



Ελληνική Δημοκρατία  
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό  
Ίδρυμα Ηπείρου

# Φυσικοί και Περιβαλλοντικοί Κίνδυνοι (Εργαστήριο)

Ενότητα 10 Ξηρασία

Δρ. Θεοχάρης Μενέλαος



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

## 4. ΞΗΡΑΣΙΑ

### 4.1 Το φαινόμενο της ξηρασίας

Η ξηρασία είναι ένα ακραίο μετεωρολογικό-κλιματικό φαινόμενο, που μπορεί να εμφανιστεί σε ανύποπτο χρόνο, σε οποιαδήποτε περιοχή και με απροσδιόριστη διάρκεια. Από τη μέχρι σήμερα μετεωρολογική έρευνα, φαίνεται ότι είναι ένα φαινόμενο, που τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει σημαντική αύξηση στη συχνότητα εμφάνισής του, σε πολλές χώρες του κόσμου, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα σημαντικές οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η ξηρασία θεωρείται από τις πιο περίπλοκες αλλά και λιγότερο κατανοητές φυσικές καταστροφές. Η ξηρασία είναι μία σχετική κατάσταση, εφόσον η εμφάνιση της είναι συνάρτηση πολλών παραμέτρων και διαφέρει από τις άλλες ακραίες μετεωρολογικές καταστάσεις σε πολλά σημεία (Αναγνωστοπούλου, 2003).

Πρώτον, είναι δύσκολο να οριστεί η έναρξη και η λήξη ενός επεισοδίου ξηρασίας, και αυτό γιατί παρουσιάζει υστέρηση στην εμφάνιση από τη στιγμή που θα παρατηρηθεί απουσία βροχοπτώσεων, ενώ τα καταστροφικά της αποτελέσματα μπορούν να συνεχιστούν και μετά την εμφάνιση κάποιων βροχοπτώσεων - για το λόγο αυτό θεωρείται ως «έρπον φαινόμενο» (Tannehill, 1947).

Δεύτερον, δεν μπορεί να υπάρξει ένας κοινός παγκόσμιος επιστημονικός ορισμός για την ξηρασία - κάθε περιοχή πρέπει να έχει το δικό της ορισμό ανάλογα με την κλιματολογία και την τοπογραφία που τη χαρακτηρίζει. Αυτό εξηγεί και το πλήθος των ορισμών που έχουν καταγραφεί στη διάρκεια των τελευταίων χρόνων (World Meteorological Organization (WMO), 1975, Meteorological Office, 1991, Wilhite and Glantz, 1985). Επιπρόσθετα, ο ορισμός της ξηρασίας αλλάζει ανάλογα με το αντικείμενο της κάθε επιστήμης. Για την Μετεωρολογία, ξηρασία είναι η ελάττωση της βροχόπτωσης σε σχέση με την «κανονική» τιμή της για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Για την γεωργία σημαίνει μη παραγωγική σοδειά, που είναι αποτέλεσμα της έλλειψης του νερού στα κρίσιμα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας. Για την υδρολογία και την υδρογεωλογία σημαίνει πτώση της στάθμης των λιμνών, ποταμών και του υδροφόρου ορίζοντα κάτω από κάποιο όριο για μία ορισμένη χρονική περίοδο, ενώ για την οικονομία ή την πολιτική, η ξηρασία εμφανίζεται μόνο όταν υπάρχουν οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις.

## 4.2 Ορισμός της ξηρασίας

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι δεν μπορεί να δοθεί ένας περιεκτικός και ευρέως αποδεκτός ορισμός της ξηρασίας. Η ξηρασία ορίζεται διαφορετικά από περιοχή σε περιοχή, αλλά και σύμφωνα με το στόχο του κάθε ερευνητή. Ο καταστροφικός χαρακτήρας της εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, όπως είναι οι υψηλές θερμοκρασίες, οι ισχυροί άνεμοι και η χαμηλή σχετική υγρασία (Oladipo, 1985). Επίσης, η ξηρασία σχετίζεται με το χρόνο εμφάνιση της (καθυστέρηση στην έναρξη της υγρής περιόδου, απουσία βροχόπτωσης κατά τα στάδια ανάπτυξης των φυτών) αλλά και την αποτελεσματικότητα των βροχοπτώσεων (π.χ. ένταση βροχόπτωσης, αριθμός επεισοδίων βροχής). Έτσι, κάθε επεισόδιο ξηρασίας μπορεί να θεωρηθεί μοναδικό με δικά του κλιματικά χαρακτηριστικά και επιπτώσεις.

