. Drought management and preparedness - WMO perspective. Proceedings of the Mitigation of Climate Induced Natural Hazards Workshop, 12-13 December 2001, WL | Delft Hydraulics, Delft, The Netherlands.
- IAP2, 2007. IAP2 Spectrum of Public Participation. International Association for Public Participation, available at: <http://www.iap2.org>.
- Karavitis C.A., Tsesmelis D.E., Skondras N.A., Stamatakos D., Alexandris S., Fassouli V., et al. 2014. Linking drought characteristics to impacts on a spatial and temporal scale. *Water Policy* 16(6): 1172-1197
- Kim T., Valdes J.B., Aparicio J., 2002. Frequency and spatial characteristics of droughts in the Conchos River Basin, Mexico. *Water International*, 27(3): 420-430.

- Krivoruchko, K. and Gribov, A., 2019. Evaluation of empirical Bayesian kriging. *Spatial Statistics*, 32, 100368.
- Krivoruchko, K., Empirical Bayesian Kriging implemented in ArcGIS Geostatistical Analyst. *ArcUser* 2012.
- Loukas A., Vasiliades L., 2004. Probabilistic analysis of drought spatiotemporal characteristics in Thessaly region, Greece. *Natural Hazards and Earth System Science*, 4(5/6): 719-731.
- Massachusetts Drought Management Plan (MDMP), 2001. Working Draft: Massachusetts Drought Management Plan, Executive Office of Environmental Affairs and Massachusetts Emergency management Agency, December 20, 2001.
- New Mexico Drought Plan (NMDP), 2003. New Mexico Drought Task Force, New Mexico Drought Plan, November 2003.
- Pimbert M. and Wakeford T., 2001. Overview, Deliberative Democracy and Citizen Empowerment. *PLA Notes*, 40: 23-28.
- Rhee, J., Carbone, G.J. and Hussey, J., 2008. Drought index mapping at different spatial units. *Journal of Hydrometeorology*, 9(6), 1523-1534.
- Rossi G., Castiglione L. and Bonaccorso B., 2007. Guidelines for Planning and Implementing Drought Mitigation Measures. In: G. Rossi, T. Vega and B. Bonaccorso (Eds.), *Methods and tools for drought analysis and management*, Springer (Water Science and Technology Library, Volume 62), Dordrecht 2007, The Netherlands, ISBN: 978-1-4020-5923-0, pp. 325-347.
- Tigkas D., Vangelis H., Tsakiris G., 2019. Drought characterisation based on an agriculture-oriented standardised precipitation index. *Theoretical and Applied Climatology*, 135(3–4): 1435–1447.
- Tsakiris G., 2008. Drought Induced Water Shortage Management: An Overview. In: G. Tsakiris (Ed.), *Proactive Management of Water Systems to Face Drought and Water Scarcity in Islands and Coastal Areas of the Mediterranean (PRODIM) – Final Report*. CANaH Publication 6/08, Athens 2008, pp. 9-22.
- Tsakiris G., Pangalou D., Tigkas D., Vangelis H., 2007a. Assessing the areal extent of drought. In: Karatzas G. et al. (eds.), *Proceedings of EWRA Symposium “Water resources management: New approaches and technologies”*, Chania, Greece, pp. 59-66.
- Tsakiris G., Tigkas D., Vangelis H. and Pangalou D., 2007. Application of the Drought Management Guidelines in Greece (Chapter 16). In: *Drought Management Guidelines Technical Annex*, A. Iglesias, M. Moneo, A. Lopez-Francos (Eds.), CIHEAM/EC MEDAWater (Series B: Etudes et Recherches, No. 58, Options Méditerranéennes), Zaragoza, ISBN: 2-85352-359-4, pp. 245-295.
- Tsakiris G., Tigkas D., Vangelis H., Pangalou D., 2007b. Regional Drought Identification and Assessment - Case Study in Crete. In: Rossi G. et al. (eds.), *Methods and Tools for Drought Analysis and Management*, Springer, The Netherlands, pp.169-191.
- Tsakiris G., Vangelis H. and Tigkas D., 2009. Assessment of Water Systems Vulnerability to Drought. *Proceedings of the Seventh International Conference of EWRA “Water*

- Resources Conservancy and Risk Reduction under Climatic Uncertainty”, Limassol, 25-27 June 2009, Cyprus, pp. 333-340.
- Tsakiris G., Vangelis H. and Tigkas D., 2010. Assessing Water System Vulnerability to Multi-year Droughts. *European Water*, 29: 21-29.
- Tsakiris G., Vangelis H., 2004. Towards a Drought Watch System based on spatial SPI. *Water Resources Management*, 18(1): 1-12.
- Tsakiris, G. 2009. A Paradigm for Applying Risk and Hazard Concepts in Proactive Planning. In: A. Iglesias, L. Garrote, A. Cancelliere, F. Cubillo and D. Wilhite (Eds.), *Coping with drought risk in Agriculture and Water Supply Systems, Drought Management and Policy Development in the Mediterranean*, Springer (Advances in Natural and Technological Hazards Research, Volume 26), Springer Science+Business Media B.V. 2009, ISBN: 978-1-4020-9044-8, pp. 81-99.
- UNEP/PAP/RAC, 2007. “Integrated Coastal Urban Water System Planning in Coastal Areas of the Mediterranean – Volume II: Tools and Instruments”, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, Chapter 8, pp. 93-106.
- Vangelis H., 2008. Measures to combat Drought and Water Shortage: Public Participation through Questionnaires. In: G. Tsakiris (Ed.), *Proactive Management of Water Systems to Face Drought and Water Scarcity in Islands and Coastal Areas of the Mediterranean (PRODIM) – Final Report*. CANaH Publication 6/08, Athens 2008, pp. 407-414
- Vicente-Serrano S.M. 2006. Differences in spatial patterns of drought on different time scales: an analysis of the Iberian Peninsula. *Water Resources Management*, 20(1): 37-60.
- Videira N., Antunes P., Santos R. and Lobo G., 2006. Public and Stakeholder Participation in European Water Policy: a Critical Review of Project Evaluation Processes. *European Environment*, 16:19-31.
- Wilhite D.A., 1993. The Enigma of Drought (Chapter 1, Part One). In: *Drought Assessment, Management and Planning: Theory and Case Studies*, D.A. Wilhite (ed.), Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts, ISBN: 0-7923-9337-6, pp. 3-15.
- Yuan, S., Quiring, S.M. and Patil, S., 2016. Spatial and temporal variations in the accuracy of meteorological drought indices. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 42(1), 167-183.
- Zheng, X. and Basher, R., 1995. Thin-plate smoothing spline modeling of spatial climate data and its application to mapping South Pacific rainfalls. *Monthly weather review*, 123(10), 3086-3102.
- Μυριούνης Χ.Τ., 2008. Υδρολογική και υδροχημική διερεύνηση των υπογείων νερών της παράκτιας ζώνης της υδρολογικής λεκάνης Αλμυρού Μαγνησίας. Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



11th World Congress on Water Resources and Environment (EWRA 2019)
"Managing Water Resources for a Sustainable Future", 25-29 June 2019, Madrid, Spain
© European Water Resources Association

Drought monitoring and early warning framework

G. Tsakiris^{*}, H. Vangelis, D. Tigkas, V. Tsakiris

Centre for the Assessment of Natural Hazards and Proactive Planning, National Technical University of Athens, Greece

* e-mail: gtsakir@central.ntua.gr

Introduction

Droughts are recurrent natural multidimensional phenomena affecting almost all regions of the world. Drought monitoring is a fundamental necessary process for assessing the severity of each drought episode, in order to initiate actions and measures for protecting the affected systems from droughts (Tsakiris 2017; Wilhite 1993). The monitoring of meteorological droughts should be based on a dense meteorological network including principally precipitation and temperature measurements. The data of the meteorological variables can then be transferred to the unit area of the study region (Tsakiris et al. 2016). Drought severity at each unit area is assessed through the calculation of some drought indices such as SPI (McKee et al. 1993) and RDI (Tsakiris and Vangelis 2005; Tsakiris et al. 2007a). Drought maps can be produced for each reference period starting from the first trimester of the year commencing in October (Tsakiris et al. 2007b).

The forecasting process starts with the severity level of the first trimester and through existing historical drought events, the transition probabilities to each severity level of the 12-month reference period are calculated. The forecasting uncertainty is reduced as we proceed from the 3-month reference period to greater reference periods (e.g. 6 or 9 months).

The forecasting process is the basis for establishing an early warning system in which apart from the technocratic aspects, the organisational / institutional dimension, the implementation process and the participation of stakeholders are also considered. For simplicity the last two aspects can be incorporated in the organisational / institutional dimension.

Materials and methods

The methodological steps in the decisional procedure on the measures and actions to be taken for each river basin (as proposed by the water resources management plans of the WFD) during a year with signs of drought can be divided into two broad categories:

- a) Technocratic
- b) Organizational / institutional

On the technocratic dimension the following basic steps should be followed:

1. The meteorological stations to be used are selected
2. The meteorological indices should be selected
3. The partition and integration of each basin regarding the drought indices selected should be devised
4. The potential consequences at each basin for each level of drought severity should be calculated
5. The levels alert and emergency should be established at each basin
6. Drought severity analysis should be performed leading to transition probabilities from 3 to 6, from 6 to 9 and from 9 to 12-month reference periods
7. Forecasts of drought severity and reports on possible actions should be made considering the initial conditions and the capacity of each system to cope with drought phenomena

On the organizational / institutional side the methodological steps to be followed are:

1. Establishment of the task force and supporting scientific team
2. Assignment of responsibilities, coordination, synergies and financial support
3. Decisional procedure for early warning announcements and actions (involving also key stakeholders)
4. Inventory of droughts and consequences (from the supporting scientific team)

5. Cooperation with local authorities and central government
6. Public awareness and mobilization of people
7. Detailed implementation process of measures and actions

Results and concluding remarks

A comprehensive preparedness planning for combating drought and drought consequences mainly contains technocratic and organizational / institutional aspects. The territorial units on which drought monitoring and warning framework is established are the river basins of WFD implementation plans.

A number of necessary steps both on the technocratic and organizational dimensions should be taken at times not affected by the intense / severe drought episodes.

The assignment of responsibilities, the establishment of a competent task force and the supporting scientific team, and the clear decisional process involving key stakeholders, are among the most important issues for a successful preparedness plan against droughts of each river basin.

References

- Mckee TB, Doeskin NJ, Kleist J (1993) The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim, 17–23 January 1993. American Meteorological Society, Boston, pp 179-184
- Tsakiris G (2017) Drought Risk Assessment and Management. *Water Resources Management* 31(10):3083-3095. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1698-2>
- Tsakiris G, Kordalis N, Tigkas D, Tsakiris V, Vangelis H (2016) Analysing Drought Severity and Areal Extent by 2D Archimedean Copulas. *Water Resources Management* 30:5723–5735. <http://doi.org/10.1007/s11269-016-1543-z>
- Tsakiris G, Pangalou D, Vangelis H (2007a) Regional drought assessment based on the Reconnaissance drought index (RDI). *Water Resources Management* 21(5): 821-833. <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9105-4>
- Tsakiris G, Tigkas D, Vangelis H, Pangalou D. (2007b) Regional Drought Identification and Assessment. Case Study in Crete. In: Rossi G, Vega T, Bonaccorso B (eds), *Methods and Tools for Drought Analysis and Management*, Water Science and Technology Library, vol 62, Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5924-7_9
- Tsakiris G, Vangelis H (2005) Establishing a drought index incorporating evapotranspiration. *European Water* 9-10:3-11
- Wilhite DA (1993) The Enigma of Drought. In: Wilhite DA et al. (eds) *Drought Assessment, Management, and Planning: Theory and Case Studies*. Natural Resource Management and Policy, vol 2, Springer, Boston, MA

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΡΗΤΗΣ
ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΗΣ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΥΔΑΤΩΝ

ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ -
ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 3

ΣΧΕΔΙΟ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ - ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΣΤΗΝ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΕΔΙΟ ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΡΙΑΣ ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗΣ
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΡΗΤΗΣ

Ανάδοχος:

- SEEMAN SMART ENVIRONMENTAL ENGINEERING AND MANAGEMENT ΔΙΩΤΙΚΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥΧΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ, με δ.τ. SEEMAN ENVIRONMENTAL
- ΣΑΒΒΑΣ Ν. ΠΑΡΙΤΣΗΣ ΓΡΑΦΕΙΟ ΜΕΛΕΤΩΝ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ ΙΚΕ, με δ.τ. ΣΑΒΒΑΣ Ν. ΠΑΡΙΤΣΗΣ

Ηράκλειο, Απρίλιος 2021

**ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ – ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ**

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 3

**ΣΧΕΔΙΟ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ - ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ**

ΑΝΤΙ ΠΡΟΛΟΓΟΥ

Το έργο «Κατάρτιση Σχεδίου Δράσης για την Αντιμετώπιση Ξηρασίας - Λειψυδρίας στην Περιφέρεια Κρήτης» ανατέθηκε με την υπογραφή της σχετικής σύμβασης στις 11/9/2019.

Το έργο χωρίστηκε σε τρία στάδια (πακέτα εργασιών) που αντιστοιχούν σε τρεις περιόδους με 3 παραδοτέα αντίστοιχα.

Το παρόν τεύχος αποτελεί την τελική έκδοση του 3^ο Παραδοτέου του έργου που υποβάλλεται από τον Ανάδοχο μετά τις παρατηρήσεις της υπηρεσίας στη Διευθύνουσα Υπηρεσία για έγκριση.

Στο τρίτο παραδοτέο αναπτύσσονται τα αντικείμενα 3.9 μέχρι και 3.14 όπως αναφέρονται στο τεύχος τεχνικών δεδομένων της Διακήρυξης του έργου.

Σημειώνεται ότι για την τελική διαμόρφωση του παρόντος «Σχεδίου Δράσης για την Αντιμετώπιση Ξηρασίας – Λειψυδρίας στην Περιφέρεια Κρήτης», έλαβε χώρα δημόσια διαβούλευση (αντικείμενο 3.13 του Τεύχους Τεχνικών Δεδομένων της παρούσας σύμβασης) κατά το χρονικό διάστημα 4/03/2021 – 18/03/2021.

Ουσιαστικά το παρόν τεύχος αντιστοιχεί στο «Σχέδιο Δράσης για την Αντιμετώπιση Ξηρασίας – Λειψυδρίας στην Περιφέρεια Κρήτης» (αντικείμενο 3.14 του Τεύχους Τεχνικών Δεδομένων της παρούσας σύμβασης) που εμπεριέχει ταυτόχρονα το σύνολο των αντικείμενων 3.9 έως 3.13.

Ευχαριστίες εκφράζονται στα στελέχη της Διεύθυνσης Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης για τις παρατηρήσεις επί του αρχικού κειμένου του 3^{ου} Παραδοτέου και την ενεργή συμμετοχή τους στη διαμόρφωση του παρόντος Σχεδίου, καθώς και στους φορείς που συμμετείχαν στη δημόσια διαβούλευση για τις προτάσεις τους, οι οποίες αξιολογήθηκαν κατά περίπτωση θετικά και ενσωματώθηκαν.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΑΝΤΙ ΠΡΟΛΟΓΟΥ	V
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1 ΓΕΝΙΚΑ	7
1.2 ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ - ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ	7
1.3 ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ	11
2. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΦΟΔΡΟΤΗΤΑΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ - ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ	14
2.1 ΔΕΙΚΤΕΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ	14
2.1.1 Standardised Precipitation Index (SPI)	15
2.1.2 Agricultural Standardised Precipitation Index (aSPI)	16
2.2 ΔΕΙΚΤΕΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ	17
2.2.1 Δείκτης Rex	17
2.3 ΑΛΛΟΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ	18
2.3.1 Συμπληρωματικοί δείκτες ξηρασίας	19
2.3.2 Συμπληρωματικοί δείκτες λειψυδρίας	19
3. ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΚΡΗΤΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ - ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ	21
3.1 ΛΕΚΑΝΕΣ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ	21
3.2 ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ	22
4. ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ - ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ	27
4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ	27
4.2 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ - ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ	28
4.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΧΡΟΝΟ	29
4.4 ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	32
5. ΦΟΡΕΙΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ – ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ	35
5.1 ΕΙΔΙΚΗ ΕΠΙΤΕΛΙΚΗ ΟΜΑΔΑ (TASK FORCE)	35
5.2 ΚΕΝΤΡΟ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ (ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΡΙΟ ΞΗΡΑΣΙΑΣ – ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ)	35
5.2.1 Δομή του Παρατηρητηρίου	35
5.2.2 Λειτουργία του Παρατηρητηρίου	36
5.3 ΕΠΙΤΡΟΠΕΣ ΑΝΑ ΧΩΡΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	41
5.4 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	42
5.5 ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ	43
5.6 ΟΔΗΓΙΕΣ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΑ ΕΓΓΡΑΦΑ ΑΝΑ ΦΟΡΕΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ	45
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	46
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΕΝΤΥΠΑ ΦΟΡΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΞΗΡΑΣΙΑ/ΛΕΙΨΥΔΡΙΑ	51
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: ΦΟΡΕΙΣ ΚΑΙ ΑΡΜΟΔΙΟΤΗΤΕΣ	56
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3: ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΕΛΤΙΟ ΤΥΠΟΥ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΥΔΑΤΩΝ 2018	63
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ 2018	65
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΒΟΥΛΕΥΣΗΣ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	69
ΥΠΟΓΡΑΦΕΣ - ΘΕΩΡΗΣΕΙΣ	72

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το νερό είναι ένα από τα κύρια συστατικά της ζωής και έχει αποτελέσει διαχρονικά βασικό θεμέλιο δόμησης και ανάπτυξης των ανθρώπινων κοινωνιών. Στις σημερινές συνθήκες, εκτός από τις βασικές ανάγκες ύδρευσης, η επάρκεια υδατικών πόρων συνδέεται άμεσα με σειρά ανθρώπινων δραστηριοτήτων, όπως η αγροτική παραγωγή, η βιομηχανία, ο τουρισμός, κ.α., αλλά και την κατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος. Συνεπώς, η διασφάλιση των υφιστάμενων υδατικών πόρων και η θωράκισή τους απέναντι σε φυσικούς ή άλλους κινδύνους είναι θεμελιώδες στοιχείο, τόσο για την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη μίας περιοχής, αλλά και για την διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας.

Η ξηρασία είναι ένα από τα φυσικά φαινόμενα που συνδέονται άμεσα με τη μείωση του διαθέσιμου νερού. Οι επιπτώσεις της στο περιβάλλον γενικά, αλλά και στη ζωή των ανθρώπων ειδικότερα, μπορεί να είναι εξαιρετικά σημαντικές. Η ξηρασία εμπίπτει απόλυτα στον συνήθη ορισμό του φυσικού κινδύνου, που θεωρείται ως «η κατάσταση που έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει γεγονός το οποίο θα έχει επικίνδυνη επίδραση στους ανθρώπους, προερχόμενη από τις φυσικές διαδικασίες του περιβάλλοντος, που μπορεί να συσχετίζεται ή και να προέρχεται από άλλους φυσικούς κινδύνους». Η λειψυδρία συχνά συνδέεται άμεσα με τα φαινόμενα ξηρασίας, αλλά μπορεί να προκαλείται και από άλλους παράγοντες, που συνήθως σχετίζονται με την διαχείριση των υδατικών πόρων.

Συνεπώς, η ύπαρξη ενός σχεδίου δράσης για την αντιμετώπιση των φαινομένων της ξηρασίας και της λειψυδρίας αποτελεί σημαντικό εργαλείο, τόσο για την έγκαιρη αναγνώρισή τους, όσο και για την επιλογή των κατάλληλων μέτρων από τους αρμόδιους φορείς για τον περιορισμό των αρνητικών επιπτώσεων που μπορεί να υπάρξουν. Ιδιαίτερα σε νησιωτικές περιοχές, όπως η Κρήτη, όπου οι τομείς δραστηριότητας είναι πολλοί (αγροτική παραγωγή, τουρισμός, κ.α.) και η αναζήτηση εναλλακτικών πηγών υδροδότησης είναι περιορισμένη, ο ρόλος που μπορεί να έχουν οι έγκαιρες και στοχευμένες ενέργειες είναι κρίσιμος για την αποφυγή σημαντικών προβλημάτων.

1.2 ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ - ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

Η ξηρασία είναι ένα ιδιαίτερο φυσικό φαινόμενο με πολλές αρνητικές επιπτώσεις. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι δεν επηρεάζει άμεσα τις τεχνικές υποδομές, με αποτέλεσμα

οι επιπτώσεις της να μην είναι άμεσα αντιληπτές ή εμφανείς σε μικρό χρονικό διάστημα από την έναρξη του φαινομένου. Μια άλλη παράμετρος που συμβάλλει στην ιδιαιτερότητα της, είναι η μεγάλη σχετικά διάρκεια των επεισοδίων ξηρασίας με αποτέλεσμα να μην είναι εύκολα διακριτά τα διάφορα γεγονότα μεταξύ τους, δημιουργώντας έτσι την αντίληψη ότι πρόκειται για σπάνια φαινόμενα σε σχέση με άλλες καταστροφές που συμβαίνουν με μεγαλύτερη συχνότητα. Η ξηρασία αποτελεί και στον Ελληνικό χώρο ένα ιδιαίτερα καταστροφικό φαινόμενο, με τα στατιστικά στοιχεία να ακολουθούν σε γενικές γραμμές αυτά της Νότιας Ευρώπης. Για την ξηρασία 1987- 1993 οι ζημιές εκτιμήθηκαν σε περίπου ένα εκατομμύριο δολάρια, όταν η δεύτερη πιο δαπανηρή καταστροφή ήταν οι πυρκαγιές με περίπου τριακόσια σαράντα χιλιάδες δολάρια ανά γεγονός, και φυσικά οι σεισμοί με περίπου διακόσιες σαράντα χιλιάδες δολάρια ανά γεγονός. Τα στοιχεία αυτά συνήθως δεν γίνονται γνωστά στο ευρύ κοινό, αφού η ξηρασία δεν αποτελεί μια «θεαματική» καταστροφή και συνήθως δεν έλκει τα φώτα της δημοσιότητας.

Η ξηρασία είναι ένα δύσκολο στην κατανόησή του φυσικό φαινόμενο και συνήθως γίνεται αντιληπτή μέσω των επιπτώσεών της. Θεωρείται επομένως πιο εύκολο να προσδιοριστεί, συνδεδεμένη με τους διαφορετικούς χώρους και καταστάσεις που επηρεάζει. Είναι προφανές ότι η ξηρασία σημαίνει διαφορετικά πράγματα σε διαφορετικούς ανθρώπους. Για τον αγρότη, ξηρασία είναι ανεπάρκεια υγρασίας στη ζώνη του ριζοστώματος των καλλιεργειών του. Για τον υδρολόγο, σημαίνει επίπεδα νερού κάτω του μέσου όρου στα ποτάμια, τις λίμνες και τους ταμειυτήρες. Για τον οικονομολόγο, σημαίνει την κατάσταση έλλειψης νερού που μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στην υπάρχουσα οικονομία. Από αυτή την οπτική γωνία η ξηρασία μπορεί να διαχωριστεί σε τέσσερις βασικούς τύπους, τη μετεωρολογική, την υδρολογική, τη γεωργική (ή ξηρασία της βλάστησης) και την κοινωνικο-οικονομική ξηρασία.

Το γεγονός ότι η αντίληψη του φαινομένου διαφέρει ανάλογα με το πλαίσιο και το πρίσμα υπό το οποίο εξετάζεται, έχει οδηγήσει στο να μην υπάρχει ένας μοναδικός και κοινά αποδεκτός ορισμός της. Παρόλα αυτά, ένας ορισμός που είναι κατάλληλος όσον αφορά στη διαχείριση των υδατικών πόρων, θεωρεί την ξηρασία ως «μια παροδική ‘τυχαία’ κατάσταση σημαντικής μείωσης της διαθεσιμότητας καθαρού νερού (σε σύγκριση με τη μέση τιμή), που διατηρείται για σημαντικό χρονικό διάστημα σε μια εκτεταμένη γεωγραφική περιοχή».

Είναι σημαντικό να αποσαφηνιστεί η διαφορά της ξηρασίας με άλλες φυσικές καταστάσεις ή φαινόμενα, όπως είναι η ξηρότητα (aridity) και η ερημοποίηση (desertification), με τα οποία συχνά συγχέεται από το ευρύ κοινό. Η ξηρότητα είναι ένα φυσικό μόνιμο χαρακτηριστικό του κλίματος μιας περιοχής, που προσδιορίζεται κυρίως από τα πολύ χαμηλά μέσα ετήσια ή εποχιακά κατακρημνίσματα, με υψηλή χωρική και χρονική διακύμανση. Η ξηρότητα επιφέρει χαμηλή συνολική υγρασία και υποβαθμίζει την ικανότητα ενός οικοσυστήματος. Σε συνθήκες

ξηρότητας παρατηρούνται ακραίες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και το υδρολογικό καθεστώς χαρακτηρίζεται από μεγάλες διακυμάνσεις στις απορροές, αιφνίδιες πλημμύρες (flash floods) και μεγάλες περιόδους με πολύ χαμηλές ή μηδενικές απορροές. Ερημοποίηση είναι η μόνιμη υποβάθμιση των εδαφών σε περιοχές με κυρίως ξηρό ή ημί-ξηρο κλίμα, που προκαλείται κυρίως από την υπερεκμετάλλευση ή την ακατάλληλη χρήση των εδαφών των περιοχών αυτών σε συνάρτηση με τις κλιματικές μεταβολές. Η διάβρωση του εδάφους και αύξηση της αλατότητας συνήθως συνδέονται με την ερημοποίηση. Φαινόμενα ξηρασίας μπορεί να επιδεινώσουν σημαντικά τη διαδικασία της ερημοποίησης, αυξάνοντας την πίεση στους ήδη μειωμένους επιφανειακούς και υπόγειους υδατικούς πόρους. Σε αντίθεση με την ξηρασία η οποία είναι ένα παροδικό φαινόμενο, τόσο η ξηρότητα, όσο και η ερημοποίηση, είναι μόνιμες καταστάσεις, που χαρακτηρίζουν μία περιοχή.

Η συστηματική ανάλυση του φαινομένου της ξηρασίας απαιτεί μια ξεκάθαρη προσέγγιση των χαρακτηριστικών της ξηρασίας. Τόσο για τη διαχείριση της ξηρασίας, όσο και για τη σύνταξη των σχεδίων ετοιμότητας με στόχο τόσο την λήψη προληπτικών μέτρων όσο και για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων του φαινομένου, απαιτείται η αναγνώριση τουλάχιστον τριών βασικών χαρακτηριστικών, γνωστών ως διαστάσεων της ξηρασίας: της έντασης, της διάρκειας και της χωρικής έκτασης.

Εκτός από τον προσδιορισμό των κύριων χαρακτηριστικών της ξηρασίας, είναι σημαντικό να εκτιμηθεί και η δυνατότητα του συστήματος που πλήττεται από ξηρασία με τα συγκεκριμένα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά, να αντεπεξέλθει στον κίνδυνο. Καθώς η δυνατότητα αυτή του συστήματος σχετίζεται άμεσα με την ένταση των επιπτώσεων του φαινομένου, η εικόνα ενός συστήματος που πλήττεται από ξηρασία μπορεί να παρουσιάζεται διαφορετική σε κάθε περιοχή, παρά το γεγονός ότι οι διαστάσεις της ξηρασίας εμφανίζουν ίδιας τάξης τιμές στα διαφορετικά συστήματα. Για το σκοπό αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες έννοιες που σχετίζονται με τη διακινδύνευση (risk). Οι πιο συνηθισμένες από αυτές είναι η αξιοπιστία (reliability), ο χρόνος επαναφοράς (resilience) και η τρωτότητα (vulnerability) του συστήματος. Η αξιοπιστία αποτελεί μέτρο του κατά πόσο το σύστημα βρίσκεται σε ικανοποιητική κατάσταση, ο χρόνος επαναφοράς αφορά στην ταχύτητα με την οποία το σύστημα επανέρχεται σε ικανοποιητική κατάσταση μετά από κάποια αστοχία, ενώ η τρωτότητα σχετίζεται με το πόσο είναι ευάλωτο και πόσο εκτεθειμένο είναι ένα σύστημα στον κίνδυνο.

Τα θέματα έλλειψης νερού για διάφορες καταναλώσεις που συνεχώς αυξάνονται λόγω της αύξησης του πληθυσμού στις πόλεις και του υψηλότερου επιπέδου διαβίωσης αλλά και των

αναγκών σε νερό για άρδευση γεωργικών εκτάσεων και των αναγκών για τουρισμό που επίσης αυξάνει τις τελευταίες δεκαετίες, έχουν αποτελέσει αντικείμενο εγρήγορσης της διεθνούς κοινότητας. Το γεγονός αυτό αποτελεί κυρίαρχο θέμα στις συνδιασκέψεις του ΟΗΕ και της Ευρωπαϊκής Ένωσης με έξαρση τελευταία των θεμάτων αυτών λόγω της κλιματικής αλλαγής.

Ήδη από το 1977 στη συνδιάσκεψη στην Mar del Plata και λίγα χρόνια αργότερα στο Rio de Janeiro, η έλλειψη νερού και η διαχείριση της με ολοκληρωμένο και αειφόρο τρόπο ήταν το κεντρικό θέμα ανάμεσα σε άλλα σημαντικά για τον πλανήτη θέματα. Σύμφωνα με τον ΟΗΕ μια χώρα (και επομένως η γεωγραφική της περιοχή) θεωρείται ότι δέχεται πιέσεις (stress) αν δεν διαθέτει τουλάχιστον 1.000 m³ ανά άτομο και έτος (1000m³/c/y). Ως έντονα ελλειμματικές σε υδατικούς πόρους (έντονη λειψυδρία - severe water scarcity) χαρακτηρίζονται οι χώρες που διαθέτουν λιγότερο από 500 m³/c/y).

Η λειψυδρία είναι το φαινόμενο της ύπαρξης ενός σημαντικού ελλείμματος για την κάλυψη της ζήτησης νερού για διάφορες χρήσεις για σημαντικό χρονικό διάστημα που επηρεάζει μια σημαντική χωρική ενότητα. Η λειψυδρία μπορεί να είναι μόνιμο ή παροδικό (ή και επαναλαμβανόμενο) φαινόμενο για μια περιοχή που περιγράφεται από τους διεθνείς όρους «water scarcity» και «water shortage», αντίστοιχα.

Για την καλύτερη κατανόηση και αξιολόγηση του φαινομένου της λειψυδρίας πρέπει να καθορίζονται τόσο η έκταση (χωρική βάση), όσο και η χρονική περίοδος που εξετάζεται. Στις περισσότερες περιπτώσεις (εκτός ειδικών απαιτήσεων), η χωρική βάση της λειψυδρίας είναι το σύστημα διαχείρισης υδατικών πόρων (water system) που περιλαμβάνει τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους, τις καταναλώσεις και τα σημαντικά σημεία περιβάλλοντος. Όσον αφορά στη χρονική περίοδο, στις πλείστες των περιπτώσεων, λαμβάνεται το υδρολογικό έτος, που περιλαμβάνει ένα διακριτό στο χρόνο κύκλο του νερού. Η περίοδος αυτή ενδέχεται να είναι μεγαλύτερη του έτους σε περίπτωση ύπαρξης μεγάλων υπόγειων υδροφορέων ή μεγάλων επιφανειακών ταμιευτήρων αποθήκευσης υπερετήσιας ρύθμισης.

Σημειώνεται ότι τα δύο φαινόμενα (ξηρασία και λειψυδρία) έχουν άμεση ιεραρχική σχέση αφού η ξηρασία είναι συνήθως η κύρια πρόκληση φαινομένων λειψυδρίας. Δεν πρέπει όμως να λησμονείται ότι η λειψυδρία σε μια περιοχή μπορεί να προέρχεται από την ξηρότητα του κλίματος (aridity) ή από την κακή διαχείριση των διαθέσιμων υδατικών πόρων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η λειτουργία ενός ταμιευτήρα νερού που έχει σχεδιασθεί για υπερετήσια ρύθμιση και συγκεκριμένη εγγυημένη ετήσια απόληψη, που λόγω μιας πλούσιας σε βροχοπτώσεις χρονιάς, δίνει τη δυνατότητα πολύ μεγαλύτερων απολήψεων κατά τη χρονιά αυτή. Αν αυτό πραγματοποιηθεί είναι πολύ πιθανόν τα επόμενα χρόνια ο ταμιευτήρας να μην

μπορεί να αποδώσει την εγγυημένη ετήσια απόληψη (με τη συγκεκριμένη πιθανότητα αστοχίας) σύμφωνα με τον σχεδιασμό του ταμειυτήρα.

1.3 ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

Ο σχεδιασμός για την αντιμετώπιση της ξηρασίας - λειψυδρίας δεν έχει παρουσιάσει ιδιαίτερη πρόοδο στα περισσότερα μέρη του κόσμου. Η έλλειψη αυτή σχεδιασμού οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στη σύγχυση που υπάρχει στο επίπεδο της λήψης αποφάσεων, αλλά συχνά και σε επιστημονικό επίπεδο, όσον αφορά στον προσδιορισμό εμφάνισης και τα χαρακτηριστικά του φαινομένου. Για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων, πρέπει να διερευνηθούν οι κλιματολογικές συνθήκες που συνδέονται με την ξηρασία, να βελτιωθεί το επίπεδο κατανόησης απέναντι στον κίνδυνο του φαινομένου και να εξεταστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν την τρωτότητα (vulnerability) του συστήματος που πλήττεται.

Η αντιμετώπιση της ξηρασίας μπορεί να γίνει είτε με δράσεις που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια του φαινομένου, είτε με «προληπτική» προσέγγιση. Η προσέγγιση της ξηρασίας με δράσεις κατά τη διάρκεια του φαινομένου αποτελεί την παραδοσιακή πρακτική στην αντιμετώπιση της ξηρασίας, που στηρίζεται στη γενική τακτική της αντιμετώπισης κρίσεων. Η προσέγγιση αυτή έχει αποδειχθεί αναποτελεσματική, καθώς στις περισσότερες περιπτώσεις δεν είναι έγκαιρη, δεν είναι επαρκώς σχεδιασμένη και δεν στοχεύει στις περιοχές που πραγματικά πλήττονται από το φαινόμενο. Επιπλέον, η αντιμετώπιση της ξηρασίας με τον τρόπο αυτό τείνει να ενισχύσει τις υπάρχουσες μεθόδους διαχείρισης των υδατικών πόρων και όχι πραγματικά να αντιμετωπίσει τις συνέπειες του φαινομένου. Οι μέθοδοι αυτές διαχείρισης των πόρων είναι μάλιστα σε πολλές περιπτώσεις υπεύθυνες για την αύξηση της τρωτότητας της κοινωνίας (societal vulnerability) απέναντι στην ξηρασία. Η δε παροχή βοήθειας για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της ξηρασίας χρησιμεύει μόνο για να ενισχύσει την κατεστημένη κατάσταση όσον αφορά στη διαχείριση των πόρων. Πολλά κέντρα λήψης αποφάσεων κατανοούν τώρα την πλάνη της διαχείρισης των κρίσεων και προσπαθούν να μάθουν πώς να χρησιμοποιούν κατάλληλες τεχνικές διαχείρισης της διακινδύνευσης (risk) για τη μείωση της κοινωνικής τρωτότητας απέναντι στην ξηρασία και κατά συνέπεια για τη μείωση των επιπτώσεων που σχετίζονται με γεγονότα ξηρασίας που αναμένεται να αυξηθούν στο μέλλον.

Καθώς η τρωτότητα απέναντι στην ξηρασία έχει αυξηθεί σε παγκόσμιο επίπεδο, όλο και μεγαλύτερη έμφαση δίνεται στη μείωση της διακινδύνευσης (risk) που σχετίζεται με την εμφάνιση της ξηρασίας μέσα από το σχεδιασμό και τα μέτρα που στοχεύουν στη μείωση των επιπτώσεών της, όπως η λειψυδρία. Η διαχείριση της κρίσης δεν θεωρείται πλέον επαρκής για την αντιμετώπιση της κατάστασης. Στο παρελθόν, όταν ένας φυσικός κίνδυνος και η

επακόλουθη καταστροφή είχε συμβεί, οι αρμόδιοι φορείς αντιδρούσαν με την εκτίμηση των επιπτώσεων και επεμβάσεις αποκατάστασης και ανασυγκρότησης με σκοπό να επανέλθει η περιφέρεια ή η περιοχή στην κατάσταση που βρίσκονταν πριν την καταστροφή. Μικρή ήταν η προσοχή που δίνονταν σε δράσεις προετοιμασίας και πρόβλεψης (συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης) που θα μπορούσαν να μειώσουν τις μελλοντικές επιπτώσεις και να ελαχιστοποιήσουν την ανάγκη για κυβερνητικές παρεμβάσεις στο μέλλον. Εξαιτίας της έμφασης που είχε δοθεί στη διαχείριση της κρίσης, η κοινωνία περνούσε ουσιαστικά από τη μία καταστροφή στην άλλη με μικρή αν όχι ανύπαρκτη μείωση της διακινδύνευσης.

Απαραίτητα εργαλεία κυρίως για τον Επιχειρησιακό Σχεδιασμό αντιμετώπισης των επιπτώσεων της ξηρασίας - λειψυδρίας αποτελούν: α) ένα απλοποιημένο σύστημα παρακολούθησης, β) ένα σύστημα πρόγνωσης (forecasting) για την εκτίμηση της σφοδρότητας της ξηρασίας σε ετήσια βάση, γ) ένας ντετερμινιστικός μηχανισμός για την εκτίμηση των επιπτώσεων, δ) μια εκτίμηση των διαθέσιμων αποθεμάτων υδατικών πόρων και ε) μια μεθοδολογία ιεράρχησης των προτεραιοτήτων ικανοποίησης της ζήτησης βασισμένη στην ετησιοποιημένη μέση διακινδύνευση.

Κύρια στοιχεία του Προληπτικού Σχεδιασμού για την αντιμετώπιση φαινομένων ξηρασίας – λειψυδρίας είναι:

1. Το Σύστημα Παρακολούθησης της ξηρασίας.
2. Η υπολογιστική διαδικασία.
3. Το Σύστημα Πρόγνωσης (κύριο στοιχείο και για τον Επιχειρησιακό Σχεδιασμό).
4. Η εκτίμηση των διαθέσιμων αποθεμάτων νερού στην αρχή του υδρολογικού έτους
5. Η Εκτίμηση των επιπτώσεων του φαινομένου (περιλαμβάνει την εκτίμηση επιπτώσεων για μεμονωμένα έτη ξηρασίας και παρατεταμένη ξηρασία με περισσότερα του ενός ξηρά έτη).
6. Οι δυνητικές επιλογές.
7. Η ιεράρχηση στην ικανοποίηση της ζήτησης.
8. Το θεσμικό και νομικό πλαίσιο.
9. Οι συμμετοχικές διαδικασίες και η ανάδραση.

Τα στοιχεία που κατά καιρούς έχουν χρησιμοποιηθεί στο Σχεδιασμό για την αντιμετώπιση της ξηρασίας - λειψυδρίας είναι πολλά, αφορούν όμως κυρίως στον Επιχειρησιακό Σχεδιασμό και στις προσεγγίσεις διαχείρισης των φαινομένων μετά την εμφάνισή τους. Στην ενότητα αυτή θα

παρουσιαστούν τα κύρια στοιχεία που θεωρούνται απαραίτητα για τον Προληπτικό Σχεδιασμό ομαδοποιημένα σε τέσσερις κύριους άξονες:

1. Σύστημα Προειδοποίησης: περιλαμβάνει το Σύστημα Παρακολούθησης της ξηρασίας, την απαιτούμενη υπολογιστική διαδικασία και το Σύστημα Πρόγνωσης.
2. Σύστημα εκτίμησης των διαθέσιμων αποθεμάτων στην αρχή του υδρολογικού έτους
3. Επιπτώσεις και Επιλογές: περιλαμβάνουν την Εκτίμηση των επιπτώσεων του φαινομένου, τις δυνητικές επιλογές και την ιεράρχηση στην ικανοποίηση της ζήτησης.
4. Οργανωτική Διάσταση: περιλαμβάνει το θεσμικό και νομικό πλαίσιο και τις συμμετοχικές διαδικασίες.

Τα θέματα αυτά αναπτύσσονται και εξειδικεύονται για το Σχέδιο Δράσης για την αντιμετώπιση των φαινομένων Ξηρασίας – Λειψυδρίας της Κρήτης στα κεφάλαια 4 και 5 αυτής της Έκθεσης.

2. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΦΟΔΡΟΤΗΤΑΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ - ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

2.1 ΔΕΙΚΤΕΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ

Όπως προαναφέρθηκε, η εκτίμηση της ξηρασίας πραγματοποιείται μέσα από την ποσοτικοποίηση των χαρακτηριστικών της, δηλαδή της έντασης, της διάρκειας και της χωρικής έκτασης. Τα συνήθη εργαλεία (μέθοδοι) που οδηγούν σε αυτή την ποσοτικοποίηση είναι γνωστά με τον όρο «δείκτες ξηρασίας».

Οι δείκτες ξηρασίας ουσιαστικά απλοποιούν τις σύνθετες σχέσεις που διέπουν αρκετές κλιματικές, αλλά και σχετιζόμενες με το κλίμα, παραμέτρους. Με τον τρόπο αυτό είναι ευκολότερη και αποτελεσματικότερη η επικοινωνία της πληροφορίας που αφορά σε κλιματικές ανωμαλίες, ιδιαίτερα μάλιστα εάν η πληροφορία αυτή απευθύνεται σε ευρύ κοινό με διαφορετικό γνωστικό υπόβαθρο. Επίσης, μέσω των δεικτών είναι εφικτή η ποσοτικοποίηση των κλιματικών ανωμαλιών ως προς την ένταση, τη διάρκεια, την έκταση και τη συχνότητά τους, επιτρέποντας την ανάλυση των ιστορικών συμβάντων και της πιθανότητας επανεμφάνισής τους. Για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι δείκτες από τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων, πρέπει να συνδεθούν με επίπεδα ενδεχόμενου κινδύνου, τα οποία συχνά είναι ενσωματωμένα στη μεθοδολογία που πρέπει να ακολουθηθεί.

Οι δείκτες ξηρασίας μπορούν να ομαδοποιηθούν, ανάλογα με τον τύπο της ξηρασίας που είναι υπό διερεύνηση, αλλά και τις ειδικές συνθήκες (κλιματολογικές, οργανωτικές, κ.λπ.) της περιοχής. Οι δείκτες ομαδοποιούνται επίσης ανάλογα με τις παραμέτρους που χρησιμοποιούν, καθώς άλλοι δείκτες χρησιμοποιούν λίγες παραμέτρους (π.χ. βροχόπτωση, θερμοκρασία) ώστε να είναι πιο εύχρηστοι, ενώ άλλοι ένα πλήθος παραμέτρων που τους καθιστούν ακριβέστερους, αλλά και πολύπλοκους στην εφαρμογή με μεγάλες δυσκολίες στον υπολογισμό του τελικού αποτελέσματός τους.

Η επιλογή του καταλληλότερου δείκτη αποτελεί στις μέρες μας ένα από τα δυσκολότερα προβλήματα στο σχεδιασμό για την αντιμετώπιση της ξηρασίας. Βάσει πρόσφατων ερευνών, βασικά κριτήρια για την επιλογή δεικτών για επιχειρησιακή χρήση είναι αφενός οι σχετικά μικρές απαιτήσεις σε δεδομένα, επιτρέποντας την απρόσκοπτη εφαρμογή τους στο σύνολο της εξεταζόμενης περιοχής, αφετέρου τα εξαγόμενα αποτελέσματα να έχουν σαφή, καταληπτή και ενιαία ερμηνεία.

Μέσω του δείκτη ξηρασίας θα πρέπει να είναι δυνατή η ποσοτικοποίηση της ξηρασίας για διαφορετικές περιόδους αναφοράς, όταν υπάρχει διαθέσιμη χρονοσειρά επαρκούς μεγέθους. Οι περίοδοι αναφοράς μπορεί να μηνιαίες, ετήσιες ή εποχικές (3-μηνιο, 6-μηνιο κλπ.), που

αφορούν σε συγκεκριμένες κρίσιμες περιόδους του έτους. Οι περίοδοι αναφοράς αντικατοπτρίζουν τις δυνητικές επιπτώσεις της ξηρασίας στη διαθεσιμότητα νερού σε διαφορετικά υδατικά συστήματα. Οι συνθήκες εδαφικής υγρασίας ανταποκρίνονται σε ανωμαλίες που παρατηρούνται στη βροχόπτωση ή/και στη δυνητική εξατμισοδιαπνοή, σε σχετικά μικρά χρονικά διάστημα. Οι αντιδράσεις των υπόγειων υδροφορέων, της επιφανειακής απορροής και του δυναμικού των ταμιευτήρων εξετάζονται αποτελεσματικότερα με την εξέταση σχετικά μεγαλύτερων περιόδων. Έτσι, αντίστοιχα με τον τομέα ή το αντικείμενο ενδιαφέροντος, πρέπει να επιλέγεται η κατάλληλη περίοδος αναφοράς, που περιγράφει με σαφέστερο τρόπο την επίδραση της ξηρασίας στο υπό διερεύνηση σύστημα. Ακόμα, μπορεί να γίνει χρήση προεπιλεγμένων περιόδων (π.χ. 3-, 6-, 9- και 12-μήνες).

Βάσει των παραπάνω, οι δείκτες που επιλέχθηκαν για την περιοχή της Κρήτης είναι ο Standardised Precipitation Index (SPI) και ο Agricultural SPI (aSPI). Οι συγκεκριμένοι δείκτες βασίζονται μόνο σε δεδομένα βροχόπτωσης, για την οποία υπάρχει εκτενές δίκτυο κάλυψης στην περιοχή. Επίσης, οι δείκτες αυτοί μπορούν να αξιοποιηθούν άμεσα για τον προσδιορισμό της μετεωρολογικής και γεωργικής ξηρασίας, καθώς και για την εκτίμηση της υδρολογικής ξηρασίας. Στη συνέχεια παρουσιάζεται μία σύντομη περιγραφή αυτών των δεικτών.

2.1.1 Standardised Precipitation Index (SPI)

Ο δημοφιλέστερος ίσως δείκτης ξηρασίας είναι ο Standardised Precipitation Index (SPI). Βασικά πλεονέκτημά του είναι ότι βασίζεται μόνο στα κατακρημνίσματα και μπορεί να υπολογιστεί για ποικιλία χρονικών κλιμάκων (π.χ. 1, 3, 6, 9, 12, ... μήνες). Βασίζεται στη χρονοσειρά αθροιστικής βροχόπτωσης για συγκεκριμένη χρονική κλίμακα ενδιαφέροντος, στην οποία προσαρμόζεται μια κατανομή πιθανότητας, η οποία στη συνέχεια μετατρέπεται σε κανονική κατανομή, έτσι ώστε η μέση τιμή του SPI για τη συγκεκριμένη τοποθεσία και την επιθυμητή περίοδο να είναι μηδέν. Η κατανομή που τελικά επιλέγεται για χρήση με τον SPI είναι η κατανομή γάμα, που έχει παρατηρηθεί ότι προσαρμόζεται ικανοποιητικά στις χρονοσειρές βροχόπτωσης. Ο υπολογισμός του SPI για συγκεκριμένη χρονική περίοδο σε οποιαδήποτε περιοχή απαιτεί μηνιαίες χρονοσειρές βροχόπτωσης με δεδομένα τριάντα ή και περισσότερων χρόνων.

Επειδή ο SPI είναι κανονικοποιημένος, τόσο οι ξηρές όσο και οι υγρές περίοδοι μπορούν να παρακολουθούνται με τη χρήση του δείκτη. Θετικές τιμές του SPI υποδεικνύουν βροχόπτωση μεγαλύτερη από το μέσο όρο, ενώ οι αρνητικές τιμές υποδεικνύουν βροχόπτωση μικρότερη από το μέσο όρο. Η κανονικοποίηση και η ευελιξία στη χρήση διαφορετικών χρονικών κλιμάκων επιτρέπει τη χρήση του SPI στην παρακολούθηση τόσο βραχυπρόθεσμης τροφοδοσίας του εδάφους σε νερό, όπως η εδαφική υγρασία για την αγροτική παραγωγή, όσο και

μακροπρόθεσμης τροφοδοσίας υδατικών πόρων, όπως τα αποθέματα υπόγειου νερού, η ποτάμια ροή και η στάθμη των λιμνών και των ταμιευτήρων. Η ικανότητα της εξέτασης μικρών χρονικών κλιμάκων επιτρέπει ακόμη τον άμεσο προσδιορισμό της ξηρασίας και την παρακολούθησή της κατά τη διάρκειά εξέλιξης ενός γεγονότος.

Βασικό πλεονέκτημα της κανονικοποιημένης μορφής του δείκτη (όπως συμβαίνει και με αντίστοιχους κανικοποιημένους δείκτες), είναι ο άμεσος προσδιορισμός της έντασης των επεισοδίων ξηρασίας, βάσει συγκεκριμένων κατηγοριών. Μία τυπική κατηγοριοποίηση των συνθηκών ανάλογα με την τιμή του δείκτη παρουσιάζεται στον παράκατω Πίνακα (Πίνακας 2.1).

Πίνακας 2.1 Κατηγορίες έντασης ξηρασίας βάσει κανονικοποιημένων τιμών δεικτών ξηρασίας

Τιμή δείκτη ξηρασίας	Κατηγορία συνθηκών
> 2.00	Εξαιρετικά υγρό
1.50 έως 1.99	Έντονα υγρό
1.00 έως 1.49	Μέτρια υγρό
-0.99 έως 0.49	Κανονικές συνθήκες
-0.50 έως -0.99	Ήπια ξηρό
-1.00 έως -1.49	Μέτρια ξηρό
-1.50 έως -1.99	Έντονα ξηρό
< -2.00	Εξαιρετικά ξηρό

2.1.2 Agricultural Standardised Precipitation Index (aSPI)

Πρόσφατα, αναπτύχθηκε ένας νέος δείκτης ξηρασίας, ο Agricultural Standardised Precipitation Index (aSPI), ο οποίος αποτελεί μία τροποποίηση του SPI και ενσωματώνει στον υπολογισμό του την ενεργό βροχόπτωση, αποσκοπώντας στην ακριβέστερη αποτύπωση της φυτικής – γεωργικής ξηρασίας. Στον aSPI, η επιλογή των περιόδων αναφοράς δίνει έμφαση στις καλλιεργητικές περιόδους ή σε κρίσιμα στάδια ανάπτυξης των καλλιεργειών ενδιαφέροντος ή της αντιπροσωπευτικής καλλιέργειας μιας περιοχής.

Προκειμένου να διατηρηθούν χαμηλές οι απαιτήσεις σε δεδομένα, η εκτίμηση της ενεργού βροχόπτωσης πραγματοποιείται μέσω μεθόδων που βασίζονται στα μηνιαία δεδομένα της συνολικής βροχόπτωσης, όπως η μέθοδος του U.S. Bureau of Reclamation (USBR), η μέθοδος του U.S. Department of Agriculture (USDA) και η μέθοδος του Food and Agriculture Organisation (FAO). Αντίστοιχα με τον SPI, οι κατηγορίες συνθηκών ξηρασίας του Πίνακα 2.1 ισχύουν και για τον aSPI.

2.2 ΔΕΙΚΤΕΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

Για την αξιολόγηση των συνθηκών λειψυδρίας μιας χωρικής ενότητας έχουν κατά καιρούς προταθεί διάφοροι δείκτες τόσο για τις συνθήκες μόνιμης όσο και για τις συνθήκες παροδικής λειψυδρίας. Κάθε δείκτης αξιοποιεί διαφορετικά στοιχεία για τον προσδιορισμό των καταστάσεων λειψυδρία.

Ειδικότερα, για την περιοχή της Κρήτης, προτείνεται η χρήση του δείκτη Rex , για την αξιοποίηση των στοιχείων που είναι διαθέσιμα στην περιοχή, όπως περιγράφεται στη συνέχεια.

2.2.1 Δείκτης Rex

Για την περιοχή της Κρήτης, βάσει των διαθέσιμων στοιχείων και σχετική επεξεργασία, μπορεί να προσδιοριστεί για κάθε υδρογεωλογική λεκάνη ο δείκτης Rex , ο οποίος ισούται με τον λόγο της ετήσιας απώλησης (αντλήσεις) προς τη μέση ετήσια τροφοδοσία από βροχοπτώσεις της του υπόγειου υδροφορέα κάθε υδρογεωλογικής λεκάνης. Ο δείκτης προσδιορίζεται για μια μακρά περίοδο ή/και κάθε έτος με την ακόλουθη εξίσωση και αποτελεί ενδεικτικό μέτρο λειψυδρίας.

Ίδιαίτερα για την έκφραση του δείκτη Rex για ένα συγκεκριμένο έτος i , ο δείκτης Rex γράφεται:

$$Rex_i = \frac{D_i}{eP_i}$$

όπου: D_i , ο συνολικός όγκος των ετήσιων απολήψεων από τον υδροφορέα κατά το έτος i (m^3)

e , ο λόγος του τμήματος του μέσου ετήσιου ύψους βροχής που καταλήγει στον υδροφόρο ορίζοντα μέσω της κατακόρυφης διήθησης στην υδρογεωλογική λεκάνη διά του μέσου ετήσιου ύψους βροχής (-)

P_i , ο συνολικός ετήσιος όγκος βροχής στην επιφάνεια της υδρογεωλογικής λεκάνη κατά το έτος i (m^3).

Από την παραπάνω εξίσωση ο συντελεστής e υπολογίζεται με εκτιμήσεις από μια σειρά έτη ή μπορεί να προκύψει προσεγγιστικά από τα δεδομένα που αφορούν στην εδαφική κάλυψη, στις χρήσεις γης και στο γεωλογικό υπόβαθρο της υπό μελέτη περιοχής.

Επιπλέον, ο αριθμητής, δηλ. ο συνολικός όγκος των απολήψεων από τον υδροφορέα, που είναι περίπου σταθερός ανά έτος, μπορεί να προκύψει από τα ιστορικά δεδομένα των απολήψεων ή να συσχετισθεί με την κατανάλωση για διάφορες χρήσεις.

Συνεπώς ο δείκτης λειψυδρίας Rex μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης «μόνιμης λειψυδρίας» (water scarcity) ή ως δείκτης παροδικής λειψυδρίας (water shortage).

Με βάση τον δείκτη αυτό καθορίζονται επίπεδα κατάστασης ως εξής:

- για τιμές του Rex κάτω από 20% υπάρχει επάρκεια στη διαθεσιμότητα υδατικών πόρων σε σχέση με τη ζήτηση (no water stress),
- για τιμές του Rex μεταξύ 20% και 40%, υπάρχει σχετική ανεπάρκεια στη διαθεσιμότητα υδατικών πόρων (water stress)
- και για τιμές του Rex άνω του 40% υπάρχει σοβαρή ανεπάρκεια στη προσφορά διαθεσιμότητα υδατικών πόρων (severe water stress).

Στοιχεία για την κατάσταση «μόνιμης λειψυδρίας» για τις 91 υδρογεωλογικές λεκάνες της Κρήτης παρουσιάστηκαν στο Παραδοτέο 2 αυτής της μελέτης.

Τέλος δεν πρέπει να λησμονείται το γεγονός ότι η «παροδική λειψυδρία» που προέρχεται από το φαινόμενο της ξηρασίας ξεκινά αργότερα από την έναρξη της ξηρασίας και λήγει σε χρόνο μεταγενέστερο του τέλους της ξηρασίας.

Επιπλέον, οι όποιες επιπτώσεις από τα παραπάνω ίσως να παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια της παροδικής λειψυδρίας αλλά κυρίως μετά τη λήξη της όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.