## 4.3 Δείκτες Ξηρασίας

Το μεγάλο πλήθος ορισμών της ξηρασίας, τα διαφορετικά χαρακτηριστικά που εμφανίζει σε σχέση με την τοπογραφία και το κλίμα της κάθε περιοχής και οι πολύπλοκες φυσικές διεργασίες που συνδέονται με την εμφάνιση της επέβαλλαν τη δημιουργία δεικτών ξηρασίας, έτσι ώστε να είναι εφικτή η αναγνώριση, η καταγραφή της έντασης και έκτασης των επεισοδίων ξηρασίας, καθώς επίσης και η δυνατότητα αξιολόγησης της ξηρασίας όχι μόνο σε τοπικό επίπεδο αλλά και σε μία ευρύτερη περιοχή.

Οι διάφοροι δείκτες ξηρασίας χρησιμοποιούν, για τον υπολογισμό τους, δεδομένα των υψών βροχής, του πάχους του στρώματος του χιονιού, των αποθεμάτων του νερού στο έδαφος, καθώς και άλλες παραμέτρους. Η τιμή του δείκτη ξηρασίας είναι ένας καθαρός αριθμός, που μπορεί να φανεί περισσότερο χρήσιμος σε σχέση με την ανάλυση της κάθε παραμέτρου χωριστά.

Η ορθή χρήση και ερμηνεία των δεικτών μπορεί να δώσει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε ξεχωριστού επεισοδίου ξηρασίας, ενώ η μελέτη των τιμών του δείκτη στη διάρκεια του χρόνου μπορεί να δώσει την πιθανότητα επανεμφάνισης των επεισοδίων ξηρασίας. Πρέπει να τονιστεί ωστόσο ότι η κακή χρήση των δεικτών, με τη μη σωστή εφαρμογή των περιορισμών του κάθε δείκτη, μπορεί να οδηγήσει σε παρερμηνεία των αποτελεσμάτων.

### 4.3.1 Το ποσοστό της μέσης τιμής βροχόπτωσης (normal)

Το ποσοστό της μέσης τιμής βροχόπτωσης σε μία περιοχή υπολογίζεται διαιρώντας την πραγματική τιμή ποσού της βροχόπτωσης δια τη μέση τιμή αυτής και πολλαπλασιάζεται επί το 100. Ο δείκτης αυτός μπορεί να υπολογιστεί είτε για ένα μήνα είτε μία ένα σύνολο μηνών. Το ποσοστό, όμως, της μέσης τιμής βροχόπτωσης εύκολα παρερμηνεύεται εφόσον δίνει διαφορετικές τιμές για διαφορετικές περιοχές και εποχές.

### 4.3.2 Palmer Drought Severity Index (PDSI)

Ο Palmer, (1965) δημιούργησε το δείκτη Palmer Drought Severity Index (PDSI) με σκοπό τη μέτρηση της υγρασίας. Ο δείκτης PDSI υπολογίζεται με βάση τα δεδομένα βροχόπτωσης, θερμοκρασίας και το διαθέσιμο νερό του εδάφους (Available Water Content, AWC).

**Πίνακας 4.1** Κατάταξη των επεισοδίων βροχόπτωσης σε ξηρα και υγρα σύμφωνα με το δείκτη PDSI

| Τιμές του δείκτη PDSI | Χαρακτηρισμός περιόδου |
|-----------------------|------------------------|
| >4.00                 | Εξαιρετικά υγρή        |
| 3.00-3.99             | Πολύ υγρή              |
| 2.00-2.99             | Μέτρια υγρή            |
| 1.00-1.99             | Ελαφρά υγρή            |
| 0.50-0.99             | Αρχή υγρής περιόδου    |
| 0.49-(-0.49)          | Κανονική περίοδος      |
| (-0.50)-(-0.99)       | Αρχή ξηρής περιόδου    |
| (-1.00)-(-1.99)       | Ελαφρά ξηρή            |
| (-2.00)-(-2.99)       | Μέτρια ξηρή            |
| (-3.00)-(-3.99)       | Πολύ ξηρή              |
| < -4.00               | Εξαιρετικά ξηρή        |