Ξηρασία								
Λειψυδρία								
Επιπτώσεις								
	Χρόνος							

Σχήμα 1: Αλληλουχία φαινομένων ξηρασίας- λειψυδρίας και επιπτώσεων

2.3 ΑΛΛΟΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

Επικουρικά, ανάλογα με την εκάστοτε διαθεσιμότητα στοιχείων, αλλά και ειδικότερες ανάγκες διερεύνησης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ακόλουθοι συμπληρωματικοί δείκτες:

2.3.1 Συμπληρωματικοί δείκτες ξηρασίας

- **Reconnaissance Drought Index (RDI):** Ο δείκτης RDI ενσωματώνει έναν καθοριστικό παράγοντα απωλειών του υδρολογικού κύκλου, τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή, η οποία αξιοποιείται σε συνάρτηση με την βροχόπτωση. Η βασική σχέση που διέπει τον δείκτη - η οποία στη συνέχεια κανονικοποιείται αντίστοιχα με τον SPI - διαμορφώνεται ως το κλάσμα της συνολικής βροχόπτωσης, προς τη συνολική δυνητική εξατμισοδιαπνοή, για συγκεκριμένες περιόδους αναφοράς.
- **Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI):** Ο SPEI αξιοποιεί αντίστοιχα δεδομένα με τον RDI, με τη διαφορά ότι χρησιμοποιείται η διαφορά μεταξύ βροχόπτωσης και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, ενώ εφαρμόζεται μία διαφοροποιημένη διαδικασία κανονικοποίησης.
- **Effective Reconnaissance Drought Index (eRDI):** Ο eRDI αποτελεί μία τροποποίηση του RDI, αξιοποιώντας την ενεργό βροχόπτωση για τον ακριβέστερο χαρακτηρισμό της φυτικής – γεωργικής ξηρασίας.
- **Precipitation Deciles (PD):** Ο PD βασίζεται στην κατανομή μιας μεγάλης διάρκειας χρονοσειράς βροχοπτώσεων σε δέκατα της κατανομής, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση του παρακάτω Πίνακα (Πίνακας 2.2).

Πίνακας 2.2 Περιγραφή των συνθηκών ξηρασίας σύμφωνα με την κατηγορία των Precipitation Deciles

Κατηγορία Precipitation Deciles	Περιγραφή
deciles 1-2: χαμηλότερο 20%	σημαντικά κάτω του φυσιολογικού
deciles 3-4: επόμενο χαμηλότερο 20%	κάτω του φυσιολογικού
deciles 5-6: μέσο 20%	κοντά στο φυσιολογικό
deciles 7-8: επόμενο υψηλότερο 20%	άνω του φυσιολογικού
deciles 9-10: υψηλότερο 20%	σημαντικά άνω του φυσιολογικού

2.3.2 Συμπληρωματικοί δείκτες λειψυδρίας

- **Water Exploitation Index (WEI):** Ο WEI υπολογίζεται για μεγάλη χρονική περίοδο (π.χ. 20ετία) σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού ως ο λόγος της συνολικής ετήσιας απόληψης νερού προς τη μέση υπερετήσια διαθεσιμότητα υδατικών πόρων της ίδιας

χρονικής περιόδου.

- Δείκτης WEI+: Ο WEI+ αποτελεί μία παραλλαγή του WEI και προσδιορίζεται από τον λόγο της συνολικής απόληψης νερού προς τους συνολικά διαθέσιμους υδατικούς πόρους σε συγκεκριμένο χρονικό βήμα (π.χ. ετήσιο)
- Water Poverty Index (WPI): Ο WPI προκύπτει από τον σταθμισμένο μέσο όρο 5 μεγεθών: (α) Διαθεσιμότητα υδατικών πόρων, (β) Βαθμό ανάπτυξης υποδομών μεταφοράς και διανομής, (γ) Ικανότητα αξιοποίησης που στηρίζεται στο ανθρώπινο δυναμικό και την οικονομική δυνατότητα, (δ) Χρήση και επιπτώσεις στην οικονομία και (ε) Περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σχέση με τη διατηρήσιμη οικολογική κατάσταση.

3. ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΚΡΗΤΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ - ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

3.1 ΛΕΚΑΝΕΣ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ

Οι Λεκάνες του Υδατικού Διαμερίσματος (ΥΔ) Κρήτης καθορίστηκαν με την αριθμ. Ε.Γ. οικ. 896/21.12.2017 (ΦΕΚ 4666/Β/2017) απόφαση, με την οποία η Εθνική Επιτροπή Υδάτων ενέκρινε την 1^η Αναθεώρηση του Σχεδίου Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών (ΣΔΛΑΠ) του ΥΔ (ΕΛ13), με την οποία πραγματοποιήθηκαν μικρές αλλαγές σε σχέση με το αρχικό ΣΔΛΑΠ (αριθμ. 706/16.7.2010 απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων - ΦΕΚ 1383/Β/2010 και 1572/Β/2010), λόγω της ακριβέστερης οριοθέτησης της ακτογραμμής αλλά και μικρής αλλαγής στην οριοθέτηση των Λεκανών Ρεμάτων Βορείου Τμήματος Χανίων - Ρεθύμνου - Ηρακλείου και Ρεμάτων Ανατολικής Κρήτης. Τα φυσικά χαρακτηριστικά των ορισμένων λεκανών παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα (Πίνακας 3.1) και τα όριά τους παρουσιάζονται στον παρακάτω Χάρτη (Χάρτης 1).

Πίνακας 3.1: Λεκάνες Απορροής Ποταμών ΥΔ Κρήτης (ΕΛ13) (ΣΔΛΑΠ – Εγκ. 1^η Αναθεώρηση)

Κωδικός Λεκάνης	Όνομασία λεκάνης	Έκταση (km ²)	Υψόμετρα (m)		
			Μέσο	Μέγιστο	Ελάχιστο
ΕΛ1339	Ρεμάτων Βορείου Τμήματος Χανίων - Ρεθύμνου - Ηρακλείου	3.643,75	438,92	2.452,09	0
ΕΛ1340	Ρεμάτων Νοτίου Τμήματος Χανίων - Ρεθύμνου - Ηρακλείου	2.798,03	475,15	2448,02	0
ΕΛ1341	Ρεμάτων Ανατολικής Κρήτης	1.885,36	346,73	2122,66	0
ΕΛ13	Σύνολο ΥΔ Κρήτης	8.327,10	480,51	2.452,09	0



Χάρτης 1: Λεκάνες του Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης (Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών – 1^η Αναθεώρηση)

3.2 ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ

Στην περίπτωση της αξιολόγησης και της διαχείρισης ξηρασίας, η χωρική βάση που προτείνεται βασίζεται στην υιοθέτηση της ομάδας υπολεκανών που αποτελείται από ένα αριθμό γειτονικών υπολεκανών στην οποία μπορούν με ικανοποιητικό βαθμό αξιοπιστίας να μεταφέρονται τα απαραίτητα μετεωρολογικά στοιχεία που χαρακτηρίζουν τα φαινόμενα ξηρασίας. Στην περίπτωση όμως της αξιολόγησης και της διαχείρισης της λειψυδρίας οι ομάδες αυτές δεν μπορούν πάντα να συμπεριλαμβάνουν τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους οι οποίοι μπορούν να αναφέρονται σε ευρύτερους υπόγειους υδροφορείς που εκτείνονται, αλλά και αξιοποιούνται, χωρικά σε πολύ μεγαλύτερες γεωγραφικές εκτάσεις.

Ως συμπέρασμα, ιδίως για την Κρήτη όπου σημαντικοί υδατικοί πόροι προέρχονται από μεγάλους υπόγειους υδροφορείς, είναι πολύ δύσκολο αν όχι αδύνατο, η χωρική βάση των φαινομένων ξηρασίας να συμπίπτει με τη χωρική βάση των φαινομένων λειψυδρίας. Οι επιμέρους γεωγραφικές ενότητες επιδιώκεται να περιέχουν στοιχεία που αφενός αφορούν στον κύκλο του νερού, αφετέρου την διοικητική διάρθρωση, ώστε να μπορούν να λαμβάνονται κατάλληλες αποφάσεις οι οποίες να υλοποιούνται από αρμόδιους φορείς.

Η επιλογή των λεκανών απορροής ποταμών του Σχεδίου Διαχείρισης Υδατικών Πόρων του ΥΔ της Κρήτης κρίνεται ότι δεν παρέχει τη χωρική βάση για την λεπτομερή περιγραφή των φαινομένων ξηρασίας και λειψυδρίας. Ως εκ τούτου, ορίστηκαν μικρότερες χωρικές ενότητες, αντιπροσωπεύοντας ομάδες μικρών γειτονικών λεκανών ή ομάδες υπολεκανών (σε αντιδιαστολή με τις λεκάνες απορροής ποταμών της Οδηγίας).

Τα κριτήρια για την επιλογή των ομάδων υπολεκανών που θα αντιμετωπίζονται ως ενιαίες γεωγραφικές ενότητες για την ανάλυση και διαχείριση της ξηρασίας και της λειψυδρίας (εφόσον είναι δυνατόν), είναι:

- 1) Οι ομάδες υπολεκανών πρέπει να ανήκουν στην ίδια λεκάνη απορροής του ΣΔΛΑΠ
- 2) Οι ομάδες υπολεκανών πρέπει να περιλαμβάνουν τα κέντρα κατανάλωσης και τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους
- 3) Πρέπει να αποτελούν σύμπλεγμα όμορων υπολεκανών, με κατά το δυνατόν όμοια χαρακτηριστικά (γεωμορφολογικά, κλιματικά, διαχειριστικά)

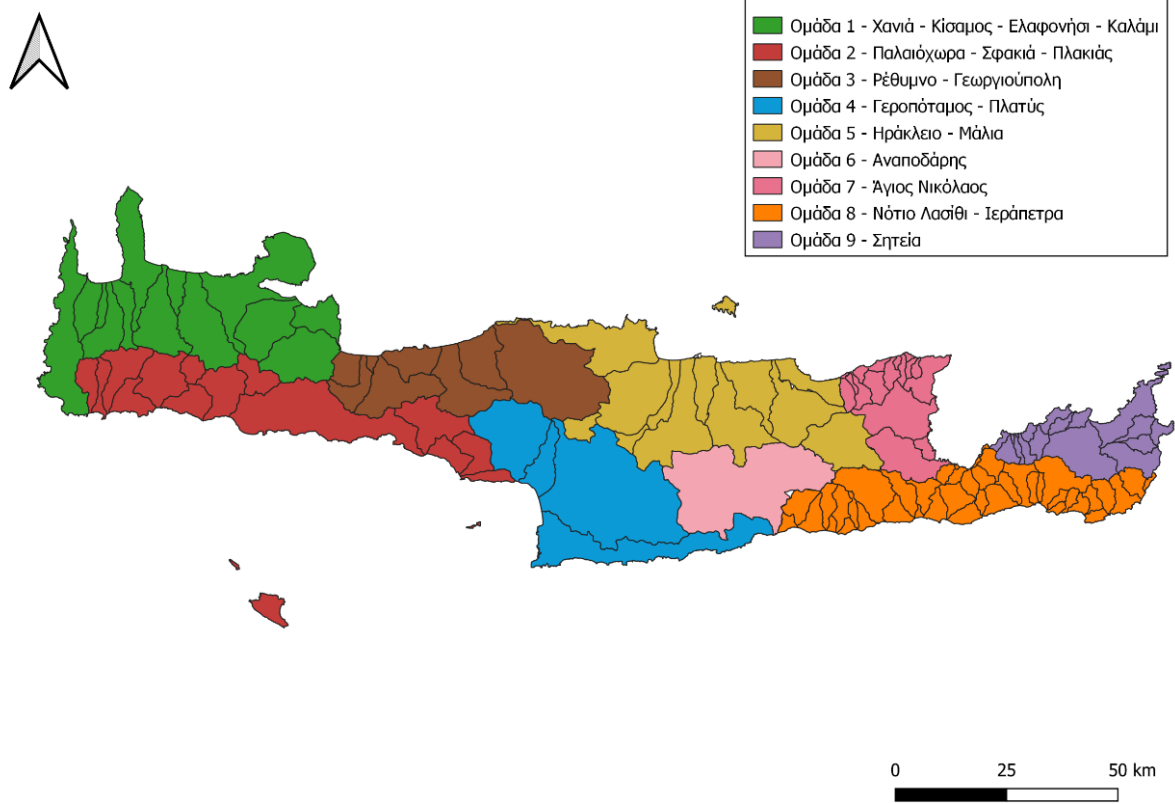
- 4) Κάθε ομάδα υπολεκανών να ανήκει σε ένα νομό (Περιφερειακή Ενότητα).
- 5) Οι υπολεκάνες που συνενώνονται να έχουν υδατικές ανάγκες κατά το δυνατόν παρόμοιας φύσης

Είναι προφανές ότι στην επιλογή των ομάδων δεν μπορούν να ικανοποιηθούν όλα τα παραπάνω κριτήρια, συνεπώς η ικανοποίηση των κριτηρίων γίνεται με τη σειρά σπουδαιότητας που παρουσιάζεται παραπάνω. Μικρές αποκλίσεις παρουσιάζονται ακόμη σε επιλογές με βάση και στα δύο πρώτα κριτήρια.

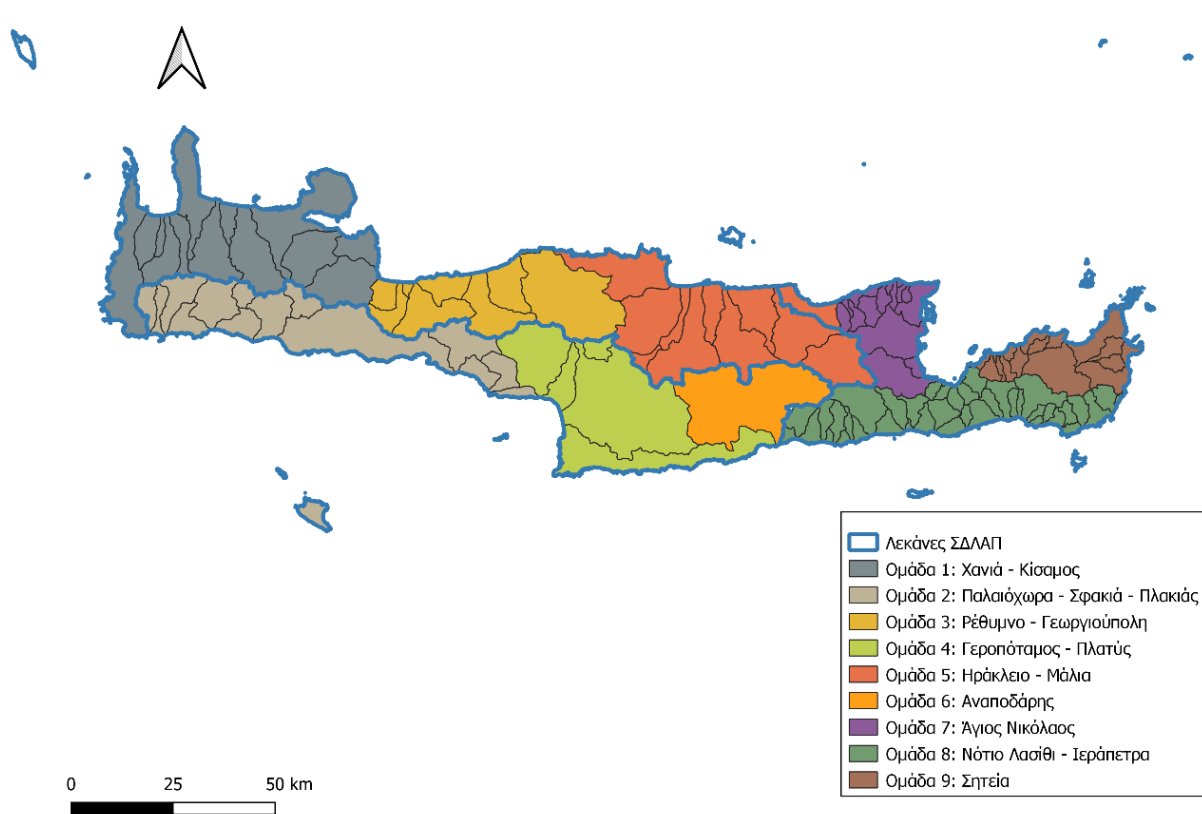
Οι 9 ομάδες υπολεκανών που προέκυψαν έχουν ως εξής:

- Ομάδα 1: ΧΑΝΙΑ - ΚΙΣΑΜΟΣ - ΕΛΑΦΟΝΗΣΙ - ΚΑΛΑΜΙ
- Ομάδα 2: ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΑ - ΣΦΑΚΙΑ - ΠΛΑΚΙΑΣ
- Ομάδα 3: ΡΕΘΥΜΝΟ - ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΗ
- Ομάδα 4: ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΣ - ΠΛΑΤΥΣ
- Ομάδα 5: ΗΡΑΚΛΕΙΟ - ΜΑΛΙΑ
- Ομάδα 6: ΑΝΑΠΟΔΑΡΗΣ
- Ομάδα 7: ΑΓΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
- Ομάδα 8: ΝΟΤΙΟ ΛΑΣΙΘΙ - ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ
- Ομάδα 9: ΣΗΤΕΙΑ

Οι ομάδες υπολεκανών παρουσιάζονται με διαφορετικά χρώματα στους χάρτες που ακολουθούν (Χάρτης 2, Χάρτης 3, Χάρτης 4). Στον παρακάτω Χάρτη (Χάρτης 3), οι ομάδες υπολεκανών παρουσιάζονται σε σχέση με τις λεκάνες του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών (ΣΔΛΑΠ), ενώ στον επόμενο Χάρτη (Χάρτης 4) σε σχέση με τα όρια των Καλλικρατικών Δήμων.

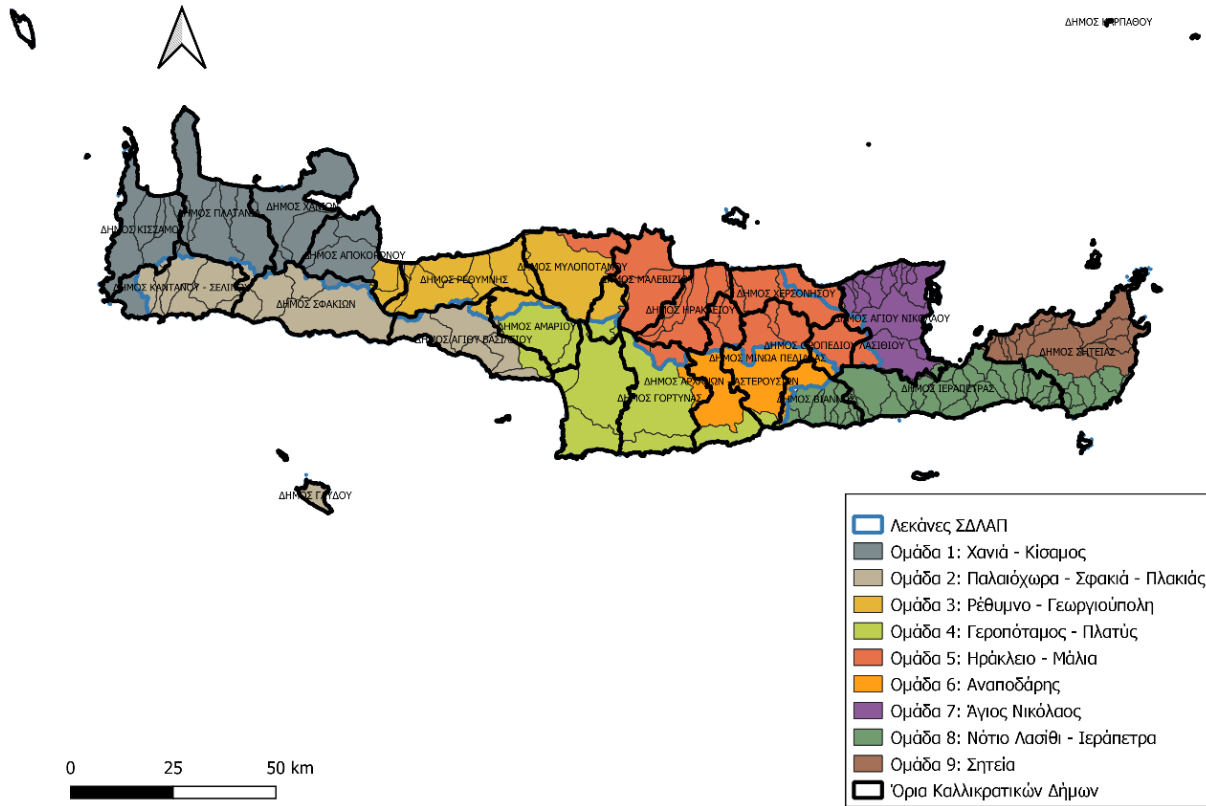


Χάρτης 2: Προτεινόμενες ομάδες υπολεκανών διαχείρισης ξηρασίας



Χάρτης 3: Προτεινόμενες ομάδες υπολεκανών διαχείρισης ξηρασίας και λεκάνες του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών (ΣΔΛΑΠ)

ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ
ΞΗΡΑΣΙΑΣ – ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ



Χάρτης 4: Προτεινόμενες ομάδες υπολεκανών διαχείρισης ξηρασίας και διοικητικά όρια Καλλικρατικών Δήμων

4. ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ - ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

Ο σχεδιασμός για την αντιμετώπιση των φαινομένων ξηρασίας-λειψυδρίας δεν θα ήταν εφικτός χωρίς την ύπαρξη ενός Συστήματος Παρακολούθησης της ξηρασίας που τροφοδοτεί την οποιαδήποτε αντίδραση των αρμοδίων φορέων σε επιχειρησιακή φάση, αλλά και τις κατάλληλες επιλογές κατά τον Στρατηγικό Σχεδιασμό. Η διαδικασία συνίσταται σε μια σειρά υπολογισμών που ξεκινούν από τις μετρηθείσες ποσότητες των μετεωρολογικών παραμέτρων και καταλήγουν σε όλα τα απαραίτητα μεγέθη που απαιτούνται για την υλοποίηση του προγράμματος πρόγνωσης.

Η υπολογιστική διαδικασία είναι απαραίτητη τόσο για την προετοιμασία του συστήματος πρόγνωσης όσο και για τη λειτουργία του σε πραγματικό χρόνο. Οι επιμέρους υπολογισμοί αναφέρονται κατά σειρά στα εξής:

- α) Επεξεργασία των συλλεχθέντων και συλλεγόμενων δεδομένων των μετεωρολογικών μεταβλητών.
- β) Υπολογισμός παραμέτρων για την εκτίμηση των δεικτών ξηρασίας.
- γ) Υπολογισμός δεικτών ξηρασίας σε διάφορες περιόδους αναφοράς (3-μηνα, 6-μηνα, 9-μηνα, κλπ).
- δ) Υπολογισμός συχνοτήτων μετάβασης του δείκτη ξηρασίας από τη μια στην άλλη περίοδο αναφοράς (χρήση ιστορικής σειράς).
- ε) Υπολογισμός δείκτη ξηρασίας για το έτος με βάση την σε πραγματικό χρόνο γνώση της ξηρασίας σε μικρότερη χρονικά περίοδο αναφοράς (εκτίμηση σε πραγματικό χρόνο).
- στ) Εκτίμηση των διαθέσιμων αποθεμάτων.
- ζ) Συσχέτιση της κατάστασης ξηρασίας με τη λεψυδρία και τις επιπτώσεις.

Το σύστημα πρόγνωσης βασίζεται πρωτίστως σε ένα δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών. Όπως προαναφέρθηκε, ως δείκτες ξηρασίας για την περιοχή έχουν επιλεγεί ο SPI και ο aSPI, οι οποίοι αξιοποιούν τα μηνιαία δεδομένα βροχόπτωσης, ενώ ως τελική εκτίμηση της σφοδρότητας της ξηρασίας επιλέγεται η κατάσταση στο έτος. Είναι λογικό η περίοδος αναφοράς των 12 μηνών να αποτελεί την τελική εκτίμηση, γιατί συσχετίζεται ικανοποιητικά με τα μεγέθη της απορροής και

εν γένει με τη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων. Σε μερικές περιπτώσεις (και κυρίως όσον αφορά στον aSPI) η περίοδος αναφοράς μπορεί να επιλέγεται ως η περίοδος των 9 μηνών.

Στη συνέχεια, βάσει της διαθέσιμης χρονοσειράς τιμών του δείκτη ξηρασίας για το πρώτο 3μηνο, 6μηνο ή 9μηνο κάθε έτους και ολόκληρου του αντίστοιχου έτους, μπορούν να υπολογισθούν οι συχνότητες μετάβασης από την αντίστοιχη εποχική κατάσταση (3μηνο, 6μηνο, 9μηνο) στην κατάσταση του έτους. Η πρόγνωση αυτή γίνεται με αβεβαιότητα, ανάλογα με την υφιστάμενη διαφορά στη χρονική κλίμακα. Έτσι, η πρόγνωση βελτιώνεται όσο η περίοδος αναφοράς πλησιάζει στο χρονικό πλαίσιο της πρόβλεψης (π.χ. έτος). Αυτή η μέθοδος πρόγνωσης έχει το πλεονέκτημα της σταδιακής σύγκλισης, λόγω του ότι η αρχική κατάσταση κάθε φορά προκύπτει για αθροιστικό διάστημα που περιλαμβάνει την προηγούμενη κατάσταση.

Στην περίπτωση που από την ιστορική χρονοσειρά δεν μπορούν να εξαχθούν αξιόπιστα οι συχνότητες μετάβασης, προτείνεται η παραγωγή μεγάλων συνθετικών χρονοσειρών μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης με τα γνωστά στοχαστικά μοντέλα. Αν δεν ακολουθηθεί η παραπάνω μέθοδος παραγωγής συνθετικών δεδομένων και παραμείνουμε στην κατά περίπτωση διαθέσιμη χρονοσειρά, μια πιο αξιόπιστη εκτίμηση των συχνοτήτων μετάβασης μπορεί να προέλθει με τη μείωση του αριθμού καταστάσεων σφοδρότητας της ξηρασίας. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται ο αριθμός των γεγονότων από τα οποία θα προκύψουν οι συχνότητες μετάβασης.

Τελευταίο αλλά σημαντικό για την επιτυχή πρόγνωση της κατάστασης της ξηρασίας στο έτος είναι η επεξεργασία της σχέσης μεταξύ τελικής κατάστασης ξηρασίας για το έτος και των αντίστοιχων αναμενόμενων αποτελεσμάτων λειψυδρίας και των επιπτώσεων. Το ύψος αυτών των επιπτώσεων αποτελεί τη διακινδύνευση (risk) που οφείλεται στο αντίστοιχο επίπεδο σφοδρότητας της ξηρασίας. Η γνώση αυτής της σχέσης και της διακινδύνευσης, θα βοηθήσει στη διαμόρφωση των μέτρων που πρέπει να λαμβάνονται κατά περίπτωση, ώστε να μειώνεται η διακινδύνευση σε επίπεδα ανεκτά από το φυσικό και κυρίως το ανθρωπογενές σύστημα.

4.2 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ - ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο εφαρμοζόμενος αλγόριθμος για την πρόγνωση φαινομένων ξηρασίας – λειψυδρίας στην Κρήτη:

ΒΗΜΑ 1

1. Επιλογή μετεωρολογικών σταθμών του δικτύου βάσης του Συστήματος
2. Συλλογή ιστορικών μετεωρολογικών δεδομένων από το δίκτυο σταθμών βάσης της Κρήτης

3. Συλλογή δημογραφικών δεδομένων και καταγραφή υφιστάμενων έργων ταμίευσης και υπόγειων υδροφορέων σε κάθε επιλεγμένη χωρική ενότητα (π.χ. ομάδα υπολεκανών απορροής)
4. Εκτίμηση των αναγκών σε νερό ανά χωρική ενότητα

ΒΗΜΑ 2

1. Υπολογισμός δεικτών ξηρασίας για επιλεγμένες περιόδους αναφοράς (π.χ. 3, 6, 9 ή 12 μήνες) για τους επιλεγμένους σταθμούς
2. Μεταφορά δεικτών ξηρασίας και των συνιστωσών της λειψυδρίας στις επιλεγμένες χωρικές ενότητες
3. Υπολογισμός των πιθανοτήτων μετάβασης (transition probabilities) από τις καταστάσεις ξηρασίας του πρώτου 3μήνου σε περίοδο αναφοράς 12 μηνών για κάθε χωρική ενότητα
4. Υπολογισμός των δεικτών λειψυδρίας για κάθε χωρική ενότητα για κάθε έτος του ιστορικού δείγματος

ΒΗΜΑ 3

1. Εισαγωγή στοιχείων σε πραγματικό χρόνο μέσω ειδικής διαδραστικής ηλεκτρονικής πλατφόρμας (π.χ. ύψος βροχοπτώσεων του πρώτου 3μήνου του υδρολογικού έτους)
2. Υπολογισμοί για την εκτίμηση του επιπέδου ξηρασίας και λειψυδρίας
3. Πρόγνωση συνθηκών ξηρασίας και λειψυδρίας για το έτος

ΒΗΜΑ 4

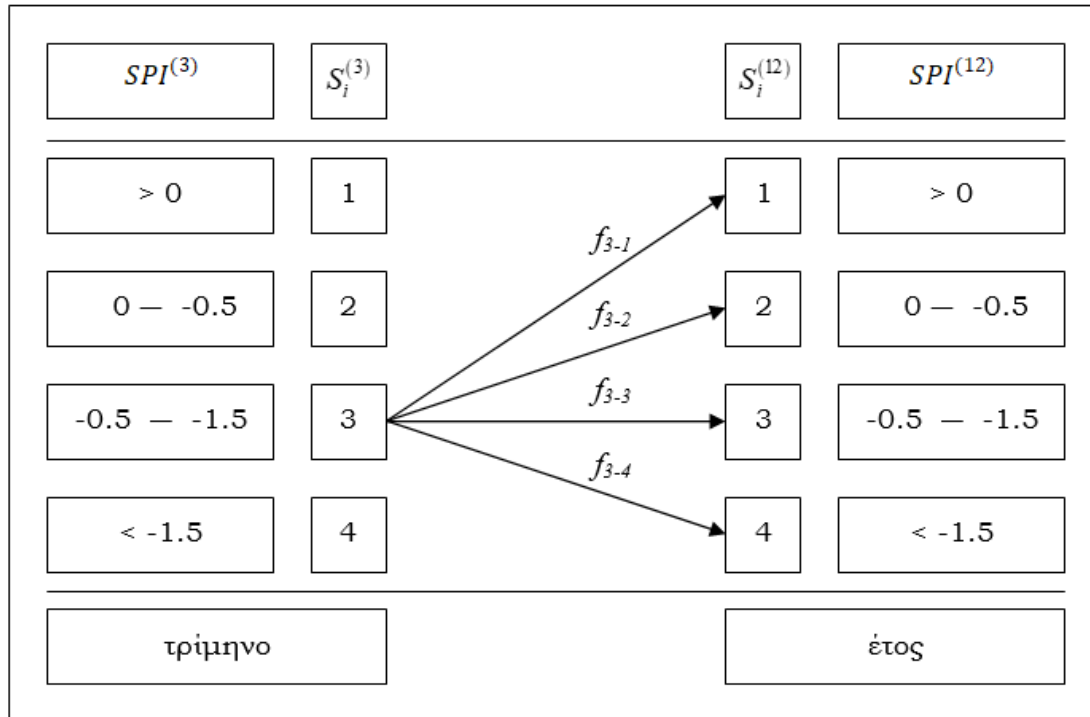
1. Αποτελέσματα ξηρασίας – λειψυδρίας με χάρτες, πίνακες και γραφικές παραστάσεις
2. Λίστα επιλογών
3. Προεπιλογή εναλλακτικών λύσεων
4. Τελική επιλογή λύσεων

4.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΧΡΟΝΟ

Έστω ομάδα υπολεκανών που έχει ετήσιες ανάγκες σε νερό 1 εκ. m³ για άρδευση, 0.5 εκ. m³ για ύδρευση και 0.5 εκ. m³ για άλλες χρήσεις. Διαθέτει μηνιαία βροχομετρικά στοιχεία τουλάχιστον 30 ετών από τα οποία μπορούν να υπολογισθούν οι δείκτες ξηρασίας (π.χ. SPI) για 3, 6, 9 και 12 μήνες. Από τα στοιχεία αυτά μπορούν να εξαχθούν οι πιθανότητες μετάβασης (transition probabilities) από 3 σε 12, από 6 σε 12, από 9 σε 12.

Για την καλύτερη κατανόηση ας δεχτούμε 3 χρονικούς ορίζοντες 3, 6 και 12 μήνες δηλαδή από τα ιστορικά στοιχεία υπολογίσαμε τις transition probabilities από 3->12 και 6->12.

Έστω ότι το ακόλουθο διάγραμμα ταιριάζει με τα στοιχεία που παρακολουθούμε σε πραγματικό χρόνο:



όπου $f_{3-1} = 0.05$, $f_{3-2} = 0.15$, $f_{3-3} = 0.70$ και $f_{3-4} = 0.10$

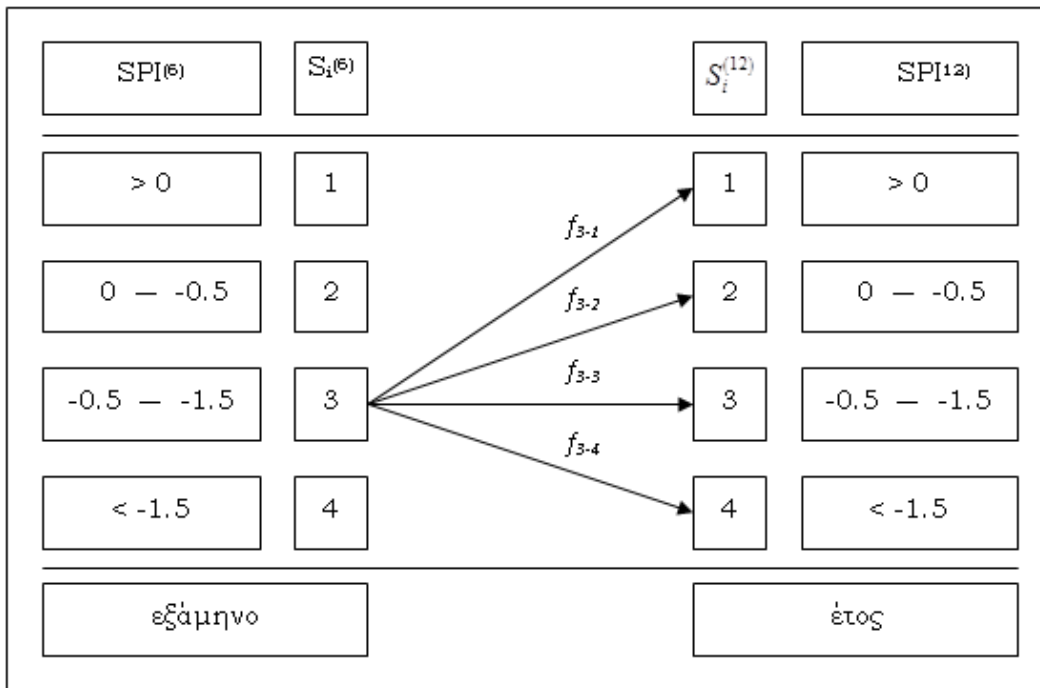
Με την τροφοδότηση με βροχομετρικά στοιχεία του πρώτου 3μηνου των σταθμών που έχουν επιλεγεί για την ομάδα υπολεκανών που εξετάζουμε, υπολογίζουμε τον δείκτη ξηρασίας για τη συγκεκριμένη ομάδα υπολεκανών (π.χ. SPI) που (για παράδειγμα) κατατάσσει το επίπεδο ξηρασίας στο 3 για το πρώτο τρίμηνο του έτους. Τότε χρησιμοποιούμε τις transition probabilities και κάνουμε πρόγνωση για το 12μηνο.

Με βάση αυτό το επίπεδο της ξηρασίας και τις transition probabilities αποφαινόμεστε ότι υπάρχει μεγάλος κίνδυνος για να έχουμε κατηγορία ξηρασίας 3 ή 4 με πιθανότητα 80%. Εδώ η επιτελική ομάδα (task force) καλείται να λάβει τα πρώτα μέτρα και κυρίως να προετοιμάσει τα πιο ουσιαστικά μέτρα για τα επίπεδα ξηρασίας 3 ή 4.

Για το εξάμηνο:

Συμπληρώνουμε τα βροχομετρικά στοιχεία για το εξάμηνο και καταλήγουμε με χρήση του δείκτη ξηρασίας στο επίπεδο ξηρασίας της ομάδας υπολεκανών (π.χ. κατηγορία επιπέδου 3).

Έστω ότι στο παράδειγμα μας από την κατηγορία επιπέδου 3 στο 6μηνο με βάση αυτές τις πιθανότητες καταλήγουμε σε πρόγνωση για το 12μηνο με πιθανότητα η κατηγορία ξηρασίας για όλο το έτος στο 3 ή στο 4 επίπεδο να προβλέπεται με πιθανότητα 90% (0.80+0.10) (σχεδόν βεβαιότητα), όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.



Όπου $f_{3-1} = 0.02$, $f_{3-2} = 0.08$, $f_{3-3} = 0.80$ και $f_{3-4} = 0.10$

Το γεγονός αυτό δικαιολογεί τη λήψη μέτρων αντιμετώπισης της ξηρασίας έγκαιρα.

Για τη λειψυδρία από το πρώτο τρίμηνο (αρχές Ιανουαρίου) και την πρόγνωση του 12μηνου υπολογίζεται η ενεργός βροχόπτωση για το έτος (με συσχέτιση με το δείκτη SPI 12μηνου ή καλύτερα με τον aSPI) που εισάγεται στον δείκτη για τη λειψυδρία Rex.

Σημειώνεται ότι οι ανάγκες για την ομάδα υπολεκανών που εξετάζουμε είναι γνωστές για όλο το χρόνο (π.χ. 2 εκ. m³), και επομένως γίνεται ο υπολογισμός του Rex για το 12μηνο.

Όταν είναι γνωστά τα στοιχεία του εξαμήνου (αρχές Απριλίου) γίνεται η πρόγνωση της ενεργού βροχόπτωσης για το έτος που εισάγεται στον ετήσιο δείκτη λειψυδρίας Rex. Η πρόγνωση αυτή είναι περισσότερο αξιόπιστη όπως στην περίπτωση της ξηρασίας.

Επομένως γνωρίζοντας τον Rex του έτους μετά τους πρώτους 6 μήνες μπορούμε να εκτιμήσουμε τη σοβαρότητα της κατάστασης εφόσον γνωρίζουμε τα διαθέσιμα αποθέματα και μπορούμε να προβούμε σε ανακοινώσεις μέτρων για την αντιμετώπιση των συνθηκών λειψυδρίας.

Σημείωση: Στο παράδειγμα δεν αναφέρονται οι διαδικασίες που περιγράφονται στα κείμενα της μελέτης που απαιτούν ειδικές υπολογιστικές ρουτίνες:

- Υπολογισμός δεικτών ξηρασίας και λειψυδρίας
- Μηχανισμός μεταφοράς δεικτών στις ομάδες υπολεκανών
- Υπολογισμός των πιθανοτήτων μετάβασης

4.4 ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Οι αρχές της λήψης αποφάσεων (decision principles) χωρίζονται σε γενικές αρχές και ειδικές αρχές ανά ομάδα υπολεκανών απορροής.

Οι γενικές αρχές που προτείνονται να υιοθετηθούν στο παρόν Σχέδιο Διαχείρισης Ξηρασίας – Λειψυδρίας της Κρήτης έχουν ως εξής:

1. Υιοθετείται η «ήπια» αξιοποίηση των υδατικών πόρων που συνάδει με την αρχή της «αιεφορίας». Όποιες αποφάσεις για χρήση πόρων λαμβάνονται θα πρέπει να εδράζονται σε ενδεδειγμένο υπολογισμό των διαθέσιμων αποθεμάτων με ένα συντελεστή ασφαλείας τουλάχιστον μικρότερο του 75% (Δηλ. Η προς χρήση ποσότητα θα μπορεί να φτάσει στα 75% των διαθέσιμων αποθεμάτων του υδροφορέα για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο).
2. Διερευνάται η δυνατότητα χρήσης άλλων πόρων (είτε πόρων που δεν χρησιμοποιούνται είτε πόρων που μπορούν να μεταφέρονται από άλλες ομάδες υπολεκανών).
3. Κάθε λύση κάλυψης του υδατικού ελλείμματος πρέπει να αξιολογείται οικονομικά, περιβαλλοντικά, ενεργειακά και ως προς την επίδραση (και αποδοχή) στις τοπικές κοινωνίες.
4. Όλες οι λύσεις κάλυψης του υδατικού ελλείμματος που αξιολογούνται και συγκρίνονται μεταξύ τους πρέπει να είναι **μη μόνιμες** αφού διαμορφώνονται να καλύψουν τις ανάγκες ενός **μη μόνιμου φαινομένου** που είναι η ξηρασία και η λειψυδρία.
5. Για την επιλογή των λύσεων χρήσιμο εργαλείο αποτελεί η προσομοίωση του συνολικού συστήματος παραγωγής και κατανάλωσης των υδατικών πόρων για μελλοντικούς χρονικούς ορίζοντες με βάση τις αντίστοιχες πιθανότητες εξέλιξης των φαινομένων

ξηρασίας – λειψυδρίας.

6. Στην περίπτωση αδυναμίας κάλυψης του υδατικού ελλείμματος υιοθετείται η ιεραρχική ικανοποίηση της ζήτησης στους διάφορους τομείς δραστηριοτήτων:
- Αστική ζήτηση
 - Βιομηχανική ζήτηση
 - Τουριστική ζήτηση
 - Κτηνοτροφική ζήτηση
 - Γεωργική ζήτηση
 - Ζήτηση αναψυχής

Σημειώνεται ότι πριν από τους παραπάνω τομείς ικανοποιούνται οι ανάγκες διατήρησης του περιβάλλοντος και των πόρων καθώς και οι περιορισμοί που σχετίζονται με τα ανωτέρω (όπως εξασφάλιση οικολογικής παροχής, ελάχιστη στάθμη σε υπόγειους υδροφορείς, ελάχιστη στάθμη σε ταμιευτήρες κλπ).

Όσον αφορά στις **ειδικές αρχές** για κάθε ομάδα υπολεκανών, αυτές καθορίζονται πρωτίστως από τις δραστηριότητες, οικονομικές και μη, του πληθυσμού που κατοικεί στις περιοχές αυτές.

Για παράδειγμα στις «τουριστικές περιοχές» οι λύσεις επικεντρώνονται στην κάλυψη της ζήτησης για τον τουρισμό ενώ στις «γεωργικές περιοχές» στην κάλυψη του υδατικού ελλείμματος για τη γεωργία. Συνεπώς ενώ ακολουθούνται οι γενικές αρχές σε κάθε ομάδα υπολεκανών ενδεχομένως να προτείνονται και να υιοθετούνται μικρές παραλλαγές που συνάδουν με τις δραστηριότητες του πληθυσμού της περιοχής.

Μια ειδική αρχή που πρέπει να εξετάζεται κυρίως πριν την αναζήτηση λύσεων εκτός της ομάδας υπολεκανών που μελετάται, είναι η διαπίστωση κατά πόσον υπάρχουν λύσεις για συγκεκριμένες ποσότητες νερού εντός των γεωγραφικών ορίων της ομάδας υπολεκανών.

Με την ευκαιρία αυτή θα πρέπει να τονιστεί ότι εκτός των ποσοτήτων που πρέπει να εξευρεθούν κατά περίπτωση, σημαντικό στοιχείο αποτελεί η «ποιότητα» των πόρων που θα διατεθούν για ορισμένη χρήση. Δηλαδή όταν αναφερόμαστε σε ποσότητες νερού για κάποια χρήση καλό θα είναι να αναφερόμαστε σε ένα **τριδιάστατο μέγεθος** που περιέχει την ποσότητα σε όγκο νερού, την ποιότητα σε σχέση με την αντίστοιχη χρήση και βεβαίως τη χρονική αναφορά (χρονική διάρκεια).

Για την κατανόηση αυτής της ιδιαιτερότητας των υδατικών πόρων ας αναλογιστούμε για ευκολία μία περιοχή (ομάδα υπολεκανών) η οποία κατά τη διάρκεια ενός σημαντικού γεγονότος ξηρασίας έχει ένα έλλειμμα νερού κατάλληλου για άρδευση που μεταβάλλεται από μήνα σε μήνα. Τότε το έλλειμμα μπορεί να εκφραστεί ως όγκος νερού, ποιότητα τουλάχιστον β' (κατάλληλο για άρδευση) τον μήνα π.χ. Ιούλιο.

Με τον τρόπο αυτό σε κάθε τέτοια ομάδα υπολεκανών μπορούν να δημιουργηθούν πίνακες με ελλείμματα και να αναλυθούν επιπλέον οι επιπτώσεις για κάθε στοιχείο του Πίνακα (δηλ. κάθε ποσότητα, κατάλληλης ποιότητας και χρονικής αναφοράς).

Ακολουθούν οι προτάσεις της Μελετητικής Ομάδας για την οργάνωση της Διοίκησης για την αντιμετώπιση των επεισοδίων ξηρασίας-λειψυδρίας. Οι προτάσεις αυτές διακρίνονται για τον στρατηγικό τους χαρακτήρα και συνάδουν με αντίστοιχες προτάσεις για άλλες Μεσογειακές χώρες που έχουν γίνει μέσω Ευρωπαϊκών Προγραμμάτων με τις αντίστοιχες προσαρμογές για τις συνθήκες της Κρήτης.

Επιπρόσθετα για τις παρούσες συνθήκες οργάνωσης της Διοίκησης προτείνονται μεταβατικές οργανωτικές διατάξεις άμεσης εφαρμογής που οριστικοποιήθηκαν μετά τις παρατηρήσεις της υπηρεσίας.

5. ΦΟΡΕΙΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ – ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

5.1 ΕΙΔΙΚΗ ΕΠΙΤΕΛΙΚΗ ΟΜΑΔΑ (TASK FORCE)

Για την ανάληψη της ευθύνης αξιολόγησης κάθε γεγονότος ξηρασίας – λειψυδρίας δημιουργείται στην Αποκεντρωμένη Διοίκηση Κρήτης Ειδική Επιτελική Ομάδα αποτελούμενη από έναν αριθμό 3 τουλάχιστον ειδικών επιστημόνων.

Πιο αναλυτικά η ομάδα πρέπει να διαθέτει τουλάχιστον:

- Έναν Επιστήμονα με αντικείμενο «Υδατικοί πόροι – Υδρολογία – Ποιότητα υδατικών πόρων»
- Έναν Επιστήμονα με αντικείμενο την «Υδρογεωλογία»
- Έναν Επιστήμονα με αντικείμενο τα «Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών και την Γεωπληροφορική» για τη γεωαναφορά των συστημάτων διάθεσης και κατανάλωσης υδατικών πόρων.

Βασικό αντικείμενο της Ειδικής Επιτελικής Ομάδας είναι η συνεχής παρακολούθηση των συνθηκών ξηρασίας – λειψυδρίας με τη συλλογή, ανάλυση και όλους τους υπολογισμούς που απαιτούνται για την εκτίμηση και την πρόγνωση της σφοδρότητας της ξηρασίας και την επικινδυνότητα για τα συστήματα διάθεσης και κατανάλωσης των υδατικών πόρων. Η Επιτελική ομάδα διαθέτει έναν συντονιστή που ορίζεται από τον Συντονιστή/στρια της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης.

5.2 ΚΕΝΤΡΟ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ (ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΡΙΟ ΞΗΡΑΣΙΑΣ – ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ)

5.2.1 Δομή του Παρατηρητηρίου

Το Παρατηρητήριο Ξηρασίας – Λειψυδρίας δημιουργείται στην Αποκεντρωμένη Διοίκηση Κρήτης με σκοπό να αξιολογεί το επίπεδο ξηρασίας – λειψυδρίας σε κάθε χρονική περίοδο και να προτείνει στις αρχές τη λήψη μέτρων για την αντιμετώπιση των φαινομένων αυτών.

Βασική μονάδα του Παρατηρητηρίου είναι η Ειδική Επιτελική Ομάδα (Task Force) που τροφοδοτεί συνεχώς το Παρατηρητήριο με στοιχεία και τιμές των δεικτών που αναφέρονται στην κατάσταση ξηρασίας – λειψυδρίας σε κάθε ομάδα υπολεκανών.

Για τη λήψη αποφάσεων στη Γενική Συνέλευση του Παρατηρητηρίου συμμετέχουν ένας εκπρόσωπος από την Αποκεντρωμένη Διοίκηση (που έχει την ιδιότητα του συντονιστή), ένας εκπρόσωπος της Περιφέρειας και ένας εκπρόσωπος από κάθε Αντιπεριφέρεια. Στη Γενική Συνέλευση επίσης συμμετέχει ο Συντονιστής της Ειδικής Επιτελικής Ομάδας καθώς και ο εκπρόσωπος της Επιτροπής της Χωρικής Ενότητας στην οποία αφορούν τα μέτρα που συζητώνται.

Οι αποφάσεις της Γεν. Συνέλευσης του Παρατηρητηρίου αποτελούν προτάσεις προς τη Διοίκηση για την εφαρμογή των αναγκαίων μέτρων. Σύμφωνα με το Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών η αρμοδιότητα καθορισμού των μέτρων για την προστασία των υδάτων ασκείται από την Αποκεντρωμένη Διοίκηση, ενώ για την τήρηση εφαρμογής των μέτρων σε κεντρικό επίπεδο αρμοδιότητα έχουν η Περιφέρεια και οι Δήμοι.

Σημειώνεται ότι το Παρατηρητήριο πρέπει να διαθέτει γραμματεία με την αντίστοιχη υλικοτεχνική υποδομή που επιβάλλεται για την αρχειοθέτηση και ιστορική καταγραφή όλων των θεμάτων που αφορούν σε φαινόμενα ξηρασίας – λειψυδρίας.

5.2.2 Λειτουργία του Παρατηρητηρίου

Το Παρατηρητήριο που περιγράφεται πιο πάνω συνεδριάζει μια τουλάχιστον φορά το μήνα για να συζητήσει την κατάσταση ξηρασίας – λειψυδρίας σε όλες τις ομάδες υπολεκανών.

Η συνεδρίαση (Γεν. Συνέλευση) των μελών του Παρατηρητηρίου μετά από 3 μήνες από την έναρξη του υδρολογικού έτους (δηλ. αρχές Ιανουαρίου) μπορεί να αξιολογήσει την κατάσταση με βάση τα στοιχεία του πρώτου τριμήνου και με την πρόγνωση της κατάστασης του 12μηνου (δηλ. ολόκληρου του έτους).

Όπως είναι γνωστό η πρόγνωση γίνεται με βάση τις πιθανότητες μετάβασης από το πρώτο 3μηνο στο 12μηνο για κάθε ομάδα υπολεκανών. Ανάλογα με την πρόγνωση το Παρατηρητήριο μπορεί να καταλήξει σε εκτίμηση για το έτος που ακολουθεί το επίπεδο του δείκτη SPI για το 12μηνο (ή και άλλου δείκτη) με τις αντίστοιχες πιθανότητες όπως για παράδειγμα:

1. κανονική κατάσταση πιθανότητα 0,05
2. μέτρια ξηρασία πιθανότητα 0,15
3. έντονη ξηρασία πιθανότητα 0,50
4. ακραία ξηρασία πιθανότητα 0,30

Εφόσον η τάση που αναδεικνύεται είναι ότι το έτος είναι έντονα ξηρό (ίσως και ακραία ξηρό) το Παρατηρητήριο θέτει όλες τις υπηρεσίες και μηχανισμούς σε κατάσταση αυξημένης επιτήρησης.

Αν η πρόγνωση δείξει ότι το έτος προβλέπεται ακραία ξηρό τότε το Παρατηρητήριο μπορεί να προτείνει την κήρυξη των υπηρεσιών και του μηχανισμού σε κατάσταση συναγερμού.

Στις επόμενες συνεδριάσεις των μελών του Παρατηρητηρίου και κυρίως στη συνεδρίαση του βμήνου (δηλ. αρχές Απριλίου) και εφόσον η πρόγνωση οδηγεί σε έτος με έντονη ή ακραία ξηρασία το Παρατηρητήριο μπορεί να εισηγηθεί την κήρυξη κατάστασης συναγερμού ή ακόμη και κατάσταση έκτακτης ανάγκης.

Συμπερασματικά οι κρίσιμες αποφάσεις του Παρατηρητηρίου λαμβάνονται στις αρχές Ιανουαρίου και στις αρχές Απριλίου.

Οι καταστάσεις συναγερμού και έκτακτης ανάγκης περιλαμβάνουν μία σειρά από μέτρα και δράσεις είτε οριζόντια για όλες τις ομάδες υπολεκανών ή μόνο για κάποιες από αυτές.

Πίνακας 5.1: Καταστάσεις αξιολόγησης επιπέδου ξηρασίας στο έτος

1. Απλή επιτήρηση	
2. Αυξημένη επιτήρηση	
3. Κατάσταση συναγερμού	
4. Κατάσταση Έκτακτης Ανάγκης	

Αν κρίνεται απαραίτητη η διαφοροποίηση των μέτρων και των δράσεων στις ομάδες υπολεκανών, αυτό θα πρέπει να οφείλεται είτε στην διαφορετική κατάσταση ξηρασίας που προβλέπεται για αυτές τις ομάδες υπολεκανών, είτε λόγω των υδατικών αποθεμάτων που διαθέτουν. Τέλος, η διαφοροποίηση των μέτρων μπορεί και να τεκμηριώνεται με βάση τους κλάδους κατανάλωσης νερού στις συγκεκριμένες ομάδες υπολεκανών.

Ενδεικτικά τα μέτρα που μπορούν να λαμβάνονται από τις αρμόδιες αρχές στις καταστάσεις συναγερμού και έκτακτης ανάγκης (με πρόταση του Παρατηρητηρίου), παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα. Σημειώνεται ότι τα παρακάτω μέτρα στηρίζονται στα αποτελέσματα ευρωπαϊκών ερευνητικών προγραμμάτων με τη συμμετοχή των μεσογειακών κρατών (π.χ. MEDROPLAN DROUGHT MANAGEMENT GUIDELINES / Euro-Mediterranean Regional Programme

for Local Water Management, European Project «Proactive Management of Water Systems to Face Drought and Water Scarcity in Islands and Coastal Areas of the Mediterranean» κλπ) με τις αντίστοιχες προσαρμογές για τις ιδιαίτερες συνθήκες της Κρήτης.

Πίνακας 5.2: Καταστάσεις αξιολόγησης επιπέδου ξηρασίας στο έτος

A. Κατάσταση Συναγερμού	
Μέτρα μείωσης της ζήτησης	
1.	<p>Δημόσιες εκστρατείες (καμπάνιες) ενημέρωσης για εθελοντική μείωση της ζήτησης</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Από Αγρότες, βιομήχανους / βιοτέχνες, τουριστικούς πράκτορες, δημόσιο ii. Ανταποδοτικά μέτρα και κίνητρα για τη μείωση της ζήτησης ανά κατηγορία καταναλώσεων iii. Προτάσεις για περιορισμό των αντλήσεων από υπόγειους υδροφορείς iv. Προτάσεις για μειωμένες απολήψεις από αποθηκευτικά έργα
2.	<p>Δωρεάν διανομή ή/και εγκατάσταση ειδικών συσκευών εξοικονόμησης νερού με την προϋπόθεση εξασφάλισης σχετικού έκτακτου κονδυλίου από Δήμους / ΔΕΥΑ:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Εκτεταμένη εγκατάσταση μετρητών νερού (σε όλους τους τύπους των συστημάτων) ii. Ρυθμιστές ροής στα ντους iii. Περιορισμός ροής στα ντους iv. Περιοριστές ροής τουαλέτας (toilet dams) v. Βαλβίδες μείωσης πίεσης
3.	<p>Περιορισμοί σε μη βασικές χρήσεις:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Πλύσιμο οδοστρωμάτων ii. Ξέπλυμα πεζοδρομίων iii. Πλύσιμο αυτοκινήτων iv. Πότισμα οικιακού γρασιδιού (γκαζόν) v. Γέμισμα κολυμβητικών δεξαμενών vi. Χρήση υδρόψυκτων κλιματιστικών, χωρίς επανακυκλοφορία του νερού vii. Λειτουργία δημόσιων συντριβανιών / βρυσών viii. Άρδευση πάρκων ix. Άρδευση γηπέδων γκολφ x. Άρδευση των πολυετών και ανθεκτικών στην ξηρασία καλλιεργειών
4.	<p>Απαγόρευση επιλεγμένων εμπορικών και καθιερωμένων χρήσεων με ευθύνη του ελέγχου στις κατά τόπους αστυνομικές αρχές:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Πλυντηρίων αυτοκινήτων

<ul style="list-style-type: none"> ii. Χρήσης ντους σε δημόσια κτήρια iii. Πότισμα μη σημαντικών φυτών <p>Το συγκεκριμένο μέτρο 4 μπορεί να επιβληθεί σε επίπεδο κεντρικής διοίκησης (π.χ. Υπουργείο Ανάπτυξης) μετά από εισήγηση της Συντονίστριας της Α.Δ. Κρήτης.</p>
<p>5. Περιορισμός/Τιμολόγηση έκτακτων συνθηκών (κατά τη διάρκεια της ξηρασίας):</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Ορισμός μέγιστης κατανάλωσης (πλαφόν) ανά χρήση ii. Αλλαγή του ισχύοντος τιμολογίου με γενναία έως και απαγορευτική (για πληρωμή) αύξηση της τιμής χρέωσης στις εκτός πλαφόν ποσότητες ως μέτρο αποθάρρυνσης της κατανάλωσης.
<p>6. Ορθολογικός προγραμματισμός</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Κατανομή του αρδευτικού νερού ανά περιοχή και είδος καλλιέργειας ii. Κατανομή νερού οικιακής χρήσης κατά κεφαλήν iii. Κατανομή νερού οικιακής χρήσης ανά νοικοκυριό iv. Κατανομή νερού οικιακής χρήσης πριν από την πραγματική χρήση v. Ποσοστιαία μείωση των εμπορικών και καθιερωμένων χρήσεων vi. Ποσοστιαία μείωση της βιομηχανικής χρήσης vii. Ποσοστιαία μείωση κατανάλωσης κυρίως των βιομηχανιών και εμπορικών επιχειρήσεων, με υψηλή χρήση νερού
<p>7. Οριζόντιες μειώσεις κατανάλωσης & εντατικοποίηση ελέγχων</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Οριζόντια ποσοστιαία μείωση των απολήψιμων ποσοτήτων νερού από τα αδειοδοτημένα σημεία υδροληψίας σύμφωνα με το αρχείο της Δ/σης Υδάτων ii. Εντατικοποίηση των ελέγχων τήρησης των όρων των αδειών χρήσεως νερού για τις ιδιωτικές γεωτρήσεις με επιβολή κυρώσεων στους παραβάτες.
<p>Βελτιώσεις για την αποτελεσματικότητα του συστήματος¹</p>
<p>1. Στην πηγή (π.χ. φρεατίων, δεξαμενών κλπ)</p>

¹ Εννοούνται μέτρα/ έργα για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας του κάθε τμήματος με τη μείωση των απωλειών νερού.