Όλοι οι βασικοί όροι της εξίσωσης ισορροπίας του νερού, δηλαδή η εξατμισοδιαπνοή, η απορροή, η επαναφορά του εδάφους σε κανονικές συνθήκες υγρασίας (soil recharge) και η απώλεια υγρασίας από το επιφανειακό στρώμα εδάφους είναι δυνατόν να υπολογιστούν αν είναι γνωστά τα παραπάνω δεδομένα. Αντίθετα, η

ανθρώπινη επίδραση (π.χ. άρδευση) πάνω στην ισορροπία του νερού δεν υπολογίζεται. Η χρησιμοποίηση των κανονικοποιημένων τιμών του δείκτη επιτρέπει να γίνονται συγκρίσεις ανάμεσα σε διαφορετικές περιοχές και σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα (Hayes, 1999).

#### **4.4.3 Surface Water Supply Index (SWPI)**

Ο δείκτης παροχής επιφανειακού νερού (SWPI) δημιουργήθηκε από τους Shafer and Dezman (1982) ώστε να συμπληρώνει το δείκτη Palmer για τις υγρές συνθήκες (ποσότητα του χιονιού και την αντίστοιχη απορροή) και για περιοχές με έντονη τοπογραφία. Ο δείκτης SWPI αποτελεί ένα είδος μέτρου του επιφανειακού νερού και εξαρτάται από το νερό που απορρέει από τα βουνά, όπου το χιόνι παίζει σημαντικό ρόλο

Τα δεδομένα που είναι απαραίτητα για τον υπολογισμό του δείκτη (SWPI) είναι: το πάχος του χιονοστρώματος, η παροχή, η βροχόπτωση και το πλεόνασμα νερού (απόθεμα), τα οποία εναλλάσσονται ανάλογα με την χρονική περίοδο μελέτης. Για παράδειγμα, για τον χειμώνα, ο δείκτης SWPI υπολογίζεται μόνο βάση του ύψους του χιονιού, της βροχόπτωσης και του πλεονάσματος, ενώ για το καλοκαίρι, το ύψος του χιονιού αντικαθιστάται από την παροχή. Όπως και ο δείκτης Palmer, οι τιμές του δείκτη SWPI κυμαίνονται από -4.0 έως +4.0 με μέση τιμή το μηδέν.

#### **4.4.4 Δείκτης Υγρασίας Σοδειάς (CMI-Crop Moisture Index)**

Μια άλλη μορφή του δείκτη Palmer αποτελεί ο δείκτης Υγρασίας Σοδειάς (CMI), έχει ως στόχο να ανιχνεύσει την κατάσταση υγρασίας μιας σοδειάς από εβδομάδα σε εβδομάδα, με μετεωρολογική προσέγγιση (Hayes, 1999). Ο δημιουργός του δείκτη αυτού είναι και πάλι ο Palmer (1968) και η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται είναι σχεδόν η ίδια με αυτή του δείκτη PDSI. Ο δείκτης PDSI εντοπίζει μεγάλης διάρκειας υγρές και ξηρές ακολουθίες, ενώ αντίθετα ο δείκτης CMI σχεδιάστηκε για να εκτιμά μικρής διάρκειας καταστάσεις υγρασίας κυρίως για αγροτικές περιοχές. Ο δείκτης αυτός υπολογίζεται βάσει των μέσων θερμοκρασιών και του ποσού βροχόπτωσης για κάθε εβδομάδα καθώς επίσης και βάσει της τιμής του δείκτη CMI της προηγούμενης εβδομάδας. Ο δείκτης CMI αντιδρά άμεσα στις διάφορες αλλαγές των καιρικών

συνθηκών και επειδή έχει διορθωθεί στο χώρο και στο χρόνο μπορεί να συγκρίνει συνθήκες υγρασίας διαφορετικών περιοχών.

#### 4.4.5 Standardized Precipitation Index (SPI)

Η κατανόηση ότι η απουσία της βροχόπτωσης έχει διαφορετικά αποτελέσματα στο υπόγειο νερό, στην ικανότητα κατακράτησης νερού, στην υγρασία του εδάφους, στην εμφάνιση του χιονιού και στα επιφανειακά ύδατα οδήγησαν τους McKee et al., (1993) να αναπτύξουν το Standardized Precipitation Index (SPI).