2. Στη μονάδα επεξεργασίας νερού
3. Στο δίκτυο διανομής: <ul style="list-style-type: none"> i. Μείωση της πίεσης του συστήματος στο ελάχιστο δυνατό επίπεδο ii. Υλοποίηση ενός προγράμματος εντοπισμού διαρροών και επισκευών iii. Διακοπτόμενη υδροληψία
4. Επιλογή επιθεώρησης μεμονωμένων νοικοκυριών για επισκευές (όπου διαπιστώνεται μεγάλη μη αναμενόμενη κατανάλωση)
B. Κατάσταση Έκτακτης Ανάγκης (επιπλέον μέτρα)
Παροχή νερού έκτακτης ανάγκης
1. Μεταφορές μεταξύ διαφορετικών χρήσεων <ul style="list-style-type: none"> i. Σχεδιαζόμενη ανακατανομή της άρδευσης για τις δημοτικές χρήσεις
2. Μεταφορές μεταξύ διαφορετικών περιοχών <ul style="list-style-type: none"> i. Διασυνδέσεις επείγουσας ανάγκης μεταξύ περιοχών ii. Εισαγωγή νερού με βυτία iii. Εισαγωγή νερού με άλλα μέσα
3. Εκτροπές πολλαπλού σκοπού <ul style="list-style-type: none"> i. Μείωση της απελευθέρωσης νερού ταμιευτήρων για άλλες χρήσεις (υδροηλεκτρική ενέργεια - έλεγχος των πλημμυρών) ii. Μείωση των ελάχιστων απαιτήσεων οικολογικής παροχής ποταμών
4. Βοηθητικές πηγές έκτακτης ανάγκης <ul style="list-style-type: none"> i. Αξιοποίηση ανεκμετάλλετων λιμνών ii. Αξιοποίηση του νεκρού όγκου ταμιευτήρων iii. Υφάλμυρες πηγές iv. Επαναχρησιμοποίηση του νερού μετά από αστική χρήση και επεξεργασία v. Παραγωγή νερού από μονάδες αφαλάτωσης

Συνοδευτικά και πέρα από τα παραπάνω μέτρα, ενδεικτικά μέτρα που έχουν προταθεί στο παρελθόν για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας από τη Διεύθυνση Υδάτων της Περιφέρειας Κρήτης για το 2018 βρίσκονται στο Παράρτημα 3 της παρούσας μελέτης. Επίσης ενδεικτικά μέτρα που προτάθηκαν το 2018 από τον Ελληνικό Γεωργικό Οργανισμό – Γενική Διεύθυνση Αγροτικής Έρευνας και πιο συγκεκριμένα από το Ινστιτούτο Ελιάς, Υποτροπικών Φυτών και Αμπέλου της Κρήτης παρουσιάζονται στο Παράρτημα 4.

5.3 ΕΠΙΤΡΟΠΕΣ ΑΝΑ ΧΩΡΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ

Σε κάθε ομάδα υπολεκανών (χωρική ενότητα) ορίζεται μια τριμελής επιτροπή που αποτελείται από έναν εκπρόσωπο του φορέα κατανάλωσης αστικού νερού (π.χ. Πρόεδρος ΔΕΥΑ), από ένα εκπρόσωπο του φορέα κατανάλωσης αρδευτικού νερού (π.χ. Πρόεδρος ΤΟΕΒ), και ένα εκπρόσωπο των περιβαλλοντικών οργανώσεων της περιοχής εφόσον υπάρχει (που ορίζεται από τον Συντονιστή της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης). Ο εκπρόσωπος των περιβαλλοντικών οργανώσεων προσκαλείται ως «ακροατής» σε κάθε συνεδρίαση της επιτροπής. Αναλόγως μπορούν να προσκαλούνται ως ακροατές και εκπρόσωποι άλλων φορέων.

Ένας εκ των δύο μόνιμων μελών συμμετέχει στις εργασίες του Παρατηρητηρίου όταν συζητώνται θέματα που αφορούν στην ομάδα υπολεκανών της συγκεκριμένης τριμελούς επιτροπής.

Βασικό αντικείμενο της επιτροπής είναι η εφαρμογή των μέτρων που αποφασίζονται από τα αρμόδια όργανα. Επιπρόσθετα, η επιτροπή τροφοδοτεί με στοιχεία και δεδομένα το Παρατηρητήριο και προτείνει τρόπους αντιμετώπισης των φαινομένων ξηρασίας – λειψυδρίας για την ομάδα υπολεκανών που επιβλέπει. Τέλος, συνεργάζεται με τα αρμόδια όργανα της πολιτείας για τον έλεγχο της εφαρμογής των μέτρων.

Ακολούθως παρατίθεται ενδεικτικά η προτεινόμενη σύσταση των ως άνω επιτροπών ανά ομάδα υπολεκανών. Η πρώτη στήλη αφορά στην ομάδα υπολεκανών, και οι τρεις άλλες στήλες σε εκπροσώπους ΔΕΥΑ ή Δήμων, του αντίστοιχου ΤΟΕΒ ή γεωργικού συνεταιρισμού και της ενεργούς περιβαλλοντικής οργάνωσης που δραστηριοποιείται στην περιοχή.

Σημειώνεται ότι στο μεταβατικό στάδιο άμεσης εφαρμογής δεν προβλέπονται Επιτροπές ανά χωρική ενότητα στο Οργανόγραμμα αντιμετώπισης των φαινομένων της Ξηρασίας-Λειψυδρίας.

Πίνακας 5.3 Προτεινόμενη σύσταση των ως άνω χωρικών επιτροπών ανά ομάδα υπολεκανών

Ομάδα υπολεκανών	ΔΕΥΑ/Δήμος	ΤΟΕΒ/Δήμος/Γεωργ. Συνεταιρισμός	Περιβαλλοντική Οργάνωση
Ομάδα 1: ΧΑΝΙΑ - ΚΙΣΑΜΟΣ - ΕΛΑΦΟΝΗΣΙ - ΚΑΛΑΜΙ	ΔΕΥΑ ΧΑΝΙΩΝ ΔΕΥΑΒΑ ΟΑΚ	ΤΟΕΒ ΒΑΡΥΠΕΤΡΟΥ	Ορίζεται από τον Συντονιστή της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης
Ομάδα 2: ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΑ - ΣΦΑΚΙΑ - ΠΛΑΚΙΑΣ	ΔΕΥΑ ΣΕΛΙΝΟΥ	Δ. ΣΦΑΚΙΩΝ Δ. ΑΓΙΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ ΤΟΕΒ ΚΟΥΝΤΟΥΡΑΣ	
Ομάδα 3: ΡΕΘΥΜΝΟ - ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΗ	ΔΕΥΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ ΟΑΚ	ΤΟΕΒ ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΗΣ - ΚΟΥΡΝΑ	

Ομάδα υπολεκανών	ΔΕΥΑ/Δήμος	ΤΟΕΒ/Δήμος/Γεωργ. Συνεταιρισμός	Περιβαλλοντική Οργάνωση
Ομάδα 4: ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΣ - ΠΛΑΤΥΣ	ΔΕΥΑ ΦΑΙΣΤΟΥ	Δ. ΓΟΡΤΥΝΑΣ ΤΟΕΒ Α' ΖΩΝΗΣ ΜΕΣΣΑΡΑΣ ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ-ΒΩΡΩΝ ΤΟΕΒ Β' ΖΩΝΗΣ ΜΕΣΣΑΡΑΣ ΤΟΕΒ Γ' ΖΩΝΗΣ ΜΕΣΣΑΡΑΣ	
Ομάδα 5: ΗΡΑΚΛΕΙΟ - ΜΑΛΙΑ	ΔΕΥΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ ΔΕΥΑ ΜΑΛΕΒΙΖΙΟΥ ΔΕΥΑ ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ ΟΑΚ	Δ. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	
Ομάδα 6: ΑΝΑΠΟΔΑΡΗΣ	Δ. ΜΙΝΩΑ ΠΕΔΙΑΔΑΣ	Δ. ΑΡΧΑΝΩΝ – ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ ΤΟΕΒ ΙΝΙΟΥ-ΜΑΧΑΙΡΑΣ- ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙΟΥ	
Ομάδα 7: ΑΓΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ	ΔΕΥΑ ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ	ΤΟΕΒ ΜΙΡΑΜΠΕΛΛΟΥ	
Ομάδα 8: ΝΟΤΙΟ ΛΑΣΙΘΙ - ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	Δ. ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ	ΤΟΕΒ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ ΤΟΕΒ ΒΙΑΝΝΟΥ	
Ομάδα 9: ΣΗΤΕΙΑ	ΔΕΥΑ ΣΗΤΕΙΑΣ	ΤΟΕΒ ΣΗΤΕΙΑΣ - ΠΙΣΚΟΚΕΦΑΛΟΥ	

5.4 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Για τη λήψη των μέτρων για την αντιμετώπιση των φαινομένων ξηρασίας και λειψυδρίας, η Ειδική Επιτελική Ομάδα συγκεντρώνει όλα τα απαραίτητα στοιχεία, κάνει τους απαραίτητους υπολογισμούς και αναλύει τα αποτελέσματα.

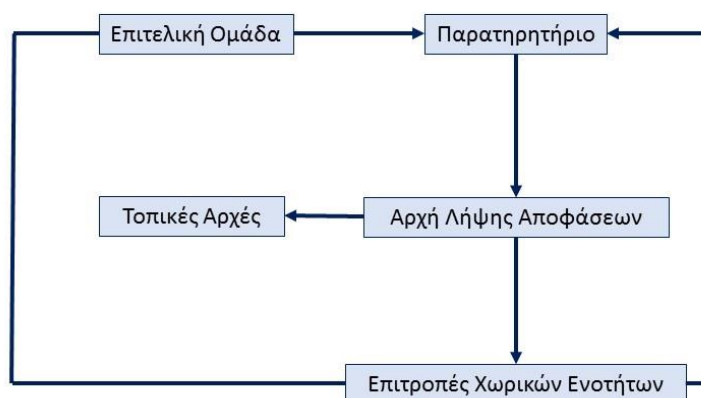
Η πρώτη αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των υπολογισμών γίνεται με τα στοιχεία του πρώτου τριμήνου (αρχές Ιανουαρίου), ενώ η πιο ασφαλής πρόγνωση για τη λήψη μέτρων γίνεται με τα στοιχεία του πρώτου εξαμήνου του υδρολογικού έτους (αρχές Απριλίου).

Το Διάγραμμα Ροής για τη λήψη και εφαρμογή των μέτρων παρουσιάζεται στο Σχήμα 1. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα του προαναφερόμενου σχήματος, η Ειδική Επιτελική Ομάδα προωθεί τα αποτελέσματα και τις απόψεις της στο Παρατηρητήριο, το οποίο αποφαινεται σχετικά μετά από εκτεταμένη και σε βάθος συζήτηση με όλα τα μέλη του και επομένως και με μέλη που αντιπροσωπεύουν τις ομάδες υπολεκανών στις οποίες αφορούν τα προτεινόμενα μέτρα.

Το Παρατηρητήριο λαμβάνει τις αποφάσεις (προτάσεις) που τις προωθεί με τεκμηριωμένη πρόταση στην αρμόδια αρχή η οποία τελικά αποφασίζει για τα μέτρα που κρίνονται αναγκαία για την αντιμετώπιση αυτών των φαινομένων.

Σε συνέχεια, η Αρχή λήψης αποφάσεων ανακοινώνει τα μέτρα και καθιστά υπεύθυνους για την τήρηση τους τις επιτροπές χωρικών ενοτήτων, αλλά και τις αρμόδιες τοπικές υπηρεσίες του κράτους.

Όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα Ροής του παρακάτω Σχήματος (Σχήμα 1), οι Επιτροπές των χωρικών ενοτήτων συλλέγουν στοιχεία τόσο για την εξέλιξη των φαινομένων, όσο και για την τήρηση εφαρμογής των μέτρων, που προωθούν (ΑΝΑΔΡΑΣΗ) στην Ειδική Επιτελική Ομάδα και στο Παρατηρητήριο με σκοπό τη βελτίωση των αποφάσεων και τη μεγαλύτερη αποδοτικότητα των μέτρων.



Σχήμα 1: Η διαδικασία λήψης αποφάσεων για την αντιμετώπιση της ξηρασίας - λειψυδρίας

5.5 ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

Για την οργάνωση που προτείνεται στις προηγούμενες παραγράφους πρέπει να προβλεφθούν και μεταβατικές διατάξεις που θα ισχύσουν μέχρι τη θεσμοθέτηση και τη στελέχωση των παραπάνω φορέων, ή που θα ισχύουν αν υπάρξει πλήρης αδυναμία υλοποίησης του σχεδίου για την αντιμετώπιση της ξηρασίας – λειψυδρίας όπως προτείνεται στην παρούσα μελέτη.

Προτείνεται στο μεταβατικό στάδιο η ανάληψη των αρμοδιοτήτων της Ειδικής Επιτελικής Ομάδας από Ειδικό Γραφείο - Τμήμα στη Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης, και η ανάληψη των αρμοδιοτήτων του Παρατηρητηρίου από το Συμβούλιο Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης, όταν αυτό συγκροτηθεί.

Τα όργανα και οι αρμοδιότητες σε σχέση με τη διαχείριση των υδατικών πόρων, ιδιαίτερα για την Περιφέρεια Κρήτης, παρουσιάζονται στο Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών και αναπαράγονται στο Παράρτημα 2 αυτής της μελέτης.

Εντούτοις, επειδή μέχρι σήμερα δεν έχουν συγκροτηθεί τα Συμβούλια Υδάτων σε καμία Αποκεντρωμένη Διοίκηση της Χώρας, και μετά από συνεννόηση με την υπηρεσία, προτείνουμε ακολούθως σε μεταβατικό επίπεδο μία περισσότερο απλοποιημένη δομή στην οργάνωση για την αντιμετώπιση των φαινομένων ξηρασίας – λειψυδρίας, με στόχο τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα κατά την περίοδο αυτή.

Ειδικότερα προτείνεται η δημιουργία Ειδικού Γραφείου – Τμήματος Ξηρασίας – Λειψυδρίας που θα αποτελείται από εξειδικευμένο προσωπικό επιστημόνων και τεχνικών (π.χ. 2-3 ατόμων) με συγκεκριμένες αρμοδιότητες και θα υπάγεται στη Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης.

Το Ειδικό Γραφείο-Τμήμα Ξηρασίας – Λειψυδρίας (ΕΓΤΞΛ) θα παρακολουθεί, θα συλλέγει και θα αναλύει τα στοιχεία εκείνα που θα είναι απαραίτητα για τον υπολογισμό (βάσει ειδικών αλγορίθμων) του επιπέδου της ξηρασίας και λειψυδρίας σε κάθε ομάδα υπολεκανών. Επιπρόσθετα, θα συντάσσει ανά τρίμηνο, τεχνική έκθεση, στην οποία θα παρατίθενται τα στοιχεία για την εκτίμηση του επιπέδου κινδύνου ξηρασίας - λειψυδρίας των 9 ομάδων υπολεκανών της Κρήτης.

Στο μεταβατικό στάδιο δεν προτείνεται η σύσταση χωρικών επιτροπών ανά ομάδα υπολεκανών όπως παρουσιάστηκε στον Πίνακα που προηγήθηκε (Πίνακας 5.3).

Η Δ/ση Υδάτων της ΑΔΚ, θα εισηγείται προς τους αρμόδιους φορείς και Υπηρεσίες την εφαρμογή των αντίστοιχων μέτρων που θα πρέπει να λαμβάνονται για την αντιμετώπιση επεισοδίων ξηρασίας-λειψυδρίας, σύμφωνα με την κανονιστική απόφαση, όπως θα έχει εγκριθεί από τη Συντονίστρια της ΑΔΚ.

Τέλος σημειώνεται ότι μέχρι τη σύσταση του Ειδικού Γραφείου Τμήματος Ξηρασίας – Λειψυδρίας προτείνεται η ανάληψη των καθηκόντων και αυτού να γίνει από τη Διεύθυνση Υδάτων της ΑΔΚ με την παράλληλη ενίσχυση και στελέχωσή της με το κατάλληλο προσωπικό.

5.6 ΟΔΗΓΙΕΣ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΑ ΕΓΓΡΑΦΑ ΑΝΑ ΦΟΡΕΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Οι οδηγίες προς τους φορείς Διαχείρισης Υδατικών Πόρων προφανώς ακολουθούν απόλυτα τις συνθήκες ξηρασίας-λειψυδρίας που διαμορφώνονται κατά περίπτωση σε κάθε ομάδα υπολεκανών.

Συνεπώς οι βασικές οδηγίες και τα βασικά έγγραφα που παρουσιάζονται στην παράγραφο αυτή μόνο ενδεικτικό χαρακτήρα μπορούν να έχουν.

Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενη παράγραφο αυτής της έκθεσης σε κάθε ομάδα υπολεκανών (χωρική ενότητα) ορίζεται μια τριμελής επιτροπή που αποτελείται από έναν εκπρόσωπο του φορέα κατανάλωσης αστικού νερού (π.χ. Πρόεδρος ΔΕΥΑ), από ένα εκπρόσωπο του φορέα κατανάλωσης αρδευτικού νερού (π.χ. Πρόεδρος ΤΟΕΒ), και ένα εκπρόσωπο των περιβαλλοντικών οργανώσεων.

Ο συντονιστής αυτής της επιτροπής που θα είναι κατά βάση ο Πρόεδρος της ΔΕΥΑ ή ο Πρόεδρος του αντίστοιχου ΤΟΕΒ, εκτός και αν η τριμελής επιτροπή αποφασίζει διαφορετικά, θα είναι ουσιαστικά υπεύθυνος για την τήρηση των μέτρων που αποφασίζονται.

Ενδεικτικά έγγραφα με οδηγίες για την τήρηση των μέτρων για την αντιμετώπιση της ξηρασίας /λειψυδρίας παρουσιάζονται στο Παράρτημα αυτής της Τεχνικής Έκθεσης. Τα έγγραφα αυτά απευθύνονται στους καταναλωτές νερού από φορείς που συμμετέχουν στις Επιτροπές των Χωρικών Ενοτήτων (όπως οι ΔΕΥΑ και οι ΤΟΕΒ) και αναφέρονται στις καταστάσεις ξηρασίας/λειψυδρίας συναγεμίου, και έκτακτης ανάγκης. Αντίστοιχη ειδοποίηση θα απευθύνεται και στη Δημόσια Αρχή για την τήρηση των μέτρων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση

- Begueraía S., Vicente-Serrano S.M., Reig F., Latorre B., 2014. Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring. *International Journal of Climatology*, 34(10): 3001-3023.
- Beran, M.A., Rodier, J.A., 1985. *Hydrological Aspects of Drought*. Studies and Reports in Hydrology 39, Unesco-WMO, ISBN: 92-3-102288-1, France, 151 pp.
- Bhalme, H.N., Mooley, D.A., 1980. Large scale droughts/floods and monsoon circulation. *Monthly Weather Review*, 108:8, 1197-1211.
- Bonaccorso B., Cancelliere A., Rossi G., 2003. An analytical formulation of return period of drought severity. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 17(3): 157-174.
- Correia, F.N., Santos, M.A., Rodrigues, R.R., 1991. Reliability in Regional Drought Studies. In: *Water Resources Engineering Risk Assessment*, Jacques Ganoulis (ed.), NATO ASI Series, Vol. G 29, Berlin, 43-62.
- Dracup J.A., Lee K.S., Paulson E.G., 1980. On the statistical characteristics of drought events. *Water Resources Research*, 16(2): 289-296.
- Edossa, D.C., Babel, M.S., Guota, A.D., 2010. Drought Analysis in the Awash River Basin, Ethiopia. *Water Resources Management*, 24:7, 1441-1460.
- Edwards, D.C., McKee, T.B., 1997. Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. *Climatology Report No. 97-2 (Atmospheric Science Paper No. 634)*, Department of Atmospheric Science, Colorado State University, Fort Collins (CO), May 1997, 155 p.
- Fernández B., Salas J., 1999. Return period and risk of hydrologic events. I. Mathematical formulation. *Journal of Hydrologic Engineering*, 4(4): 297-307.
- Gibbs, W.J., Maher, J.V., 1967. Rainfall deciles as drought indicators. *Bureau of Meteorology Bulletin 48*, Commonwealth of Australia, Melbourne, Australia, 84 p.
- Glantz, M.H., Katz, R.W., 1977. When is a drought a drought? *Nature*, 267: 192-193.
- Guha-Sapir, D., Hargitt, D., Hoyois, P., 2004. *Thirty Years of Natural Disasters 1974-2003: The Numbers*. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, Presses Universitaires de Louvain (UCL), Brussels, 188 pp.
- Gumbel, E.J., 1963. Statistical Forecast of Droughts. *International Association of Scientific Hydrology. Bulletin*, 8:1, 5-23.
- Hargreaves G.H., Samani Z.A., 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Transaction of ASAE*, 1(2): 96-99.
- Hashimoto, T., Stedinger, J.R., Loucks, D.P., 1982. Reliability, resiliency, and vulnerability criteria for water resource system performance evaluation. *Water Resources Research*, 18:1, 14-20.
- Hayes, M.J., Alvord, C., Lowrey J., 2007. Drought Indices. *Feature Article, Intermountain West Climate Summary*, 3:6, 2-6.
- Hayes, M.J., Svoboda, M.D., Wilhite, D.A., Vanyarkho, O.V., 1999. Monitoring the 1996 Drought Using the Standardized Precipitation Index. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80:3, 429-438.

- Heim R.R., 2002. A Review of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83:8, 1149-1165.
- Hollinger, S.E., Isard, S.A., Welford, M.R., 1993. A new soil moisture drought index for predicting crop yields. *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society. Anaheim (CA), 17-22 January 1993, AMS, pp 187-190.*
- Jinno, K., 1995. Risk Assessment of a Water Supply System during Drought. *International Journal of Water Resources Development*, 11:2, 185-204.
- Katz, R.W., Glantz, M.H., 1986. Anatomy of a rainfall index. *Monthly Weather Review*, 114:4, 764-771.
- Keyantash, J., Dracup, J.A., 2002. The Quantification of Drought: An Evaluation of Drought Indices. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83:8, 1167-1180.
- Kumar V, Panu U, 1997. Predictive assessment of severity of agricultural droughts based on agro-climatic factors. *Journal of the American Water Resources Association* 33: 1255-1264
- McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scale. *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society. Anaheim (CA), 17-22 January 1993, AMS, pp. 179-184.*
- Meyer, S.J., Hubbard, K.G., Wilhite, D.A., 1993. A crop specific drought index for corn: I. Modern development and validation. *Agronomy Journal*, 85:2, 388-395.
- Mishra, A.K., Singh, V.P., 2010. A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391:1-2, 202-216.
- Nalbantis, I., Tsakiris, G., 2009. Assessment of hydrological drought revisited. *Water Resources Management*, 23:5, 881-897.
- Narasimhan, B., Srinivasan, R., 2005. Development and evaluation of Soil Moisture Deficit Index (SMDI) and Evapotranspiration Deficit Index (ETDI) for Agricultural Drought Monitoring. *Agricultural and Forest Meteorology*, 133:1-4, 69-88.
- NDMC, 1995. Understanding and Defining Drought. Categories of Drought Definition, <http://enso.unl.edu/ndmc/enigma/def2.htm>, First published: November 15, 1995.
- Niemeyer, S., 2008. New drought indices. *Proceedings of the 1st International Conference "Drought management: Scientific and technological innovations" (Option Méditerranéennes, Series A, No. 80), 12-14 June 2008, Zaragoza (Spain), pp. 267-274.*
- Palmer, W.C., 1965. *Meteorological Drought*. US Department of Commerce, Weather Bureau, Research Paper No. 45, Washington D.C., 58 pp.
- Palmer, W.C., 1968. Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: The new Crop Moisture Index. *Weatherwise*, 21:4, 156-161.
- Paulo, A.A., Pereira, L.S., 2009. Drought Concepts and Characterization: Comparing Drought Indices Applied at Local and Regional Scales. *Water International*, 31:1, 37-49.
- Peters E., Torfs P.J.J.F., Van Lanen H.A.J., Bier G., 2003. Propagation of drought through groundwater - a new approach using linear reservoir theory. *Hydrological Processes*, 17(15): 3023-3040.
- Prud'homme, A. 2011. Drought: A Creeping Disaster. *The New York Times*. July 17: SR3.
- Redmond, K., 1991. Climate monitoring and indices. *Proceedings of the Drought Management and Planning Seminar and Workshop, D.A. Wilhite, D.A. Wood and P.A. Kay (Eds.), Lincoln, NE, University of Nebraska, Lincoln, pp. 29-33.*
- Rossi G., Benedini M., Tsakiris G., Giakoumakis S., 1992. On regional drought estimation and analysis. *Water Resources Management*, 6: 249-277.