Ο SPI υπολογίζεται από τη διαφορά της βροχόπτωσης από τη μέση τιμή για μία ορισμένη χρονική περίοδο διαιρώντας την με την τυπική απόκλιση. Επειδή όμως η βροχόπτωση δεν έχει κανονική κατανομή, γίνεται μία ρύθμιση η οποία επιτρέπει στον δείκτη SPI να έχει κανονική κατανομή. Επομένως, η μέση τιμή του SPI για μία χρονική περίοδο και για συγκεκριμένη περιοχή είναι 0 και η τυπική απόκλιση είναι 1. Αυτή η κανονικοποίηση του δείκτη SPI αποτελεί πλεονέκτημα, έτσι ώστε τα υγρότερα και ξηρότερα τμήματα να μπορούν να αναπαρασταθούν με τον ίδιο τρόπο.

**Πίνακας 4.2** Κατάταξη των επεισοδίων βροχόπτωσης σε ξηρα και υγρα σύμφωνα με το δείκτη SPI

| Τιμές του δείκτη SPI | Χαρακτηρισμός των επεισοδίων             |
|----------------------|--|
| >2.0                 | Εξαιρετικά υγρή περίοδος (Extremely wet) |
| 1.5-1.99             | Πολύ υγρή περίοδος (Very wet)            |
| 1.0-1.49             | Υγρή περίοδος (Moderate wet)             |
| -0.99-0.99           | Κανονικές βροχοπτώσεις (Near Normal)     |
| -1.0 – (-1.49)       | Ξηρασία (Moderate dry)                   |
| -1.5 – (-1.99)       | Σημαντική Ξηρασία Severely dry           |
| < - 2.0              | Εξαιρετική Ξηρασία Extremely dry         |

Οι McKee et al., (1993) χρησιμοποίησαν την ταξινόμηση του Πίνακα 4.2 για να καθορίσουν τους δείκτες ξηρασίας που προκύπτουν από το SPI. Επίσης, καθόρισαν τα κριτήρια ενός επεισοδίου ξηρασίας σε οποιαδήποτε χρονική κλίμακα. Ένα επεισόδιο ξηρασίας που μπορεί να εμφανίζεται οποιαδήποτε στιγμή, αρχίζει όταν ο δείκτης SPI παίρνει αρνητική τιμή, συνεχίζει με αρνητικές τιμές και γίνεται έντονο όταν ο δείκτης πάρει τιμή μικρότερη ή ίση με το -1.5. Το επεισόδιο τελειώνει όταν ο

δείκτης πάρει τιμή θετική. Έτσι κάθε επεισόδιο ξηρασίας έχει τη διάρκεια του, η οποία καθορίζεται από μία αρχή, ένα τέλος και μια ένταση για κάθε μήνα που το επεισόδιο συνεχίζεται. Το συσσωρευμένο απόθεμα της ξηρασίας μπορεί να μετρηθεί ως το άθροισμα των δεικτών SPI για όλους τους μήνες σε ένα επεισόδιο ξηρασίας (Hayes, 1999).

#### **4.4.6 Εθνικός Δείκτης Βροχόπτωσης (RI-National Rainfall Index)**

Ο Εθνικός Δείκτης Βροχόπτωσης (RI) δημιουργήθηκε (Gommes and Petrassi, 1994) για να συγκρίνει τιμές βροχόπτωσης με έντονη διακύμανση σε ηπειρωτική κλίμακα στην Αφρική (Hayes, 1999). Για κάθε χώρα υπολογίστηκε ο δείκτης βασισμένος στην ετήσια μέση βροχόπτωση της κάθε χώρας διορθωμένη σύμφωνα με τη μέση τιμή των βροχοπτώσεων μεγάλης χρονοσειράς για κάθε σταθμό χωριστά. Η κλίμακα ανά χώρα σχεδιάστηκε έτσι ώστε να συνδέεται και με άλλα στατιστικά μεγέθη, όπως είναι η παραγωγή αγροτικών προϊόντων.

#### **4.5 Εφαρμογή του δείκτη SPI στην περιοχή της πηγής του Αλμυρού Κρήτης**

Παρακάτω παρουσιάζεται μια εφαρμογή προσδιορισμού του δείκτη SPI για την περιοχή του Αλμυρού Κρήτης (Γιάνναρου, 2009).

Η εκτίμηση του SPI για οποιαδήποτε θέση βασίζεται στον υπολογισμό σειράς αθροιστικής βροχόπτωσης για δεδομένη σταθερή χρονική κλίμακα, όπως για 1, 3, 6, 9, 12 ... μήνες. Η προαναφερθείσα σειρά προσεγγίζεται από μία κατανομή πιθανότητας, η οποία μετατρέπεται σε κανονική κατανομή, έτσι ώστε ο μέσος SPI, για τη συγκεκριμένη θέση και την επιλεγείσα χρονική περίοδο, να είναι μηδέν.

Θετικές τιμές του SPI υποδηλώνουν βροχόπτωση μεγαλύτερη της τιμής της διαμέσου, ενώ αρνητικές τιμές του δείκτη δείχνουν βροχόπτωση μικρότερη της. Δεδομένου ότι ο δείκτης SPI είναι κανονικοποιημένος, υγρότερα και ξηρότερα κλίματα μπορούν να απεικονιστούν με τον ίδιο τρόπο. Η χρήση SPI επιτρέπει και την παρακολούθηση/καταγραφή υγρών περιόδων.

Ο Thom το 1958 βρήκε την κατανομή Γάμμα που ταίριαζε καλύτερα στη χρονοσειρά βροχόπτωσης. Η κατανομή Γάμμα καθορίζεται από τη συνάρτηση πυκνότητας – πιθανότητας:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad \text{για } x > 0 \quad (4.1)$$

όπου,

$\alpha$  και  $\beta$  οι παράμετροι σχήματος και κλίμακας αντίστοιχα

$x$  η ποσότητα βροχόπτωσης και

$\Gamma(\alpha)$  η συνάρτηση Γάμμα

Ο υπολογισμός του SPI περιλαμβάνει την προσαρμογή μιας Γάμμα κατανομής πιθανότητας σε μια δεδομένη κατανομή συχνότητας της συνολικής βροχόπτωσης για ένα σταθμό. Οι παράμετροι  $\alpha$  και  $\beta$  εκτιμώνται για κάθε σταθμό, για κάθε χρονική κλίμακα ενδιαφέροντος (1, 3, 6, 9, 12 μήνες ... κλπ) και για κάθε μήνα του έτους. Οι λύσεις μέγιστης πιθανοφάνειας χρησιμοποιούνται για την βέλτιστη εκτίμηση των  $\alpha$  και  $\beta$ .

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (4.2)$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad (4.3)$$

όπου,  $A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n}$  (5.7) και  $n$  ο αριθμός των παρατηρήσεων.

Οι τελικές παράμετροι που εκτιμώνται χρησιμοποιούνται έπειτα στην εύρεση της αθροιστικής πιθανότητας ενός γεγονότος βροχής που παρατηρήθηκε για δεδομένο μήνα και χρονική κλίμακα του υπο επεξεργασία σταθμού. Δεδομένου ότι η συνάρτηση Γάμμα δεν ορίζεται για  $x$  ίσο με μηδέν και η κατανομή βροχόπτωσης μπορεί να περιέχει μηδενικές τιμές, η αθροιστική πιθανότητα  $H(x)$  υπολογίζεται από την εξίσωση



$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \quad (4.4)$$

όπου,

$q$  η πιθανότητα μιας τιμής μηδέν και

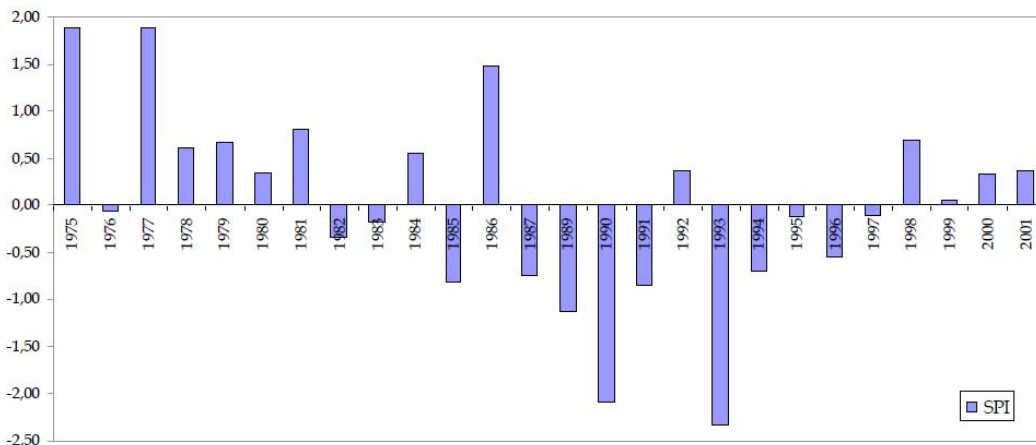
$G(x)$  η αθροιστική πιθανότητα της ατελούς (*incomplete*) συνάρτησης Γάμμα