- Rossi, G., Cancelliere, A., Giuliano, G., 2005. Case Study: Multicriteria Assessment of Drought Mitigation Measures. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 131:6, 449-457.
- Shafer, B.A., 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, Reno (NV), 19-23 April 1982, Colorado State University, Fort Collins (CO)*, pp. 164-175.
- Stahl, K., 2001. Hydrological drought – A study across Europe. Dissertation, Albert-Ludwigs Universitat Freiburg, Freiburg, 122 p.
- Sullivan, C. A., & Meigh, J., 2007. Integration of the biophysical and social sciences using an indicator approach: addressing water problems at different scales. *Water resources management*, 21(1), 111-128.
- Sullivan, C., 2002. Calculating a water poverty index. *World development*, 30(7), 1195-1210.
- Tannehill, I.R., 1947. Drought, Its Causes and Effects. Princeton, N.Y.: Princeton University Press, New Jersey, U.S.A., 264 pp.
- Tate, E.L., Gustard A., 2000. Drought Definition: A Hydrological Perspective. In: J.V. Voght and F. Somma (eds.), *Drought and Drought Mitigation in Europe (Advances in Natural and Technological Hazard Research)*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 2000, The Netherlands, ISBN: 0-7923-6589-5, pp. 23-48.
- Tigkas, D, Tsakiris G, 2015. Early estimation of drought impacts on rainfed wheat yield in Mediterranean climate. *Environmental Processes* 2(1): 97-114
- Tigkas, D, Vangelis H, Tsakiris G, 2015. DrinC: a software for drought analysis based on drought indices. *Earth Science Informatics* 8(3): 697-709
- Tigkas, D, Vangelis H, Tsakiris G, 2019. Drought characterisation based on an agriculture-oriented standardised precipitation index. *Theoretical and Applied Climatology*, 135(3–4): 1435–1447
- Tigkas, D., Vangelis, H., Tsakiris, G., 2017. An enhanced effective reconnaissance drought index for the characterisation of agricultural drought. *Environmental Processes*, 4(suppl. 1): 137-148.
- Tsakiris, G., 2008. Uni-dimensional analysis of droughts for management decisions. *European Water*, 23/24, 3-11.
- Tsakiris, G., Loukas, A., Pangalou, D., Vangelis, H., Tigkas, D., Rossi, G., & Cancelliere, A. (2007). Drought characterization. *Drought management guidelines technical annex*, 85-102.
- Tsakiris, G., Nalbantis, I., Vangelis, H., Verbeiren, B., Huysmans, M., Tychon, B., Jacquemin, I., Canters, F., Vanderhaegen, S., Engelen, G., Poelmans, L., De Becker, P., Batelaan, O., 2013. A System-based Paradigm of Drought Analysis for Operational Management. *Water Resources Management* 27, 5281–5297.
- Tsakiris, G., Pangalou, D., Vangelis, H., 2017. Regional drought assessment based on the Reconnaissance Drought Index (RDI). *Water Resources Management*, 21:5, 821-833.
- Tsakiris, G., Tigkas, D., Vangelis, H., Pangalou, D., 2007. Regional Drought Identification and Assessment. Case Study in Crete. In: Rossi G., Vega T., Bonaccorso B. (eds) *Methods and Tools for Drought Analysis and Management*. *Water Science and Technology Library*, vol 62. Springer, Dordrecht, pp. 169-191.
- Tsakiris, G., Vangelis, H., 2004. Towards a Drought Watch System based on Spatial SPI. *Water Resources Management*, 18:1, 1-12.
- Tsakiris, G., Vangelis, H., Tigkas, D., 2010. Assessing Water System Vulnerability to Multi-year Droughts. *European Water* 29, 21-29.

- Tucker, C.J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8:2, 127-150.
- van Rooy, M.P., 1965. A rainfall anomaly index independent of time and space. *Notos, Weather Bureau of South Africa*, 14, 43-48.
- Vangelis H., Tigkas D., Tsakiris G., 2013. The effect of PET method on Reconnaissance Drought Index (RDI) calculation. *Journal of Arid Environments*, 88: 130-140.
- Vicente-Serrano S.M., Beguería S., López-Moreno J.I., 2010. A Multi-scalar drought index sensitive to global warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index - SPEI. *Journal of Climate*, 23: 1696-1718.
- Vlachos, E.C., 1982. Drought management interfaces. In: Annual ASCE Conference, Las Vegas, Nevada, 15 pp.
- Wilhite, D.A., 1993. The Enigma of Drought. In: Wilhite D.A. (eds) *Drought Assessment, Management, and Planning: Theory and Case Studies. Natural Resource Management and Policy*, vol 2. Springer, Boston, MA, p. 3-15.
- Wilhite, D.A., Glantz, M.H., 1985. Understanding: the Drought Phenomenon: The Role of Definitions, *Water International*, 10:3, 111-120.
- Wilhite, D.A., Hayes, M.J., Svoboda, M.D., 2000. Drought Monitoring and Assessment: Status and Trends in the United States. In: J.V. Voght and F. Somma (eds.), *Drought and Drought Mitigation in Europe (Advances in Natural and Technological Hazard Research)*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 2000, The Netherlands, ISBN: 0-7923-6589-5, pp. 149-160.
- WMO & GWP, 2016. World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP), 2016: *Handbook of Drought Indicators and Indices (M. Svoboda and B.A. Fuchs). Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2.* Geneva, 49 pp.
- WMO (World Meteorological Organization), 2012. *Standardized Precipitation Index User Guide (M. Svoboda, M. Hayes and D. Wood).* (WMO-No. 1090), Geneva, Switzerland.
- Yevjevich, V., 1967. An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts. *Hydrology Papers*, No. 23.
- Zhai, J., Su, B., Krysanova, V., Vetter, T., Gao, C., Jiang T., 2010. Spatial Variation and Trends in PDSI and SPI Indices and their Relation to Streamflow in 10 Large Regions of China. *Journal of Climate*, 23:3, 649-663.

Ελληνική

- Τσακίρης, Γ. & Βαγγέλης, Χ., 2013. Κεφάλαιο 13: Ξηρασία. Γ. Τσακίρης και Χ. Βαγγέλης. *ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ: Ι. Τεχνική Υδρολογία & Εισαγωγή στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων (σελίδες 704)*. Υπεύθυνος Έκδοσης: Γ. Τσακίρης. Εκδόσεις Συμμετρία, ISBN: 978-960-266-380-6, Αθήνα 2013, σ. 473-522.
- Βαγγέλης, Χ., 2012. Εκτίμηση και Προληπτικός Σχεδιασμός Αντιμετώπισης της Ξηρασίας. *Διδακτορική Διατριβή*, Χ. Βαγγέλης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 356 σ.
- Νικολαΐδης, Ν. κ.α. (2017). Τελική Έκθεση Προγράμματος AQUAMAN. ΕΕΑ - Aquaman Project, https://aquaman.tuc.gr/images/users/sotiria/Aquaman_Final_Report.pdf

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΕΝΤΥΠΑ ΦΟΡΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΞΗΡΑΣΙΑ/ΛΕΙΨΥΔΡΙΑ

ΔΕΥΑ / Δήμος

Προς: Καταναλωτές αστικού νερού

**ΘΕΜΑ: Επείγουσα Ενημέρωση για την κατάσταση συναγερμού
λόγω ξηρασίας – λειψυδρίας**

Αγαπητοί συμπολίτες,

Θα θέλαμε να σας ενημερώσουμε ότι σε συνέχεια της απόφασης με αριθμό της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης μετά από πρόταση της Διεύθυνσης Υδάτων για την αντιμετώπιση των φαινομένων Ξηρασίας – Λειψυδρίας, το επίπεδο ξηρασίας στην περιοχή μας αξιολογείται στην κατηγορία «**Κατάσταση Συναγερμού**». Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να τηρηθούν τα παρακάτω μέτρα από σήμερα και μέχρι νεωτέρας ειδοποίησης για την άρση των μέτρων.

Ειδικότερα:

Μέτρα μείωσης της ζήτησης

.....
.....
.....
.....
.....

.....

Μέτρα βελτίωσης των συστημάτων

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Παρακαλούμε για την πλήρη συμμόρφωση και αυστηρή τήρηση των παραπάνω μέτρων.

Για διευκρινίσεις σε σχέση με τα μέτρα και τον τρόπο εφαρμογής τους είμαστε στη διάθεσή σας.

Με εκτίμηση

Ο Διευθυντής της ΔΕΥΑ / Δήμαρχος.....

ΔΕΥΑ / Δήμος

Προς: Καταναλωτές αστικού νερού

**ΘΕΜΑ: Επείγουσα Ενημέρωση για την κατάσταση έκτακτης ανάγκης λόγω ξηρασίας -
λειψυδρίας**

Αγαπητοί συμπολίτες,

Θα θέλαμε να σας ενημερώσουμε ότι σε συνέχεια της απόφασης με αριθμό της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης μετά από πρόταση της Διεύθυνσης Υδάτων για την αντιμετώπιση των φαινομένων Ξηρασίας – Λειψυδρίας, το επίπεδο ξηρασίας στην περιοχή μας αξιολογείται στην κατηγορία «**Κατάσταση Έκτακτης Ανάγκης**». Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να ληφθούν επιπλέον μέτρα από σήμερα και μέχρι νεωτέρας ειδοποίησης για την άρση των μέτρων.

Ειδικότερα:

Παροχή νερού έκτακτης ανάγκης

.....

.....

.....

Για διευκρινίσεις σε σχέση με τα μέτρα και τον τρόπο εφαρμογής τους είμαστε στη διάθεσή σας.

Με εκτίμηση

Ο Διευθυντής της ΔΕΥΑ / Δήμαρχος

ΤΟΕΒ....

Προς: Καταναλωτές νερού για γεωργική και κτηνοτροφική χρήση

ΘΕΜΑ: Επείγουσα Ενημέρωση για την κατάσταση συναγερμού λόγω ξηρασίας - λειψυδρίας

Αγαπητοί συμπολίτες,

Θα θέλαμε να σας ενημερώσουμε ότι σε συνέχεια της απόφασης με αριθμό της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης μετά από πρόταση της Διεύθυνσης Υδάτων για την αντιμετώπιση των φαινομένων Ξηρασίας – Λειψυδρίας, το επίπεδο ξηρασίας στην περιοχή μας αξιολογείται στην κατηγορία «**Κατάσταση Συναγερμού**». Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να τηρηθούν τα παρακάτω μέτρα από σήμερα και μέχρι νεωτέρας ειδοποίησης για την άρση των μέτρων.

Ειδικότερα:

Μέτρα μείωσης της ζήτησης

.....
.....
.....

Μέτρα βελτίωσης των συστημάτων

.....
.....
.....

Παρακαλούμε για την πλήρη συμμόρφωση και αυστηρή τήρηση των παραπάνω μέτρων.

Για διευκρινίσεις σε σχέση με τα μέτρα και τον τρόπο εφαρμογής τους είμαστε στη διάθεσή σας.

Με εκτίμηση

Ο Πρόεδρος του ΤΟΕΒ.....

ΤΟΕΒ.....

Προς: Καταναλωτές Καταναλωτές νερού για γεωργική και κτηνοτροφική χρήση

**ΘΕΜΑ: Επείγουσα Ενημέρωση για την κατάσταση έκτακτης ανάγκης λόγω ξηρασίας -
Λειψυδρίας**

Αγαπητοί συμπολίτες,

Θα θέλαμε να σας ενημερώσουμε ότι σε συνέχεια της απόφασης με αριθμό
..... της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης μετά από πρόταση της Διεύθυνσης
Υδάτων για την αντιμετώπιση των φαινομένων Ξηρασίας – Λειψυδρίας, το επίπεδο ξηρασίας
στην περιοχή μας αξιολογείται στην κατηγορία «**Κατάσταση Έκτακτης Ανάγκης**». Για τον λόγο
αυτό θα πρέπει να ληφθούν επιπλέον μέτρα από σήμερα και μέχρι νεωτέρας ειδοποίησης για
την άρση των μέτρων.

Ειδικότερα:

Παροχή νερού έκτακτης ανάγκης

.....
.....
.....
.....

Για διευκρινίσεις σε σχέση με τα μέτρα και τον τρόπο εφαρμογής τους είμαστε στη διάθεσή
σας.

Με εκτίμηση

Ο Πρόεδρος του ΤΟΕΒ.....

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: ΦΟΡΕΙΣ ΚΑΙ ΑΡΜΟΔΙΟΤΗΤΕΣ

Ακολούθως παρατίθενται στοιχεία αρμοδιοτήτων μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων στον τομέα της διαχείρισης των υδατικών πόρων στην εδαφική έκταση της Περιφέρειας Κρήτης. Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης τα στοιχεία αυτά αντλούνται από την εγκεκριμένη 1^η αναθεώρηση του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών ΥΔ Κρήτης ((ΥΔ ΕΛ13) (ΦΕΚ 4666/Β/29.12.2017), και αναπαράγονται για λόγους πληρότητας.

Σε περιφερειακό επίπεδο οι αρμόδιες αρχές είναι:

Το **Συμβούλιο Υδάτων Αποκεντρωμένης Διοίκησης**, το οποίο σύμφωνα με το άρθρο 6 του Ν.3199/03, όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 53 του Ν. 4423 (ΦΕΚ 182/Α/2016), συνιστάται σε κάθε Αποκεντρωμένη Διοίκηση και αποτελεί όργανο κοινωνικού διαλόγου και διαβούλευσης για θέματα προστασίας και διαχείρισης των υδάτων.

Οι **Διευθύνσεις Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης**, μέσω των οποίων ασκούνται οι αρμοδιότητες της Αποκεντρωμένης Διοίκησης για την προστασία και διαχείριση των υδάτων. Μετά από την αναδιοργάνωση των υπηρεσιών της Τοπικής Αυτοδιοίκησης ως αποτέλεσμα των διοικητικών μεταρρυθμίσεων του σχεδίου «Καλλικράτης», οι Δ/νσεις Υδάτων των τέως κρατικών Περιφερειών υπάγονται πλέον στις αντίστοιχες Αποκεντρωμένες Διοικήσεις. Η Αποκεντρωμένη Διοίκηση Κρήτης, στην αρμοδιότητα της οποίας υπάγονται όλες οι ΛΑΠ του ΥΔ Κρήτης (ΕΛ13), περιλαμβάνει μία Δ/νση Υδάτων, τη **Δ/νση Υδάτων Κρήτης**. Η Διεύθυνση Υδάτων είναι αρμόδια ιδίως για την προστασία και διαχείριση των υδάτων στην Περιφέρεια Κρήτης και ασκεί τις αρμοδιότητες που έχουν απονεμηθεί στην Αποκεντρωμένη Διοίκηση σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία.

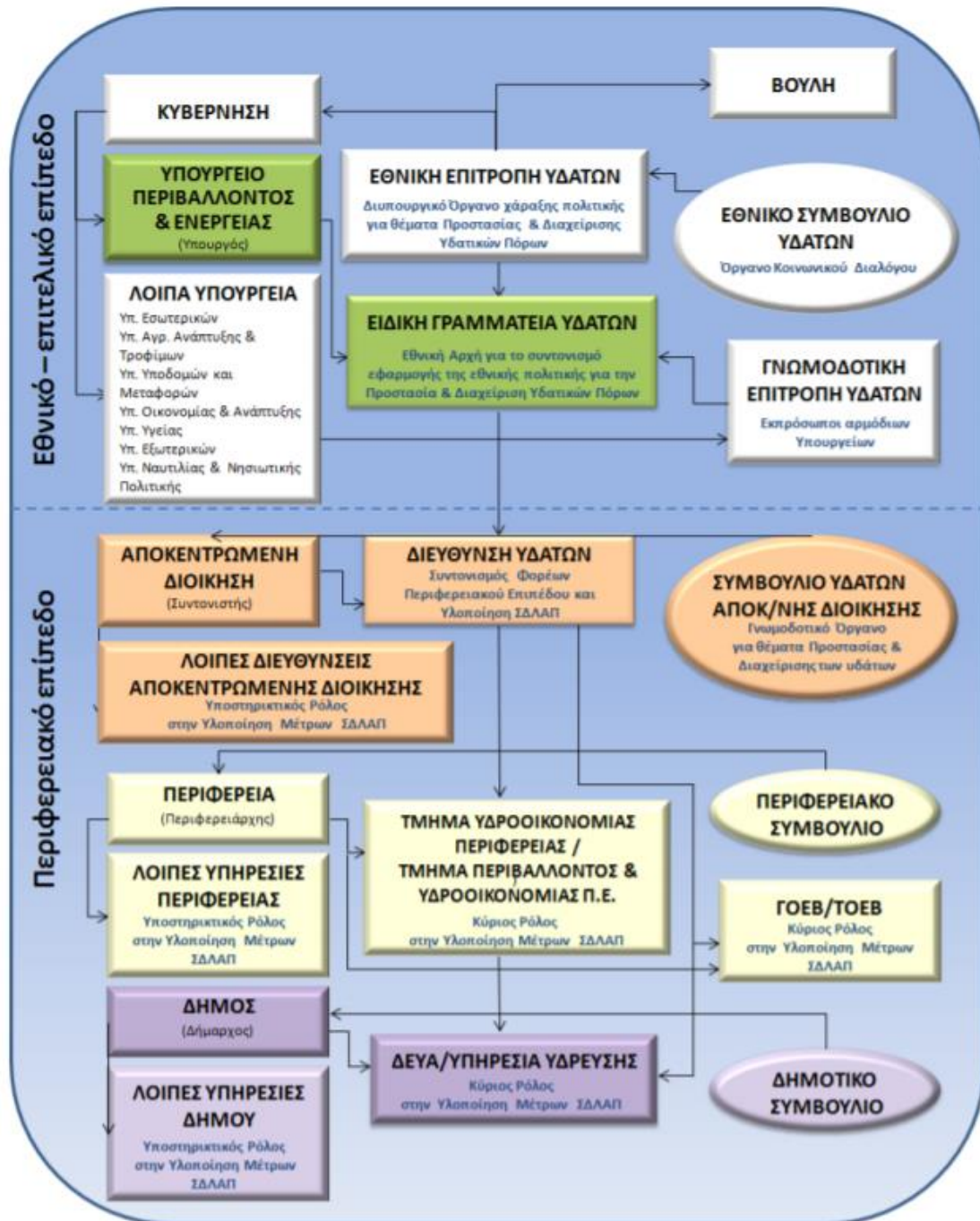
Κύριες αρμοδιότητες

Σύμφωνα με τη "Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης – Πρόγραμμα Καλλικράτης" Ν.3852/2010 (ΦΕΚ 87/Α/2010), οι εκ του Ν.3199/2003 (ΦΕΚ 280/Α/2003) περί προστασίας και διαχείρισης των Υδατικών πόρων προβλεπόμενες αρμοδιότητες επιμερίζονται μεταξύ της Κρατικής Διοίκησης και των αιρετών Περιφερειών.

Η Κρατική Διοίκηση επιφορτίζεται με την ευθύνη χάραξης της στρατηγικής προστασίας και διαχείρισης και οι αιρετές περιφέρειες κυρίως με την υλοποίηση του στρατηγικού σχεδιασμού. Πιο συγκεκριμένα, η αρμοδιότητα για τον καθορισμό των

μέτρων για την προστασία των υδάτων ασκείται από την Αποκεντρωμένη Διοίκηση ενώ ο έλεγχος τήρησης αυτών, όπως και ο έλεγχος της διαχείρισης υπόγειων και επιφανειακών αρδευτικών υδάτων, ο έλεγχος της εκτέλεσης εργασιών για την ανεύρεση υπόγειων υδάτων και εκτέλεσης έργων αξιοποίησης υδατικών πόρων, ο έλεγχος των σημειακών και διάχυτων εκπομπών ρύπων στα ύδατα ασκείται από την Περιφέρεια και τους Δήμους.

Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζονται διαγραμματικά οι αρμόδιες αρχές σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο.



Σχήμα 1 Αρμόδιες αρχές σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο

Ακολουθώς δίνονται στοιχεία για τους υφιστάμενους παρόχους ύδρευσης και άρδευσης στην Περιφέρεια Κρήτης.

Πάροχοι ύδρευσης / αποχέτευσης

Στο ΥΔ EL13 ως πάροχοι υπηρεσιών Ύδρευσης / Αποχέτευσης στην περιοχή αρμοδιότητάς τους, λειτουργούν ο Οργανισμός Ανάπτυξης Κρήτης (ΟΑΚ ΑΕ), 12 Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης Αποχέτευσης (ΔΕΥΑ) και για τις περιοχές που δεν καλύπτουν οι ΔΕΥΑ, από 12 Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ) Α΄ Βαθμού.

Ο Οργανισμός Ανάπτυξης Κρήτης ΑΕ (ΟΑΚ ΑΕ) ιδρύθηκε τον Ιούνιο του 2013 (ΦΕΚ 1473/18-06-2013), με τη συγχώνευση των Οργανισμών Ανάπτυξης Δυτικής και Ανατολικής Κρήτης (ΟΑΔΥΚ & ΟΑΝΑΚ) και την μεταφορά των αρμοδιοτήτων και έργων των Ειδικών Υπηρεσιών Δημοσίων Έργων ΕΥΔΕ ΒΟΑΚ και ΕΥΔΕ Αποσελέμη. Το Δημόσιο κατέχει την πλειοψηφία των μετοχών (51%), με την Περιφέρεια Κρήτης (22%), την Περιφερειακή Ένωση Δήμων Κρήτης (22%) και τις Ενώσεις Αγροτικών/Γεωργικών Συνεταιρισμών (5%) να κατέχουν το λοιπό 49%.

Η εταιρεία λειτουργεί προς όφελος του δημόσιου συμφέροντος, είναι επιχείρηση κοινής ωφέλειας αφού παρέχει αγαθά και υπηρεσίες που εξυπηρετούν άμεσα δημόσιους σκοπούς, ενώ εποπτεύεται από το Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών. Ως προς τις υπηρεσίες ύδρευσης, λειτουργεί ως πάροχος ύδατος με τελικούς χρήστες τις ΔΕΥΑ, τους ΟΤΑ Α΄ Βαθμού και μεγάλους καταναλωτές (π.χ. Πολυτεχνείο Κρήτης, βιομηχανία, κ.ά.).

Οι Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης Αποχέτευσης (ΔΕΥΑ) του Υδατικού Διαμερίσματος, είναι κατά κανόνα οι μεγαλύτεροι πάροχοι. Ως Νομικά Πρόσωπα Ιδιωτικού Δικαίου (ΝΠΙΔ) κοινωφελούς χαρακτήρα ειδικού σκοπού, είναι αρμόδιες για την μελέτη, κατασκευή, συντήρηση, εκμετάλλευση, διοίκηση και λειτουργία των δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης ακαθάρτων και ομβρίων υδάτων, όπως και μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και αποβλήτων της περιοχής αρμοδιότητάς τους. Οι Δήμοι, τέλος, είναι οι μικρότεροι σε μέγεθος πάροχοι. Στο ΥΔ Κρήτης, καταγράφονται και λαμβάνονται υπόψη στοιχεία από τους Δήμους που λειτουργούν ως πάροχοι υπηρεσιών ύδρευσης / αποχέτευσης και δεν καλύπτονται από ΔΕΥΑ για τις αντίστοιχες υπηρεσίες. Στον ακόλουθο πίνακα, παρουσιάζονται οι πάροχοι ύδρευσης / αποχέτευσης του ΥΔ Κρήτης ανά λεκάνη απορροής.

Πάροχοι Ύδρευσης / Αποχέτευσης του ΥΔ ΕΛ13 ανά ΛΑΠ

ΔΕΥΑ	ΔΗΜΟΙ (χωρίς ΔΕΥΑ)
ΛΑΠ Ρεμάτων Βορείου Τμήματος Χανίων - Ρεθύμνου - Ηρακλείου (ΕΛ1339)	
1. Β.Α. ΧΑΝΙΩΝ	1. ΑΜΑΡΙΟΥ
2. ΧΑΝΙΩΝ	2. ΑΝΩΓΕΙΩΝ
3. ΡΕΘΥΜΝΟΥ	3. ΑΠΟΚΟΡΩΝΟΥ
4. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	4. ΑΡΧΑΝΩΝ – ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ
5. ΜΑΛΕΒΙΖΙΟΥ	5. ΚΙΣΣΑΜΟΥ
6. ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ	
7. ΜΥΛΟΠΟΤΑΜΟΥ	
8. ΜΙΝΩΑ ΠΕΔΙΑΔΑΣ*	
ΛΑΠ Ρεμάτων Νοτίου Τμήματος Χανίων - Ρεθύμνου - Ηρακλείου (ΕΛ1340)	
9. ΣΕΛΙΝΟΥ	6. ΑΓ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ
10. ΦΑΙΣΤΟΥ	7. ΒΙΑΝΝΟΥ
	8. ΓΑΥΔΟΥ
	9. ΓΟΡΤΥΝΑΣ
	10. ΣΦΑΚΙΩΝ
ΛΑΠ Ρεμάτων Ανατολικής Κρήτης (ΕΛ1341)	
11. ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ	11. ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ
12. ΣΗΤΕΙΑΣ	12. ΟΡΟΠΕΔΙΟΥ ΛΑΣΙΘΙΟΥ

* Η ΔΕΥΑ Μίνωα Πεδιάδας έχει περιοχή αρμοδιότητας στις ΛΑΠ ΕΛ1339 και ΕΛ1340

Πάροχοι νερού για αγροτική χρήση

Οι υπηρεσίες παροχής νερού για αγροτική χρήση στο ΥΔ Κρήτης (ΕΛ13), παρέχονται από τους Τοπικούς Οργανισμούς Εγγείων Βελτιώσεων (ΤΟΕΒ), τους ΟΤΑ Α΄ Βαθμού (Δήμους) και τον ΟΑΚ ΑΕ. Οι ΤΟΕΒ αποτελούν τα κατά νόμο υπεύθυνα όργανα, με κύριο αντικείμενο τη διαχείριση (δηλαδή διοίκηση, λειτουργία και συντήρηση) των εγγειοβελτιωτικών έργων. Επιπλέον, στο ΥΔ Κρήτης, ως πάροχοι υπηρεσιών άρδευσης έχουν καταγραφεί και παρέχουν αντίστοιχες υπηρεσίες 13 ΟΤΑ Α΄ Βαθμού. Τέλος, ως προς τον ΟΑΚ ΑΕ, σύμφωνα με τα πρωτογενή του στοιχεία για το 2016, οι συνολικές προμήθειες ύδατος, άγγιξαν τα 41,04 εκ. m³. Από αυτά ποσοστό 15,4% αφορούσε σε άρδευση. Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται ανά ΛΑΠ, οι ΤΟΕΒ του ΥΔ ΕΛ13 και οι Δήμοι που λειτουργούν ως πάροχοι αρδευτικού νερού στο ΥΔ.

Πάροχοι νερού για αγροτική χρήση (ΔΗΜΟΙ)

ΔΗΜΟΙ
1. ΑΝΩΓΕΙΩΝ
2. ΑΠΟΚΟΡΩΝΟΥ
3. ΑΡΧΑΝΩΝ- ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ
4. ΚΙΣΣΑΜΟΥ
5. ΜΑΛΕΒΙΖΙΟΥ
6. ΠΛΑΤΑΝΙΑ
7. ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ
8. ΑΓ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ
9. ΒΙΑΝΝΟΥ
10. ΓΑΥΔΟΥ
11. ΓΟΡΤΥΝΑΣ
12. ΣΦΑΚΙΩΝ
13. ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ
14. ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ
15. ΣΗΤΕΙΑΣ

* Ο Δήμος Αμαρίου έχει περιοχή αρμοδιότητας στις ΛΑΠ ΕΛ1339 και ΕΛ1340

** Ο Δήμος Βιάννου έχει περιοχή αρμοδιότητας στις ΛΑΠ ΕΛ1340 και ΕΛ1341

Πάροχοι νερού για αγροτική χρήση (ΤΟΕΒ)

Π.Ε. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ
Α' Ζώνης Μεσσαράς Τυμπακίου-Βωρών
Β' Ζώνης Μεσσαράς
Βασιλικών Ανωγείων-Φλαθιακών
Βιάννου ή Άνω Βιάννου
Γ' Ζώνης Μεσσαράς
Γέργερης
Ζάρου
Ινίου-Μαχαίρας-Μοναστηρακίου

Π.Ε. ΛΑΣΙΘΙΟΥ
Οροπεδίου Λασιθίου
Ζάκρου
Ιεράπετρας
Καβουσίου - Π. Άμμου
Καλαμαύκας
Καλού Χωρίου
Κουτσουρά
Μεραμβέλου
Παπαγιαννάδων
Σητείας - Πισκοκέφαλου
Σχινοκαψάλων

Π.Ε. ΡΕΘΥΜΝΟΥ
Αγ. Γαλήνης - Μελαμπών
Βιζαρίου - Λαμπιωτών - Πετροχωρίου
Επισκοπής Ρεθύμνου
Κουρταλιώτη

Π.Ε. ΧΑΝΙΩΝ
Αγίας Μαρίνας - Πλατανιά
Αγίας-Κολυμβαρίου
Αλικιανού
Βαρυπέτρου
Βατολάκκου
Δυτικού Αποκόρωνα
Καστέλλου
Κόλπου Κισάμου
Κουντούρας
Κουρνά - Γεωργιούπολης
Κουφού
Μεσκλών
Παλαιοχώρας
Φουρνέ
Φραγκοκαστέλλου
Χρυσοκαλίτισσας

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3: ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΕΛΤΙΟ ΤΥΠΟΥ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΥΔΑΤΩΝ 2018

Προληπτικά Μέτρα για αντιμετώπιση λειψυδρίας:

1. Μέτρα διατήρησης της προσφοράς νερού Τα μέτρα αυτά εν δυνάμει περιλαμβάνουν την επιτάχυνση ολοκλήρωσης των υδραυλικών έργων που τυχόν κατασκευάζει ο φορέας, την ετοιμότητα σε εναλλακτικές πηγές υδροδότησης όπως εφεδρικές γεωτρήσεις ή επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων κλπ., συστηματική παρακολούθηση δικτύων για τυχόν διαρροές και ετοιμότητα σε τεχνικό προσωπικό για την άμεση αντιμετώπισή των.
2. Μέτρα ελάττωσης της Ζήτησης - "Σπατάλης" νερού:
 - i. Ενημέρωση των χρηστών νερού συνεχής και εξαντλητική για τη σημαντικότητα του προβλήματος που πρόκειται να αντιμετωπίσουν τους επόμενους μήνες. Προτείνεται κατ' αρχήν η σύγκλιση συμβουλίων τοπικών-δημοτικών-αγροτικών συλλόγων ΤΟΕΒ-ξενοδόχων κλπ. για συζήτηση του θέματος και εξεύρεση των καλύτερων τρόπων ενημέρωσης π.χ. συναντήσεις-εκδηλώσεις-ενημερωτικά φυλλάδια κλπ..
 - ii. Προληπτικός έλεγχος δεξαμενών – δικτύων για διαρροές και επιδιορθώσεις.
 - iii. Ενημέρωση για προληπτικό έλεγχο καλής λειτουργίας οικιακών δικτύων και δικτύων τουριστικών μονάδων.
 - iv. Έλεγχος και συστηματική καταγραφή στάθμης –παροχής, πηγών, υπόγειων, επιφανειακών.
 - v. Καθορισμός προστίμων για αλόγιστη χρήση νερού και ενημέρωση για την επιβολή τους.
 - vi. Καθορισμός ελλειμματικής άρδευσης ανά καλλιέργεια και περιοχή.
 - vii. Περιορισμός εποχιακών υδροβόρων καλλιεργειών.
 - viii. Ενημέρωση από τους ξενοδόχους στους επισκέπτες για περιορισμό της κατανάλωσης νερού (προετοιμασία για ενημέρωση π.χ. σε σχέση με τη χρήση πετσετών – έλεγχος ροής νερού σε νιπτήρες και μπανιέρες – χρήση ντους κλπ.).