Αν  $m$  είναι ο αριθμός εμφάνισης της τιμής μηδέν σε μια χρονοσειρά βροχόπτωσης, τότε το  $q$  είναι ίσο με  $m/n$ . Έτσι η αθροιστική πιθανότητα μετατρέπεται στην κανονική τυχαία μεταβλητή  $z$ , με μέση τιμή μηδέν και διακύμανση ένα, που είναι η τιμή του SPI.

Οι τιμές με βάση τις οποίες κατηγοριοποιείται ο δείκτης SPI παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

| Τιμή SPI        | Κατηγορία       |
|-----------------|-----------------|
| > 2.00          | Εξαιρετικά υγρό |
| 1.50 έως 1.99   | Έντονα υγρό     |
| 1.00 έως 1.49   | Μέτρια υγρό     |
| 0 έως 0.99      | Ήπια υγρό       |
| 0 έως -0.99     | Ήπια ξηρό       |
| -1.00 έως -1.49 | Μέτρια ξηρό     |
| -1.50 έως -1.99 | Έντονα ξηρό     |
| < -2.00         | Εξαιρετικά ξηρό |

Δείκτης SPI για τα χρόνια 1975 - 2001



**Σχήμα 4.1** Ετήσιες τιμές του δείκτη SPI για την περίοδο 1975-2001 (Γιάνναρου 2009)

## Ασκήσεις - ερωτήσεις

### Ερώτηση 1<sup>η</sup>

Πως ορίζεται το φαινόμενο της ξηρασίας.

### Ερώτηση 2<sup>η</sup>

Ποιοι είναι οι δείκτες ξηρασίας. Αναπτύξτε περιληπτικά τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους.

### Άσκηση 1<sup>η</sup>

Στον πίνακα που ακολουθεί, δίνονται οι ελάχιστες ετήσιες τιμές της παροχής του ενός ποταμού από το έτος 1980 μέχρι το έτος 2003. Να γίνει προσαρμογή των στοιχείων κατανομή των ακραίων τιμών I (Gumpel). Ποια είναι η ελάχιστη τιμή της παροχής που προκύπτει για  $T=10$  έτη.

| α/α | Έτος | Παροχή | α/α | Έτος | Παροχή |
|-----|------|--------|-----|------|--------|
| 1   | 1980 | 3.19   | 13  | 1992 | 2.71   |
| 2   | 1981 | 1.98   | 14  | 1993 | 0.44   |
| 3   | 1982 | 4.2    | 15  | 1994 | 2.32   |
| 4   | 1983 | 3.24   | 16  | 1995 | 4.03   |
| 5   | 1984 | 5.12   | 17  | 1996 | 1.51   |
| 6   | 1985 | 0.78   | 18  | 1997 | 1.4    |
| 7   | 1986 | 3.5    | 19  | 1998 | 5.15   |
| 8   | 1987 | 2.55   | 20  | 1999 | 8.87   |
| 9   | 1988 | 4.01   | 21  | 2000 | 2.47   |
| 10  | 1989 | 3.56   | 22  | 2001 | 3.33   |
| 11  | 1990 | 3.49   | 23  | 2002 | 0.98   |
| 12  | 1991 | 2.97   | 24  | 2003 | 3.54   |

### Άσκηση 2<sup>η</sup>

Να προσδιορισθεί ο δείκτης SPI για τις ετήσιες τιμές της βροχόπτωσης που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Να γίνει ο χαρακτηρισμός του κλίματος της περιοχής σύμφωνα με τον δείκτη SPI.

| α/α | Έτος | Βροχόπτωση (mm) | α/α | Έτος | Βροχόπτωση (mm) |
|-----|------|-----------------|-----|------|-----------------|
| 1   | 1980 | 600             | 13  | 1992 | 623             |
| 2   | 1981 | 620             | 14  | 1993 | 401             |
| 3   | 1982 | 400             | 15  | 1994 | 380             |
| 4   | 1983 | 570             | 16  | 1995 | 800             |
| 5   | 1984 | 480             | 17  | 1996 | 813             |

|    |      |     |    |      |     |
|----|------|-----|----|------|-----|
| 6  | 1985 | 702 | 18 | 1997 | 583 |
| 7  | 1986 | 639 | 19 | 1998 | 498 |
| 8  | 1987 | 478 | 20 | 1999 | 637 |
| 9  | 1988 | 604 | 21 | 2000 | 729 |
| 10 | 1989 | 715 | 22 | 2001 | 531 |
| 11 | 1990 | 502 | 23 | 2002 | 593 |
| 12 | 1991 | 550 | 24 | 2003 | 489 |

## ***Προτεινόμενη Βιβλιογραφία***

Αναγνωστοπούλου Χ., 2003: *Συμβολή στη μελέτη της ξηρασίας στον Ελληνικό χώρο, Διδακτορική διατριβή*, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Μετεωρολογίας - Κλιματολογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, σελ. 222.

Βορίσης Δ., 2001: Η καταστολή των δασικών πυρκαγιών. Αρχηγείο Πυροσβεστικού Σώματος, Διεύθυνση IV – Τμήμα Β, Χορηγός εκτύπωσης, Τυπογραφεία ΦΟΙΝΙΞ Α.Ε.

Γιαννόπουλος, Σ., 2005: Μαθήματα Τεχνικής Υδρολογίας, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εκδόσεις Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, σελ. 155.

Γκιόκας, Ε., 2009: Κατάρτιση μεθοδολογικού πλαισίου για την εκπόνηση χαρτών πλημμύρας, Μεταπτυχιακή διατριβή, Ε.Μ.Π., Αθήνα, σελ. 114.

Δαλέζιος, Ρ., Ν., 1999: Σημειώσεις Φυσικών Περιβαλλοντικών Κινδύνων, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής & Ζωικής Παραγωγής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σελ. 290.

Δαμιανάκης, Ε., Σαμπαθανάκης, Ι., 2008: Ο παγετός και τα μέτρα ενεργητικής και παθητικής προστασίας του σε οπωρώνα και αμπελώνα στο Ν. Ηρακλείου, Σ.Τ.Ε.Γ. ΑΤΕΙ Κρήτης, σελ. 33.

Ε.Ο.Π. (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος), 2005: Μεταβολή του κλίματος και υπερχειλίση ποταμών στην Ευρώπη. ΕΕΑ Briefing No. 01.

Καιλίδης Δ., 1990: Δασικές Πυρκαγιές, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, ΑΠΘ.

Καρακώστας, Θ. Σ., 1998: Σημειώσεις Φυσικής των Νεφών και Τροποποίησης Καιρού. Α.Π.Θ., Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη, σελ. 108.

Κατσούλης, Β.Δ. και Λ.Ν. Καραπιέρης, 1981: Συχνότητα εκδήλωσης και κατανομής της χαλάζης στην Ελλάδα. Δελτίον Ελληνικής Μετεωρολογικής Εταιρείας, 6, σελ. 44-58.

Κουτσογιάννης Δ., και Ξανθόπουλος Θ., 1999: Τεχνική Υδρολογία, Έκδοση 3, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999.

Κωτούλας Δ., 2001: Διευθετήσεις χειμαρρικών ρευμάτων. Μέρος Ι, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, σελ. 681.

Λέκκας, Ε., 2009: Φυσικές και Τεχνολογικές Καταστροφές - Εκπαιδευτικό υλικό κατάρτισης στελεχών τοπικής αυτοδιοίκησης, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο, Αθήνα.

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

## Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Τεχνολογικό Ίδρυμα Ηπείρου. Μενέλαος Θεοχάρης  
Φυσικοί και Περιβαλλοντικοί Κίνδυνοι (Εργαστήριο)

<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG117/>

## Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, Διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.el>



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Επεξεργασία: Χρήστος Μυριούνης  
Άρτα 2015