Β. «Κατασταλτικά» Μέτρα για αντιμετώπιση λειψυδρίας:

1. Απαγόρευση ποτισμάτων εκτός πρωινών και βραδινών ωρών καθώς και απαγόρευση ποτισμάτων όταν η ένταση του ανέμου είναι ισχυρή και όταν επικρατούν συνθήκες καύσωνα. Επιβολή προστίμου στους παραβάτες.

2. Επιβολή και τήρηση ελλειμματικής άρδευση ανά καλλιέργεια και περιοχή, σε συνεργασία με διευθύνσεις αγροτικής ανάπτυξης για τον καθορισμό των ορίων.
3. Απαγόρευση πλήσης αυτοκινήτων, αυλών, κοινόχρηστων χώρων κλπ με νερό ύδρευσης.
4. Περιοδικές διακοπές νερού.
5. Εφαρμογής κλιμακωτού τιμολογίου και σε περίπτωση υπέρβασης της καθορισμένης ανά στρέμμα ποσότητας ως μέτρο να αυξάνεται η τιμή χρέωσης ή και η διακοπή παροχής .
6. Παροχή κινήτρων για τη μείωση της κατανάλωσης πχ μείωση τιμής/κ.μ. σε όσους εφαρμόζουν στάγδην άρδευση.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ 2018



- Η ορθολογική χρήση των υδατικών πόρων στην παραγωγή αγροτικών προϊόντων είναι μια αναγκαιότητα σε περιοχές με έλλειψη νερού.
- Το ύψος της παραγωγής μιας καλλιέργειας, αυξάνεται με την αύξηση του νερού άρδευσης μέχρι ενός σημείου, ενώ η επιπλέον ποσότητα νερού δεν αυξάνει ανάλογα την παραγωγή αλλά αντίθετα δημιουργεί σημαντικά προβλήματα όπως ανάπτυξη ζιζανίων και εμφάνιση ασθενειών.
- Το 20% περίπου του εφαρμοζόμενου αρδευτικού νερού χάνεται λόγω έλλειψης σχεδιασμού άρδευσης και σε συνδυασμό με την κλιματική αστάθεια μπορεί να οδηγήσει σε περιοδικές ξηρασιές αυξανόμενης έντασης και συχνότητας.



Βιώσιμες γεωργικές πρακτικές σε δενδρώδεις καλλιέργειες που εξασφαλίζουν την αποδοτικότητα του νερού, ειδικά σε περιοχές ευάλωτες στην ξηρασία είναι:

- Στάγδην άρδευση, η πιο αποδοτική μέθοδος άρδευσης.
- Ετήσια συντήρηση του δικτύου άρδευσης.
- Εφαρμογή χορτοκοπής και απόθεσης των υπολειμμάτων ζιζανίων στην εδαφική επιφάνεια.
- Θρυμματισμός των υπολειμμάτων κλαδέματος και απόθεσης στο έδαφος.
- Καταστροφή των ζιζανίων τη θερινή περίοδο.
- Κατάλληλο χειμερινό και θερινό κλάδεμα και εφαρμογή σκευασμάτων που μειώνουν την συνολική διασπορά.
- Αύξηση ικανότητας συγκράτησης νερού & θρεπτικών στοιχείων μέσω: α) αύξησης της οργανικής ουσίας του εδάφους και β) ορθολογικής χρήσης λιπασμάτων.
- Μείωση των απωλειών από επιφανειακή απορροή (διατήρηση ζιζανίων το χειμώνα, μη κατεργασία εδάφους).
- Εισαγωγή φυσικών εμποδίων σε στρατηγικά επιλεγμένα σημεία επικλινών αγροτεμαχίων με στόχο τη συγκράτηση του νερού και τη μείωση της εδαφικής διάβρωσης.
- Υπολογισμός των αρδευτικών αναγκών στα κρίσιμα στάδια ανάπτυξης του φυτού.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΩ - ΟΡΓΑΝΩΝΩ - ΕΛΕΓΧΩ ΠΟΤΕ, ΠΩΣ, ΠΟΣΟ Αρδευτικές Ανάγκες & Κρίσιμα Στάδια Ανάπτυξης

Άρδευση Ελιάς

Τα κρίσιμα στάδια της ελιάς, ως προς τις αρδευτικές ανάγκες είναι:

- Λίγο πριν και ως την άνθιση, η άρδευση είναι απαραίτητη προκειμένου να έχουμε καλύτερη ανάπτυξη ανθέων, καλύτερη καρπόδεση και βλάστηση.
- Από την καρπόδεση ως τη σκλήρυνση του πυρήνα - περίοδος έντονης ανάπτυξης του καρπού.
- Από την ελαιοποίηση ως τη συγκομιδή του καρπού με σκοπό την αύξηση της περιεκτικότητας σε λάδι και τη μεγαλύτερη τελική ανάπτυξη της σάρκας του καρπού. Όμως, η υπερβολική άρδευση καθυστερεί την ωρίμανση των καρπών και αυξάνει τον κίνδυνο προσβολής από δάκο.

Τα κατώτατα και ανώτατα όρια των αναγκαίων ποσοτήτων για την ορθολογική χρήση νερού άρδευσης στα αναπτυγμένα δέντρα ελιάς ορίζονται από 240 έως 290 κ.μ./στρέμμα/έτος.

Άρδευση Αμπέλου

Τα κρίσιμα στάδια της αμπέλου, ως προς τις αρδευτικές ανάγκες είναι:

- Κατά την έκπτυξη των οφθαλμών της αμπέλου την άνοιξη.
- Από την καρπόδεση έως την έναρξη της ωρίμανσης των σταφυλιών.
- Από την ωρίμανση έως τη συγκομιδή:
 1. Για τα επιτραπέζια σταφύλια μέτριες ή μικρές ποσότητες νερού έχουν ευνοϊκή επίδραση στην ποιότητα, ενώ μεγάλες ποσότητες νερού έχουν σαν αποτέλεσμα να μην ωριμάσουν σωστά και να γίνουν ευαίσθητα στους χειρισμούς.
 2. Τα κρασοστάφυλα δεν θα πρέπει να ποτίζονται, εκτός εάν επικρατεί μεγάλη ξηρασία, διότι μειώνεται ο σακχαρικός τίτλος και έχουν την τάση να σαπίζουν.
- Μετά τη συγκομιδή.

Στα αναπτυγμένα φυτά, τα κατώτατα και ανώτατα όρια των αναγκαίων ποσοτήτων για την ορθολογική χρήση νερού άρδευσης ορίζονται για το επιτραπέζιο αμπέλι από 300 έως 350 κ.μ./στρέμμα/έτος, ενώ για το οινοποιήσιμο αμπέλι από 200 έως 250 κ.μ./στρέμμα/έτος.



Άρδευση Αβοκάντο

Τα δέντρα του αβοκάντο είναι γενικά απαιτητικά σε ό,τι αφορά τις υδατικές τους ανάγκες και την ποιότητα του αρδευτικού νερού.

Τα κρίσιμα στάδια του αβοκάντο, ως προς τις αρδευτικές ανάγκες είναι:

- Η περίοδος ανθοφορίας & καρπόδεσης.
- Η περίοδος σχηματισμού & ανάπτυξης του καρπού.
- Η περίοδος ωρίμανσης των καρπών προκειμένου να αποφευχθεί η καρπόπτωση.

Κατάλληλο για την άρδευση του αβοκάντο, θεωρείται το νερό που περιέχει άλατα κλωρίου λιγότερα από 100 ppm (mg/l).

Για τις νέες φυτείες οι μέσες καλοκαιρινές καθημερινές αρδευτικές ανάγκες ορίζονται από 4-8 λίτρα ανά δέντρο τον πρώτο χρόνο και από 80-150 λίτρα ανά δέντρο το τέταρτο έτος.

Τα κατώτατα και ανώτατα όρια των αναγκαίων ποσοτήτων για την ορθολογική χρήση νερού άρδευσης στα αναπτυγμένα δέντρα ορίζονται στα 600 έως 700 κ.μ./στρέμμα/έτος.

Μικρά διαστήματα άρδευσης επηρεάζουν θετικά το μέγεθος των καρπών και αυξάνουν τη συγκέντρωση ελαίων στον καρπό.



Άρδευση Εσπεριδοειδών

Τα κρίσιμα στάδια των εσπεριδοειδών, ως προς τις αρδευτικές ανάγκες είναι:

- Η περίοδος ανθοφορίας & καρπόδεσης.
- Στα μετέπειτα στάδια αναπτύξεως των καρπών.

Κατάλληλο για την άρδευση των εσπεριδοειδών, θεωρείται το νερό που περιέχει άλατα κλωρίου λιγότερα από 142 ppm (mg/l).

Τα κατώτατα και ανώτατα όρια των αναγκαίων ποσοτήτων για την ορθολογική χρήση νερού άρδευσης στα αναπτυγμένα δέντρα εσπεριδοειδών ορίζονται στα 400 έως 500 κ.μ./στρέμμα/έτος.

ΝΕΡΟ:
ΠΡΟΣΕΧΩ ΤΗ ΧΡΗΣΗ-ΠΟΤΙΣΩ ΜΕ ΕΥΘΥΝΗ



Σε περίπτωση μειωμένης διαθεσιμότητας νερού (ξηρές περίοδοι) θα πρέπει να εφαρμόζεται ελλειμματική άρδευση στα κρίσιμα στάδια ανάπτυξης του φυτού.

Η ελλειμματική άρδευση δεν σημαίνει σε καμία περίπτωση μείωση της παραγωγής αλλά εφαρμογή της κατάλληλης ποσότητας νερού στα στάδια όπου η καλλιέργεια χρειάζεται οπωσδήποτε νερό (διασφάλιση βέλτιστης παραγωγής και εξοικονόμησης νερού).

Ενδεικτικές τιμές ελλειμματικής άρδευσης σε αναπτυγμένα φυτά:

Ελιά	120 - 160 κ.μ/σπ/έτος
Επιτραπέζιο Αμπέλι	200 - 250 κ.μ/σπ/έτος
Οινοποιήσιμο Αμπέλι	120 - 180 κ.μ/σπ/έτος
Αβοκάντο	550 - 650 κ.μ/σπ/έτος
Εσπεριδοειδή	370 - 490 κ.μ/σπ/έτος

Η ακρίβεια στη δόση και τη συχνότητα άρδευσης καθορίζονται με βάση τα μετεωρολογικά στοιχεία της κάθε περιοχής, τον τύπο του εδάφους (ελαφρύ, μέσο, βαρύ), την ηλικία των φυτών, και τον χρόνο της προηγούμενης άρδευσης (γενικά οι ανάγκες σε νερό άρδευσης αυξάνουν από δυτικά προς ανατολικά και από βόρεια προς νότια της Κρήτης).

Τα ελαφριά εδάφη στραγγίζουν εύκολα και άρα χρειάζονται συχνές αρδεύσεις με μικρές ποσότητες νερού. Αντίθετα, τα βαριά ή μέσης σύστασης εδάφη στραγγίζουν αργά με αποτέλεσμα να χρειάζονται αραιά ποτίσματα με πιο μεγάλη ποσότητα νερού.

ΚΑΝΩ ΣΩΣΤΗ ΧΡΗΣΗ, ΩΣΤΕ Η ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΝΑ ΖΗΣΕΙ

Σας ενημερώνουμε ότι Δελτία Άρδευσης θα εκδίδονται από το Ινστιτούτο Ελιάς Υποτροπικών Φυτών & Αμπέλου σε συνεργασία με την Περιφέρεια Κρήτης, σε εβδομαδιαία βάση, για όλη την αρδευτική περίοδο και θα αναρτώνται στις ιστοσελίδες:

1. www.crete.gov.gr (Ανακοινώσεις)
2. www.nagref-cha.gr

Περισσότερες πληροφορίες/οδηγίες σχετικά με την ορθολογική χρήση του νερού παρέχονται στα τηλέφωνα - ηλεκτρονικές δι/σεις:

1. Δ/ση Αγροτικής Οικονομίας: τηλ. 2813407901 (e-mail: lfotakis@crete.gov.gr)
2. Εργ. Υδατικών Πόρων - Αρδεύσεων & Περιβ/νικής Γεωπληροφορικής: τηλ. 28210 83442 (e-mail: kourgialas@nagref-cha.gr)

ΜΑΪΟΣ 2018

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΒΟΥΛΕΥΣΗΣ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Στο πλαίσιο της δημόσιας διαβούλευσης που έλαβε χώρα κατά το χρονικό διάστημα 4/03/2021-18/03/2021, κατατέθηκαν οι ακόλουθες προτάσεις – σχόλια, οι οποίες και αξιολογήθηκαν κατά περίπτωση θετικά και τροποποίησαν το παρόν Σχέδιο.

Φορέας: Περιφέρεια Κρήτης / Δ/ση Περιβάλλοντος & Χωρικού Σχεδιασμού / Τμήμα Υδροοικονομίας

Σχόλιο:

1. Στο Παραδοτέο 3 Σελ 61: Πάροχοι Νερού για Αγροτική Χρήση

Σύμφωνα με τα στοιχεία που διαθέτει η Υπηρεσία μας ισχύουν τα ακόλουθα:

i. Ο Δήμος Αγίου Νικολάου Ν. Λασιθίου είναι πάροχος νερού για αγροτική χρήση, αλλά δεν αναφέρεται στον Πίνακα: “ Πάροχοι νερού για αγροτική χρήση (ΔΗΜΟΙ)”

Συγκεκριμένα, γνωρίζουμε ότι διαθέτει αρδευτικά δίκτυα στις περιοχές: 1.Κρούστα, 2. Πρίνα, 3. Βρουχά, 4. Λακώνια, 5. Σκινιά, 6. Ελούντα, 7. Λίμνες & 8. Βρύσες, και

Υπεύθυνος Ύδρευσης Δήμου Αγίου Νικολάου

Στεφανάκης Γιάννης: 28413-40103

Αξιολόγηση σχολίου: Θετική με σχετική τροποποίηση του παρόντος.

Σχόλιο:

ii.Ο Δήμος Σητείας είναι πάροχος νερού για αγροτική χρήση και διαθέτει αρδευτικά δίκτυα, αλλά δεν αναφέρεται στον Πίνακα: “ Πάροχοι νερού για αγροτική χρήση (ΔΗΜΟΙ)”.

Υπεύθυνος Ύδρευσης Δήμου Σητείας

Σαββιδάκης Νίκος: 28433-41201

Αξιολόγηση σχολίου: Θετική με σχετική τροποποίηση του παρόντος.

Σχόλιο:

iii. Ο ΤΟΕΒ Οροπεδίου Λασιθίου είναι πάροχος νερού για αγροτική χρήση, αλλά δεν αναφέρεται στον Πίνακα: “ Πάροχοι νερού για αγροτική χρήση (ΤΟΕΒ)- Π.Ε. ΛΑΣΙΘΙΟΥ”

Στοιχεία ΤΟΕΒ Οροπεδίου:

Οικισμός Μαρμακέτο, Τ.Κ. 72052

Τηλ. - Fax: 28440-22019

Πρόεδρος: Παπαδάκης Δημήτρης

Γραμματέας: Στοιβακτάκης Μανόλης

Αξιολόγηση σχολίου: Θετική με σχετική τροποποίηση του παρόντος.

Σχόλιο:

2. Στο Παραδοτέο 3 σελ. 41 Πίνακας 53 αναφέρεται ο Δ. Πλατανιά στην ΟΜΑΔΑ 1, ο οποίος ωστόσο δεν διαχειρίζεται αρδευτικό νερό. Επιπλέον θεωρούμε ότι θα πρέπει να συμμετέχουν στις συγκεκριμένες Επιτροπές ανά Χωρική Ενότητα εκπρόσωποι των ΤΟΕΒ -ειδικά στην περίπτωση που είναι οργανωμένοι και ενεργοί -πχ στην ΟΜΑΔΑ 1 ο ΤΟΕΒ Βαρυπέτρου καθώς διαχειρίζεται το νερό της λίμνης Αγυιάς, στην ΟΜΑΔΑ 2 ο ΤΟΕΒ Κουντούρας. Το ίδιο ισχύει για τις ΟΜΑΔΕΣ 4 και 6.

Αξιολόγηση σχολίου: Θετική με σχετική τροποποίηση του παρόντος.

3. Παρά το γεγονός ότι εκπρόσωποι της Περιφέρειας Κρήτης συμμετέχουν στην Γενική Συνέλευση του Παρατηρητηρίου θεωρούμε ότι στη σύνθεση των επιτροπών ανά χωρική ενότητα (Πίνακας 5.3) θα πρέπει να συμμετέχουν στελέχη της Υπηρεσίας μας από τα Τοπικά Τμήματα Περιβάλλοντος & Υδροοικονομίας καθώς αυτό θα διευκολύνει τη συνεργασία με τους διαχειριστές νερού.

Αξιολόγηση σχολίου: Αρνητική, με δεδομένο ότι προβλέπεται ήδη η συμμετοχή στη Γενική Συνέλευση του Παρατηρητηρίου εκπροσώπων της Περιφέρειας Κρήτης, θεωρείται ικανοποιητική η προτεινόμενη από το παρόν Σχέδιο συμμετοχική διαδικασία διατηρώντας ταυτόχρονα την απαιτούμενη απλή και λειτουργική δομή.

4. Μια γενική παρατήρηση, για όταν όμως θα γίνουν πράξη τόσο η επιτελική ομάδα, όσο το παρατηρητήριο και η τριμελής επιτροπή: θα πρέπει στο πλαίσιο του στρατηγικού σχεδιασμού να ωθήσουν ώστε να πραγματοποιηθεί εκσυγχρονισμός των αρδευτικών - υδρευτικών κανονισμών, με βάση τις πραγματικές συνθήκες-ανάγκες, με γνώμονα την ορθολογική διαχείριση.

π.χ. Σε υδρευτικό - αρδευτικό κανονισμό Δήμου της Π.Ε. Λασιθίου, αναφέρεται ότι: «δεν προβλέπεται η κάλυψη αναγκών αναψυχής όπως νερό για χρήση πισίνας καθώς και η άρδευση-καλλιέργεια αρωματικών φυτών, πότισμα πρασίνου (γκαζόν)». Ωστόσο, κατά το στάδιο περιβαλλοντικής αδειοδότησης ξενοδοχειακών μονάδων, βεβαιώνεται η δυνατότητα

ημερήσιας υδροδότησης, που ουσιαστικά αφορούν ανάγκες αναψυχής, οι οποίες περιλαμβάνουν τις εξαιρέσεις του κανονισμού.

Αξιολόγηση σχολίου: Θετική. Η παρατήρηση είναι σωστή, ωστόσο κατά τη λήψη μέτρων από τις αρμόδιες Υπηρεσίες δύναται να προτείνονται συγκεκριμένες κατευθύνσεις με εξειδίκευση εξαιρέσεων και ειδικών περιπτώσεων.



**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΡΗΤΗΣ
ΓΕΝΙΚΗ Δ/ΝΣΗ ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ
Δ/ΝΣΗ ΥΔΑΤΩΝ**

**Ηράκλειο : - - 2021
Αριθμ. Πρωτ.: οικ.**

Ταχ. Δ/ση: Πλ. Κουντουριώτη
Τ.Κ. 71202 ΗΡΑΚΛΕΙΟ
Τηλ.: 28134041
Fax: 2813404194
Πληροφορίες:

ΑΠΟΦΑΣΗ

ΘΕΜΑ: Περιοριστικά, απαγορευτικά και άλλα ρυθμιστικά μέτρα που αφορούν την Αντιμετώπιση Ξηρασίας-Λειψυδρίας στην Περιφέρεια Κρήτης

Η ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΡΙΑ ΤΗΣ ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΡΗΤΗΣ

Έχοντας υπόψη τις διατάξεις:

- 1) Του **N.3199/2003** (ΦΕΚ 280/Α/2003 «Προστασία και διαχείριση των υδάτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000», όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει.
- 2) Του **N.3852/2010** (ΦΕΚ 87/Α/2010) «Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης-Πρόγραμμα Καλλικράτης», όπως ισχύουν, **και της Εγκυκλίου της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων με αρ. 150673/13-07-2011** «Αρμοδιότητες των Αποκεντρωμένων Διοικήσεων και Περιφερειών της χώρας στον τομέα των Υδάτων βάσει του ν. 3852/2010».
- 3) Του **N.3889/2010** (ΦΕΚ 182/Α/14.10.2010) «Χρηματοδότηση Περιβαλλοντικών Παρεμβάσεων, Πράσινο Ταμείο, Κύρωση Δασικών χαρτών και άλλες διατάξεις».
- 4) Του **N.4325/2015** (ΦΕΚ 47/Α/2015) «Εκδημοκρατισμός της Διοίκησης – Καταπολέμηση Γραφειοκρατίας και Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση. Αποκατάσταση αδικιών και άλλες διατάξεις» (και ειδικότερα τα άρθρα 28 και 28Α αυτού).
- 5) Του **Π.Δ. 51/2007** (ΦΕΚ 54/Α'/2007) «Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις τη Οδηγίας 2000/60/ΕΚ “για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στο τομέα της πολιτικής των υδάτων” του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000».
- 6) Του **Π.Δ. 136/2010** (ΦΕΚ 223/Α'/2010) «Οργανισμός της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης».
- 7) Της **Κ.Υ.Α. Η.Π. 31822/1542/Ε103/20-07-2010** (ΦΕΚ 1108/Β/21 -07-2010) «Αξιολόγηση και διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2007/60/ ΕΚ «για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας», του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2007»
- 8) Της **Απόφασης της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων με αρ. οικ. 706/16.07.2010** (ΦΕΚ 1383/Β/02.09.2010) «Καθορισμός των λεκανών απορροής Ποταμών της χώρας και ορισμού των αρμόδιων Περιφερειών για τη διαχείριση και προστασία τους», όπως διορθώθηκε (ΦΕΚ 1572/Β/09.09.2010) και ισχύει.
- 9) Της **Απόφασης της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων με αριθμ. οικ. 896/21-12-2017** (ΦΕΚ 4666/Β'/29.12.2017) «Έγκριση της 1^{ης} Αναθεώρησης του Σχεδίου Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων».
- 10) Της **αριθμ. ΥΠΕΝ/ΓρΕΓΥ/41397/335/29-06-2018** (ΦΕΚ 2687/Β/6-7-2018) **Απόφασης της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων** «Έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής

ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης (EL13) και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων».

- 11) Της με αριθμ. **14026/15-5-2017 Απόφασης Υπουργού Εσωτερικών** «Διορισμός της Μαρίας Κοζυράκη του Εμμανουήλ ως Συντονίστριας της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης» (ΦΕΚ 250/Υ.Ο.Δ.Δ./2017).
- 12) Τη με αρ. πρ. 999/14-3-2018 Απόφαση του Περιφερειάρχη Κρήτης, Ένταξης της Πράξης «Κατάρτιση Σχεδίου δράσης για την αντιμετώπιση ξηρασίας-λειψυδρίας στην Περιφέρεια Κρήτης» με κωδικό ΟΠΣ 5023649 στο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Κρήτη 2014-2020.
- 13) Τη με αρ. πρ. 103743/11-5-2018 (ΑΔΑ:ΩΓΝΒ7ΛΚ-5ΣΧ) Απόφαση έγκρισης διάθεσης πίστωσης, ορισμού Προϊσταμένης Αρχής (Δ/ση Τεχνικού Ελέγχου) και Διευθύνουσας Υπηρεσίας (Δ/ση Υδάτων Α.Π.Δ) της πράξης με τίτλο: «Κατάρτιση Σχεδίου δράσης για την αντιμετώπιση ξηρασίας-λειψυδρίας στην Περιφέρεια Κρήτης» με κωδικό ΟΠΣ 5023649, του Τμήματος Εφαρμογής Προγραμμάτων και Έργων της Δ/σης Αναπτυξιακού Προγραμματισμού Περιφέρειας Κρήτης.
- 14) την με αρ. ΑΔΑΜ 19PROC004684850 2019-03-28 Διακήρυξη Ανοιχτής Διαδικασίας για την επιλογή αναδόχου παροχής τεχνικών και λοιπών συναφών επιστημονικών υπηρεσιών με τίτλο: «Κατάρτιση Σχεδίου δράσης για την αντιμετώπιση ξηρασίας-λειψυδρίας στην Περιφέρεια Κρήτης» με το επισυναπτόμενο σε αυτή Παράρτημα Ι, σύμφωνα με την οποία ορίστηκαν, Προϊσταμένη αρχή της πράξης, η Διεύθυνση Τεχνικού Ελέγχου Α. Δ. Κρήτης και Διευθύνουσα Υπηρεσία εκτέλεσης της Σύμβασης, η Διεύθυνση Υδάτων Α. Δ. Κρήτης,
- 15) την από 11-09-2019 Σύμβαση (ΑΔΑΜ: 19SYMV005550835 2019-09-12) μεταξύ της κας Μαρίας Κοζυράκη Συντονίστριας της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης και του κου Σάββα Παρίτη νομίμου εκπροσώπου της Αναδόχου Ένωσης «SEEMAN SMART ENVIRONMENTAL ENGINEERING AND MANAGEMENT ΙΔΙΩΤΙΚΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥΧΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ με διακρ. τίτλο SEEMAN ENVIRONMENTAL, ΣΑΒΒΑΣ Ν. ΠΑΡΙΤΣΗΣ ΓΡΑΦΕΙΟ ΜΕΛΕΤΩΝ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ ΙΚΕ με διακρ. τίτλο ΣΑΒΒΑΣ Ν. ΠΑΡΙΤΣΗΣ», για την εκπόνηση της αναφερόμενης στο θέμα παροχής τεχνικών και λοιπών συναφών επιστημονικών υπηρεσιών,
- 16) Την με αρ. πρ. 2353/08-10-2019 Απόφαση ορισμού επιβλεπόντων της Δ/σης Υδάτων ως Δ/νουςας Υπηρεσίας της παροχής τεχνικών και λοιπών συναφών επιστημονικών υπηρεσιών της πράξης του θέματος.
- 17) Το εγκεκριμένο Χρονοδιάγραμμα εργασιών της Σύμβασης με καταληκτική ημερομηνία περαίωσης των συμβατικών υποχρεώσεων της Αναδόχου Ένωσης, την 05/04/2021.
- 18) Την με αρ. πρ. ... Απόφαση έγκρισης της Διευθύνουσας Υπηρεσίας της σύμβασης, του από Απρίλιο 2021 (αρ. πρ. Δ/σης Υδάτων .../.....-...-2021) κατατεθέντος 4^{ου} ΠΑΡΑΔΟΤΕΟΥ, της Αναδόχου «SEEMAN SMART ENVIRONMENTAL ENGINEERING AND MANAGEMENT ΙΔΙΩΤΙΚΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥΧΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ με διακρ. τίτλο SEEMAN ENVIRONMENTAL και ΣΑΒΒΑΣ Ν. ΠΑΡΙΤΣΗΣ ΓΡΑΦΕΙΟ ΜΕΛΕΤΩΝ ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ ΙΚΕ με διακρ. τίτλο ΣΑΒΒΑΣ Ν. ΠΑΡΙΤΣΗΣ».

ΑΠΟΦΑΣΙΖΟΥΜΕ

Την υλοποίηση του Σχεδίου Δράσης για την Αντιμετώπιση Ξηρασίας-Λειψυδρίας στην Περιφέρεια Κρήτης

Άρθρο 1

Διαμερισματοποίηση της Περιφέρειας Κρήτης για την ανάλυση των φαινομένων ξηρασίας - λειψυδρίας

Η Περιφέρεια Κρήτης χωρίζεται σε 9 ομάδες υπολεκανών για την ανάλυση των φαινομένων ξηρασίας – λειψυδρίας. Οι 9 ομάδες υπολεκανών έχουν ως εξής:

- Ομάδα 1: ΧΑΝΙΑ - ΚΙΣΑΜΟΣ - ΕΛΑΦΟΝΗΣΙ - ΚΑΛΑΜΙ
- Ομάδα 2: ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΑ - ΣΦΑΚΙΑ - ΠΛΑΚΙΑΣ

- Ομάδα 3: ΡΕΘΥΜΝΟ - ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΗ
- Ομάδα 4: ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΣ - ΠΛΑΤΥΣ
- Ομάδα 5: ΗΡΑΚΛΕΙΟ - ΜΑΛΙΑ
- Ομάδα 6: ΑΝΑΠΟΔΑΡΗΣ
- Ομάδα 7: ΑΓΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
- Ομάδα 8: ΝΟΤΙΟ ΛΑΣΙΘΙ - ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ
- Ομάδα 9: ΣΗΤΕΙΑ

Άρθρο 2

Πολιτική Λήψης Αποφάσεων για την αντιμετώπιση των φαινομένων ξηρασίας - λειψυδρίας

Οι **γενικές αρχές** για τη λήψη Αποφάσεων στο Σχέδιο Διαχείρισης Ξηρασίας – Λειψυδρίας της Κρήτης παρουσιάζεται παρακάτω. Ειδικότερα:

1. Υιοθετείται η «ήπια» αξιοποίηση των υδατικών πόρων που συνάδει με την αρχή της «αειφορίας». Όποιες αποφάσεις για χρήση πόρων λαμβάνονται θα πρέπει να εδράζονται σε ενδεδειγμένο υπολογισμό των διαθέσιμων αποθεμάτων με ένα συντελεστή ασφαλείας τουλάχιστον μικρότερο του 75% (Δηλ. Η προς χρήση ποσότητα θα μπορεί να φτάσει στα 75% των διαθέσιμων αποθεμάτων του υδροφορέα για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο).
2. Διερευνάται η δυνατότητα χρήσης άλλων πόρων (είτε πόρων που δεν χρησιμοποιούνται είτε πόρων που μπορούν να μεταφέρονται από άλλες ομάδες υπολεκανών).
3. Κάθε λύση κάλυψης του υδατικού ελλείμματος πρέπει να αξιολογείται οικονομικά, περιβαλλοντικά, ενεργειακά και ως προς την επίδραση στις δραστηριότητες (και αποδοχή) στις τοπικές κοινωνίες.
4. Όλες οι λύσεις κάλυψης του υδατικού ελλείμματος που αξιολογούνται και συγκρίνονται μεταξύ τους πρέπει να είναι μη μόνιμες αφού διαμορφώνονται να καλύψουν τις ανάγκες ενός μη μόνιμων φαινομένων που είναι η ξηρασία και η λειψυδρία.
5. Για την επιλογή των λύσεων χρήσιμο εργαλείο αποτελεί η προσομοίωση του συνολικού συστήματος παραγωγής και κατανάλωσης των υδατικών πόρων για μελλοντικούς χρονικούς ορίζοντες με βάση τις αντίστοιχες πιθανότητες εξέλιξης των φαινομένων ξηρασίας – λειψυδρίας.
6. Στην περίπτωση αδυναμίας κάλυψης του υδατικού ελλείμματος υιοθετείται η ιεραρχική ικανοποίηση της ζήτησης στους διάφορους τομείς δραστηριοτήτων:
 - Αστική ζήτηση
 - Βιομηχανική ζήτηση
 - Τουριστική ζήτηση
 - Κτηνοτροφική ζήτηση
 - Γεωργική ζήτηση
 - Ζήτηση αναψυχής

Σημειώνεται ότι πριν από τους παραπάνω τομείς ικανοποιούνται οι ανάγκες προστασίας και διατήρησης του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων καθώς και οι περιορισμοί που σχετίζονται με τα ανωτέρω (όπως εξασφάλιση οικολογικής παροχής, ελάχιστη στάθμη σε υπόγειους υδροφορείς, ελάχιστη στάθμη σε ταμιευτήρες κλπ).

Οι **ειδικές αρχές** για τη λήψη αποφάσεων ισχύουν και εφαρμόζονται για κάθε ομάδα υπολεκανών χωριστά.

Αυτές καθορίζονται πρωτίστως από τις δραστηριότητες, οικονομικές και μη, του πληθυσμού που κατοικεί στις περιοχές αυτές. Συνεπώς διαφοροποιούνται από ομάδα υπολεκανών σε ομάδα υπολεκανών.

Μια βασική ειδική αρχή που πρέπει να εξετάζεται κυρίως πριν την αναζήτηση λύσεων εκτός της ομάδας υπολεκανών που μελετάται, είναι η διαπίστωση κατά πόσον υπάρχουν λύσεις για συγκεκριμένες ποσότητες νερού εντός των γεωγραφικών ορίων της ομάδας υπολεκανών.

Άρθρο 3

Φορείς παρακολούθησης και επιχειρησιακής δράσης για την αντιμετώπιση των φαινομένων ξηρασίας – λειψυδρίας

Οι φορείς παρακολούθησης και επιχειρησιακής δράσης για την αντιμετώπιση των φαινομένων ξηρασίας – λειψυδρίας που προβλέπονται είναι η δημιουργία Ειδικής Επιτελικής Ομάδας, και η συγκρότηση Παρατηρητηρίου Ξηρασίας-Λειψυδρίας.

Σε μεταβατικό στάδιο προβλέπεται η δημιουργία Ειδικού Γραφείου /Τμήματος Ξηρασίας-Λειψυδρίας στη Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης.

Στο μεταβατικό στάδιο η ανάληψη των αρμοδιοτήτων της Ειδικής Επιτελικής Ομάδας γίνεται από το Ειδικό Γραφείο/Τμήμα στη Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης, και η ανάληψη των αρμοδιοτήτων του Παρατηρητηρίου από το Συμβούλιο Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης, όταν αυτό συγκροτηθεί.

Μέχρι τη σύσταση του Συμβουλίου Υδάτων της ΑΔΚ η ανάληψη των καθηκόντων και αυτού θα γίνεται από τη Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης.

Στο μεταβατικό στάδιο δεν προτείνεται η σύσταση χωρικών επιτροπών ανά ομάδα υπολεκανών.

Η Δ/ση Υδάτων της ΑΔΚ θα εισηγείται προς τους αρμόδιους φορείς και Υπηρεσίες την εφαρμογή των αντίστοιχων μέτρων που θα πρέπει να λαμβάνονται για την αντιμετώπιση επεισοδίων ξηρασίας- λειψυδρίας

Άρθρο 4

Καταστάσεις αξιολόγησης επιπέδου ξηρασίας

Οι καταστάσεις αξιολόγησης επιπέδου ξηρασίας είναι τέσσερις. Ειδικότερα:

1. Απλή επιτήρηση
2. Αυξημένη επιτήρηση
3. Κατάσταση συναγερμού
4. Κατάσταση Έκτακτης Ανάγκης

Στις καταστάσεις Συναγερμού και Έκτακτης Ανάγκης απαιτείται η λήψη μέτρων άμεσης εφαρμογής.

Άρθρο 5

Μέτρα αντιμετώπισης ξηρασίας - λειψυδρίας σε κατάσταση συναγερμού (Α) και σε κατάσταση Έκτακτης Ανάγκης (Β)

Όπως αναφέρθηκε στο Άρθρο 4 της παρούσης στις καταστάσεις Συναγερμού (Α) και Έκτακτης Ανάγκης (Β) κρίνεται απαραίτητη η λήψη μέτρων άμεσης εφαρμογής για την αντιμετώπιση της ξηρασίας - λειψυδρίας. Τα μέτρα αντιμετώπισης ανά κατάσταση παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα. Ειδικότερα:

A. Κατάσταση Συναγερμού
Μέτρα μείωσης της ζήτησης
<ol style="list-style-type: none">1. Δημόσιες εκστρατείες (καμπάνιες) ενημέρωσης για εθελοντική μείωση της ζήτησης<ol style="list-style-type: none">i. Από Αγρότες, βιομήχανους / βιοτέχνες, τουριστικούς πράκτορες, δημόσιοii. Ανταποδοτικά μέτρα και κίνητρα για τη μείωση της ζήτησης ανά κατηγορία καταναλώσεωνiii. Προτάσεις για περιορισμό των αντλήσεων από υπόγειους υδροφορείςiv. Προτάσεις για μειωμένες απολήψεις από αποθηκευτικά έργα
<ol style="list-style-type: none">2. Δωρεάν διανομή ή/και εγκατάσταση ειδικών συσκευών εξοικονόμησης νερού με την προϋπόθεση εξασφάλισης σχετικού έκτακτου κονδυλίου από Δήμους / ΔΕΥΑ:

<ul style="list-style-type: none"> i. Εκτεταμένη εγκατάσταση μετρητών νερού (σε όλους τους τύπους των συστημάτων) ii. Ρυθμιστές ροής στα ντους iii. Περιορισμός ροής στα ντους iv. Περιοριστές ροής τουαλέτας (toilet dams) v. Βαλβίδες μείωσης πίεσης
<p>3. Περιορισμοί σε μη βασικές χρήσεις:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Πλύσιμο οδοστρωμάτων ii. Ξέπλυμα πεζοδρομίων iii. Πλύσιμο αυτοκινήτων iv. Πότισμα οικιακού γρασιδιού (γκαζόν) v. Γέμισμα κολυμβητικών δεξαμενών vi. Χρήση υδρόψυκτων κλιματιστικών, χωρίς επανακυκλοφορία του νερού vii. Λειτουργία δημόσιων συντριβανιών / βρυσών viii. Άρδευση πάρκων ix. Άρδευση γηπέδων γκολφ x. Άρδευση των πολυετών και ανθεκτικών στην ξηρασία καλλιεργειών
<p>4. Απαγόρευση επιλεγμένων εμπορικών και καθιερωμένων χρήσεων με ευθύνη του ελέγχου στις κατά τόπους αστυνομικές αρχές:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Πλυντηρίων αυτοκινήτων ii. Χρήσης ντους σε δημόσια κτήρια iii. Πότισμα μη σημαντικών φυτών <p>Το συγκεκριμένο μέτρο 4 μπορεί να επιβληθεί σε επίπεδο κεντρικής διοίκησης (π.χ. Υπουργείο Ανάπτυξης) μετά από εισήγηση της Συντονίστριας της Α.Δ. Κρήτης.</p>
<p>5. Περιορισμός/Τιμολόγηση έκτακτων συνθηκών (κατά τη διάρκεια της ξηρασίας):</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Ορισμός μέγιστης κατανάλωσης (πλαφόν) ανά χρήση ii. Αλλαγή του ισχύοντος τιμολογίου με γενναία έως και απαγορευτική (για πληρωμή) αύξηση της τιμής χρέωσης στις εκτός πλαφόν ποσότητες ως μέτρο αποθάρρυνσης της κατανάλωσης.
<p>6. Ορθολογικός προγραμματισμός</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Κατανομή του αρδευτικού νερού ανά περιοχή και είδος καλλιέργειας ii. Κατανομή νερού οικιακής χρήσης κατά κεφαλήν iii. Κατανομή νερού οικιακής χρήσης ανά νοικοκυριό iv. Κατανομή νερού οικιακής χρήσης πριν από την πραγματική χρήση v. Ποσοστιαία μείωση των εμπορικών και καθιερωμένων χρήσεων vi. Ποσοστιαία μείωση της βιομηχανικής χρήσης vii. Ποσοστιαία μείωση κατανάλωσης κυρίως των βιομηχανιών και εμπορικών επιχειρήσεων, με υψηλή χρήση νερού
<p>7. Οριζόντιες μειώσεις κατανάλωσης & εντατικοποίηση ελέγχων</p> <ul style="list-style-type: none"> i. Οριζόντια ποσοστιαία μείωση των απολήψιμων ποσοτήτων νερού από τα αδειοδοτημένα

- σημεία υδροληψίας σύμφωνα με το αρχείο της Δ/σης Υδάτων
- ii. Ενταντικοποίηση των ελέγχων τήρησης των όρων των αδειών χρήσεως νερού για τις ιδιωτικές γεωτρήσεις με επιβολή κυρώσεων στους παραβάτες.

B. Κατάσταση Έκτακτης Ανάγκης (επιπλέον μέτρα)
Παροχή νερού έκτακτης ανάγκης
1. Μεταφορές μεταξύ διαφορετικών χρήσεων i. Σχεδιαζόμενη ανακατανομή της άρδευσης για τις δημοτικές χρήσεις
2. Μεταφορές μεταξύ διαφορετικών περιοχών i. Διασυνδέσεις επείγουσας ανάγκης μεταξύ περιοχών ii. Εισαγωγή νερού με βυτία iii. Εισαγωγή νερού με άλλα μέσα
3. Εκτροπές πολλαπλού σκοπού i. Μείωση της απελευθέρωσης νερού ταμιευτήρων για άλλες χρήσεις (υδροηλεκτρική ενέργεια - έλεγχος των πλημμυρών) ii. Μείωση των ελάχιστων απαιτήσεων οικολογικής παροχής ποταμών
4. Βοηθητικές πηγές έκτακτης ανάγκης i. Αξιοποίηση ανεκμετάλλετων λιμνών ii. Αξιοποίηση του νεκρού όγκου ταμιευτήρων iii. Υφάλμυρες πηγές iv. Επαναχρησιμοποίηση του νερού μετά από αστική χρήση και επεξεργασία v. Παραγωγή νερού από μονάδες αφαλάτωσης

Άρθρο 6 **Έναρξη Ισχύος**

Η ισχύς της παρούσας απόφασης αρχίζει από την ημερομηνία δημοσίευσης της παρούσας.

Κοινοποίηση

Πίνακας κοινοποίησης

Εσωτερική Διανομή

- Τμήμα Παρακολούθησης & Προστασίας Υδατικών Πόρων
- Χρονολογικό Αρχείο

Η Συντονίστρια
Αποκεντρωμένης Διοίκησης Κρήτης

Μαρία Κοζυράκη

ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΟΙΝΟΠΟΙΗΣΗΣ**Πάροχοι Υπηρεσιών Ύδατος Υ.Δ. Κρήτης**

σύμφωνα με τις παραγράφους 7.3.1 και 7.3.2 της αριθμ. οικ. 896/21-12-2017 (ΦΕΚ 4666/Β' /29.12.2017) Απόφασης της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων (10 σχετ. προοιμίου)

(ένας πάροχος μπορεί να εμπίπτει χωρικά σε περισσότερες από μια Λ.Α.Π.)

	Ταχ. διευθύνσεις
1. Ο.Α.Κ. Α.Ε.	Γολγοθά 2, Όαση Βαρυπέτρου, Τ.Κ. 731 00 Χανιά, Τ.Θ. 200
2. ΔΗΜΟΙ ΚΡΗΤΗΣ	
ΔΗΜΟΙ Π.Ε. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	
ΑΡΧΑΝΩΝ-ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ (EL1339)	Πεζά Ηρακλείου
ΒΙΑΝΝΟΥ (EL1340 & EL1341)	Άνω Βιάννος , Τ.Κ. 700 04
ΓΟΡΤΥΝΑΣ (EL1340)	Άγιοι Δέκα, Τ.Κ. 70012
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ (EL1339)	Αγίου Τίτου 1, Τ.Κ. 71202
ΜΑΛΕΒΙΖΙΟΥ (EL1339)	Πλατεία Ειρήνης, Γάζι
ΜΙΝΩΑ ΠΕΔΙΑΔΑΣ (EL1339 και EL1340)	Καστέλλι, 70006 Ηράκλειο Κρήτης
ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ (EL1339)	Λιμένας Χερσονήσου, Τ.Κ. 700 14
ΔΗΜΟΙ Π.Ε. ΧΑΝΙΩΝ	
ΑΠΟΚΟΡΩΝΟΥ (EL1339)	Βρύσες Αποκορώνου, Τ.Κ. 730 07
ΓΑΥΔΟΥ (EL1340)	Γαύδος
ΚΑΝΤΑΝΟΥ ΣΕΛΙΝΟΥ (EL1340)	Παλαιόχωρα, Τ.Κ. 730 01
ΚΙΣΣΑΜΟΥ (EL1339)	Πολεμιστών 1941, Τ.Κ. 73400 Κίσσαμος
ΠΛΑΤΑΝΙΑ (EL1339)	Γεράνι, Τ.Κ. 731 00
ΣΦΑΚΙΩΝ (EL1340)	Χώρα Σφακίων, Τ.Κ. 730 11
ΧΑΝΙΩΝ (EL1339)	Κυδωνίας 29, Τ.Κ. 73135 Χανιά
ΔΗΜΟΙ Π.Ε. ΡΕΘΥΜΝΟΥ	
ΑΓ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ (EL1340)	Αγ. Βασίλειος, Τ.Κ. 740 53
ΑΜΑΡΙΟΥ (EL1339 & EL1340)	Αγ. Μαρίνα Αμαρίου, Τ.Κ. 740 61
ΑΝΩΓΕΙΩΝ (EL1339)	Ανώγεια Ρεθύμνης, Τ.Κ. 740 51
ΜΥΛΟΠΟΤΑΜΟΥ (EL1339)	Πέραμα Ρεθύμνης, Τ.Κ. 740 52
ΡΕΘΥΜΝΗΣ (EL1339)	Λ. Κουντουριώτη 80, Τ.Θ. 174-Ρέθυμνο
ΔΗΜΟΙ Π.Ε. ΛΑΣΙΘΙΟΥ	
ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ (EL1341)	Ρ. Καπετανάκη 7, Τ.Κ. 721 00, Αγ. Νικόλ
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ (EL1341)	Πλατεία Κουνουπάκη 1, 72200 Ιεράπετρα
ΟΡΟΠΕΔΙΟΥ ΛΑΣΙΘΙΟΥ (EL1341)	Τζερμιάδο, Τ.Κ. 720 52, Λασιθι
ΣΗΤΕΙΑΣ (EL1341)	4ης Σεπτεμβρίου 3, 72300 Σητεία
3. ΤΟΕΒ ΚΡΗΤΗΣ	
Π.Ε. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	
Α' ΖΩΝΗΣ ΜΕΣΣΑΡΑΣ (EL1340)	Τυμπάκι, Τ.Κ. 702 00
Β' ΖΩΝΗΣ ΜΕΣΣΑΡΑΣ (EL1340)	Πόμπια, Τ.Κ. 700 09
Γ' ΖΩΝΗΣ ΜΕΣΣΑΡΑΣ (EL1340)	Μοίρες, Τ.Κ. 704 00
ΒΑΣΙΛΙΚΩΝ ΑΝΩΓΕΙΩΝ-ΦΛΑΘΙΑΚΩΝ (EL1340)	Βασιλικά Ανώγεια, Τ.Κ. 700 12
ΒΙΑΝΝΟΥ (EL1340 & EL1341)	Άνω Βιάννος, Τ.Κ. 700 04
ΓΕΡΓΕΡΗΣ (EL1340)	Γέργερη, Τ.Κ. 700 03
ΖΑΡΟΥ (EL1340)	Ζαρός, Τ.Κ. 700 02
ΙΝΙΟΥ-ΜΑΧΑΙΡΑΣ-ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙΟΥ (EL1340)	Ίνι, Τ.Κ. 703 00
Π.Ε. ΛΑΣΙΘΙΟΥ	
ΖΑΚΡΟΥ (EL1341)	Σητεία, Τ.Κ. 723 00
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ (EL1341)	Κύπρου 34, Τ.Κ. 722 00 Ιεράπετρα
ΚΑΒΟΥΣΙΟΥ-ΠΑΧ. ΑΜΜΟΥ (EL1341)	Ιεράπετρα, Τ.Κ. 722 00

ΚΑΛΑΜΑΥΚΑΣ (EL1341)	Ιεράπετρα, Τ.Κ. 722 00
ΚΑΛΟΥ ΧΩΡΙΟΥ (EL1341)	Αγ. Νικόλαος, Τ.Κ. 721 00
ΚΟΥΤΣΟΥΡΑ (EL1341)	Σταυροχώρι, Τ.Κ. 720 55
ΜΕΡΑΜΒΕΛΛΟΥ (EL1341)	Αγ. Νικόλαος, Τ.Κ. 721 00
ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΑΔΩΝ (EL1341)	Χανδράς, Τ.Κ. 720 59
ΣΗΤΕΙΑΣ – ΠΙΣΚΟΚΕΦΑΛΟΥ (EL1341)	Επ. Ζαχαρία 2, Τ.Κ. 723 00 – Σητεία
ΣΧΙΝΟΚΑΨΑΛΩΝ (EL1341)	Σταυροχώρι, Τ.Κ. 720 55
Π.Ε. ΡΕΘΥΜΝΟΥ	
ΑΓ. ΓΑΛΗΝΗΣ - ΜΕΛΑΜΠΩΝ (EL1340)	Αγ. Γαλήνη, Τ.Κ. 740 56
ΒΙΖΑΡΙΟΥ – ΛΑΜΠΙΩΤΩΝ - ΠΕΤΡΟΧΩΡΙΟΥ (EL1339 & EL1340)	Βιζάρι, Τ.Κ. 740 61
ΕΠΙΣΚΟΠΗΣ (EL1339)	Επισκοπή, Τ.Κ. 740 55
ΚΟΥΡΤΑΛΙΩΤΗ (EL1340)	Λευκόγια, Τ.Κ. 740 60
Π.Ε. ΧΑΝΙΩΝ	
ΑΓ. ΜΑΡΙΝΑΣ – ΠΛΑΤΑΝΙΑ (EL1339)	Αγ. Μαρίνα, Τ.Κ. 731 00
ΑΓΙΑΣ – ΚΟΛΥΜΒΑΡΙΟΥ (EL1339)	Ταυρωνίτης, Τ.Κ. 730 06
ΑΛΙΚΙΑΝΟΥ (EL1339)	Αλικιανός, Τ.Κ. 730 05
ΒΑΡΥΠΕΤΡΟΥ (EL1339)	Αγιά, Τ.Κ. 730 05
ΒΑΤΟΛΑΚΚΟΥ (EL1339)	Βατόλακκος, Τ.Κ. 730 05
ΔΥΤΙΚΟΥ ΑΠΟΚΟΡΩΝΑ (EL1339)	Καλύβες, Τ.Κ. 730 03
ΚΑΣΤΕΛΛΟΥ (EL1339)	Δράμια, Τ.Κ. 730 07
ΚΟΛΠΟΥ ΚΙΣΣΑΜΟΥ (EL1339)	Δραπανιάς, Τ.Κ. 734 00
ΚΟΥΝΤΟΥΡΑΣ (EL1340)	Κουντουρα, Τ.Κ. 730 01
ΚΟΥΡΝΑ – ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΗΣ (EL1339)	Γεωργιούπολη, Τ.Κ. 730 07
ΚΟΥΦΟΥ (EL1339)	Κουφός, Τ.Κ. 730 05
ΜΕΣΚΛΩΝ (EL1339)	Μεσκλά, Τ.Κ. 730 05
ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΑΣ (EL1340)	Παλαιόχωρα, Τ.Κ. 730 01
ΦΟΥΡΝΕ (EL1339)	Φουρνές, Τ.Κ. 730 05
ΦΡΑΓΚΟΚΑΣΤΕΛΛΟΥ (EL1340)	Πατσιανός, Τ.Κ. 731 10
ΧΡΥΣΟΣΚΑΛΙΤΙΣΣΑΣ (EL1339)	Βάθη, Τ.Κ. 730 12
4. Δ.Ε.Υ.Α. ΚΡΗΤΗΣ	
ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΞΟΝΑ ΧΑΝΙΩΝ (EL1339)	Γεράνι Δήμου Πλατανιά, 730 14 Χανιά
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ (EL1339)	Κ. Χατζηγεωργίου 2, 71 500 Φοινικιά
ΜΑΛΕΒΙΖΙΟΥ (EL1339)	Ελ. Βενιζέλου 115, 714 14 Γάζι
ΜΥΛΟΠΟΤΑΜΟΥ (EL1339)	Πέραμα, 740 52 Πέραμα Ρεθύμνου
ΡΕΘΥΜΝΟΥ (EL1339)	Μύτη Γρυντα Βιολογικός, 741 00 Ρέθυμνο
ΧΑΝΙΩΝ (EL1339)	Μεγ. Λαύρας 15-Μουρνιές Χανίων 733 00
ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ (EL1339)	Λουτρες Βιολογικός Μαλίων, 700 07
ΜΙΝΩΑ ΠΕΔΙΑΔΑΣ (EL1339 και EL1340)	Κοραή 1, 70 300 Αρκαλοχώρι
ΦΑΙΣΤΟΥ (EL1340)	Δημοτικό Μέγαρο, 70 400 Μοίρες
ΣΕΛΙΝΟΥ (EL1340)	Παλαιόχωρα Χανίων, Τ.Κ. 73 001
ΑΓΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ (EL1341)	Λατούς 8, 721 00 Αγ. Νικόλαος
ΣΗΤΕΙΑΣ (EL1341)	Ν. Πλαστήρα 31, Τ.Κ. 72 300
ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΟΙΝΟΠΟΙΗΣΕΩΝ	
ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ	
1. ΓΡΑΦΕΙΟ ΕΙΔΙΚΟΥ ΓΡΑΜΜΑΤΕΑ	Αμαλιάδος 17, Τ.Κ. 115 23, ΑΘΗΝΑ
2. Δ/ΝΣΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΥΔΑΤΟΣ	Αμαλιάδος 17, Τ.Κ. 115 23, ΑΘΗΝΑ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ	
ΓΡΑΦΕΙΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΡΧΗ	Πλ. Ελευθερίας 1, Ηράκλειο 71201
ΓΡΑΦΕΙΟ ΑΝΤΙΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΡΧΗ Π.Ε. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	Πλ. Ελευθερίας 1, Ηράκλειο 712 01
ΓΡΑΦΕΙΟ ΑΝΤΙΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΡΧΗ Π.Ε.	Σόλωνος 1-5, Αγ. Νικόλαος 721 00

ΛΑΣΙΘΙΟΥ	
ΓΡΑΦΕΙΟ ΑΝΤΙΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΡΧΗ Π.Ε. ΡΕΘΥΜΝΟΥ	Πλ. Ηρώων Πολυτεχνείου, 741 00 ΡΕΘΥΜΝΟ
ΓΡΑΦΕΙΟ ΑΝΤΙΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΡΧΗ Π.Ε. ΧΑΝΙΩΝ	Πλ. Ελευθερίας 85, ΧΑΝΙΑ
Δ/ΝΣΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ & ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ Π.Κ.	Ν. Πλαστήρα 100, Τ.Κ. 71201 Ηράκλειο
Ε.Δ.Ε.Υ.Α	Πατρόκλου 15, Τ.Κ. 412 22 ΛΑΡΙΣΑ