



Το παρόν έργο αδειοδοτείται υπό τους όρους της άδειας Creative Commons Αναφορά Δημιουργού - Μη Εμπορική Χρήση - Όχι Παράγωγα Έργα 4.0. Για να δείτε ένα αντίγραφο της άδειας αυτής επισκεφτείτε το σύνδεσμο: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Ξηρασία

Δρ. Βασίλης Μπέλλος

Φυσικοί κίνδυνοι

Γεωφυσικοί



Μετεωρολογικοί



Υδρολογικοί



Κλιματολογικοί



Βιολογικοί



Εξωγήινοι



Έννοιες

- **Ξηρασία**

- Φυσική περιστασιακή προσωρινή κατάσταση συνεχούς μείωσης της βροχόπτωσης και της διαθεσιμότητας νερού, αναφορικά με τις συνήθεις τιμές, που εκτείνεται σε μία σημαντική χρονική περίοδο και καλύπτει μία ευρεία περιοχή

- **Ξηρότητα**

- Φυσική μόνιμη κλιματική κατάσταση με πολύ χαμηλές ετήσιες ή εποχιακές βροχοπτώσεις

- **Έλλειμμα νερού**

- Ανθρωπογενής προσωρινή ανισορροπία στη διαθεσιμότητα του νερού. Μπορεί να οφείλεται στην ξηρασία ή σε άλλα ανθρωπογενή αίτια

- **Λειψυδρία**

- Μόνιμη κατάσταση ανισορροπίας μεταξύ των υδατικών πόρων και της ζήτησης σε νερό. Συνήθως χαρακτηρίζεται από ένα ξηρό κλίμα ή/και γρήγορη αύξηση της ζήτησης σε νερό

- **Ερημοποίηση**

- Υποβάθμιση του εδάφους σε ξηρές, ημίξηρες και άλλες περιοχές σε μία ξηρή περίοδο. Προκαλείται από υπερεκμετάλλευση του υδατικού δυναμικού σε συνδυασμό με τις κλιματικές διακυμάνσεις

Έννοιες

	Φυσικά αίτια	Ανθρωπογενή αίτια
Προσωρινή κατάσταση	Ξηρασία	Έλλειμμα νερού
Μόνιμη κατάσταση	Ξηρότητα	Λειψυδρία Ερημοποίηση

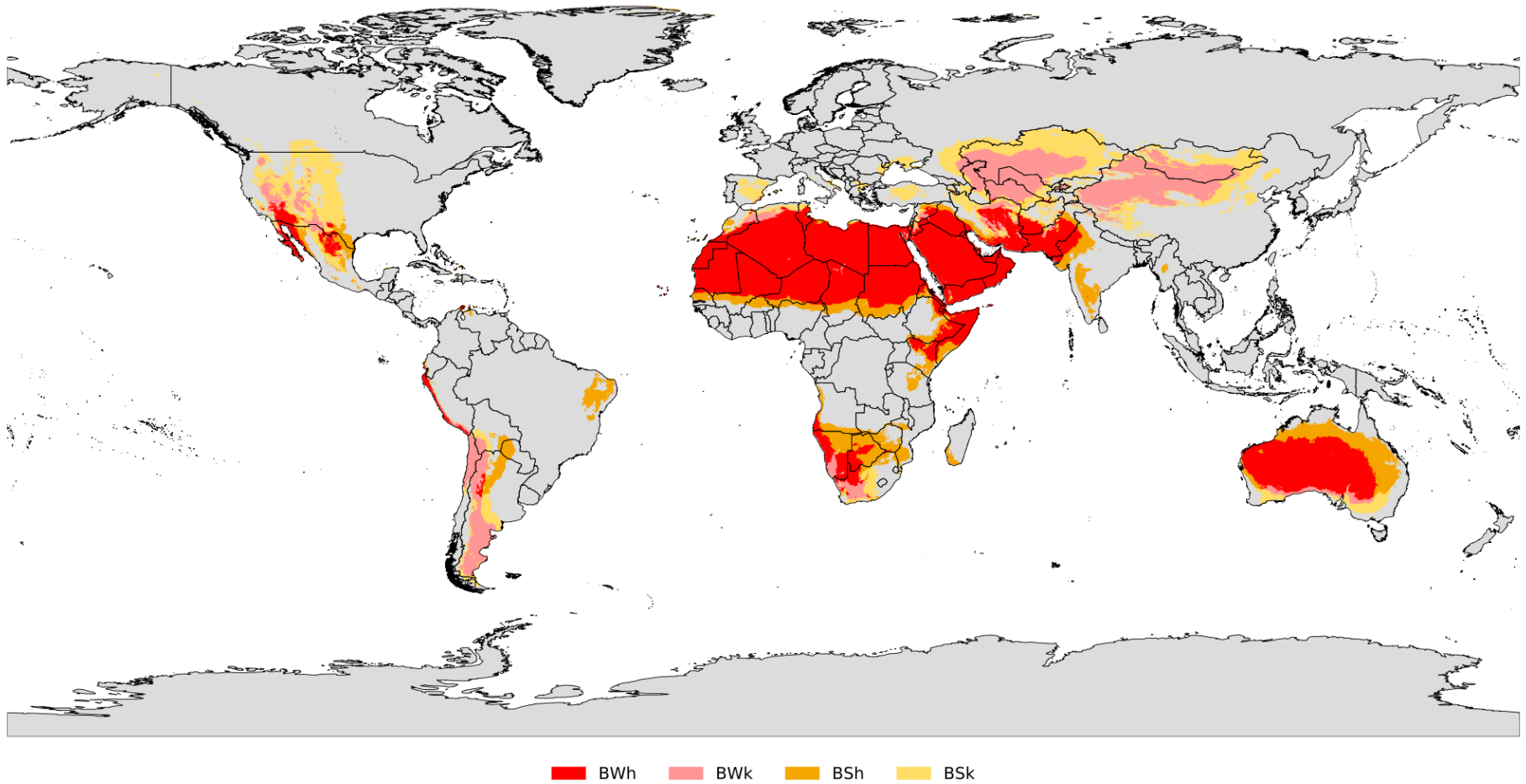
Έννοιες

- Είναι το φαινόμενο κατά τη διάρκεια εμφάνισής του οποίου το υδατικό σύστημα βρίσκεται κάτω από ένα κρίσιμο επίπεδο σε σχέση με την κανονική λειτουργία
- Είναι το φαινόμενο μειωμένης διαθεσιμότητας νερού για μεγάλη έκταση και για σημαντικό χρονικό διάστημα
- Οι φυσικές ποσότητες εισερχόμενου διαθέσιμου νερού στο σύστημα παραμένουν κάτω από τις κανονικές για μία σημαντική χρονική περίοδο

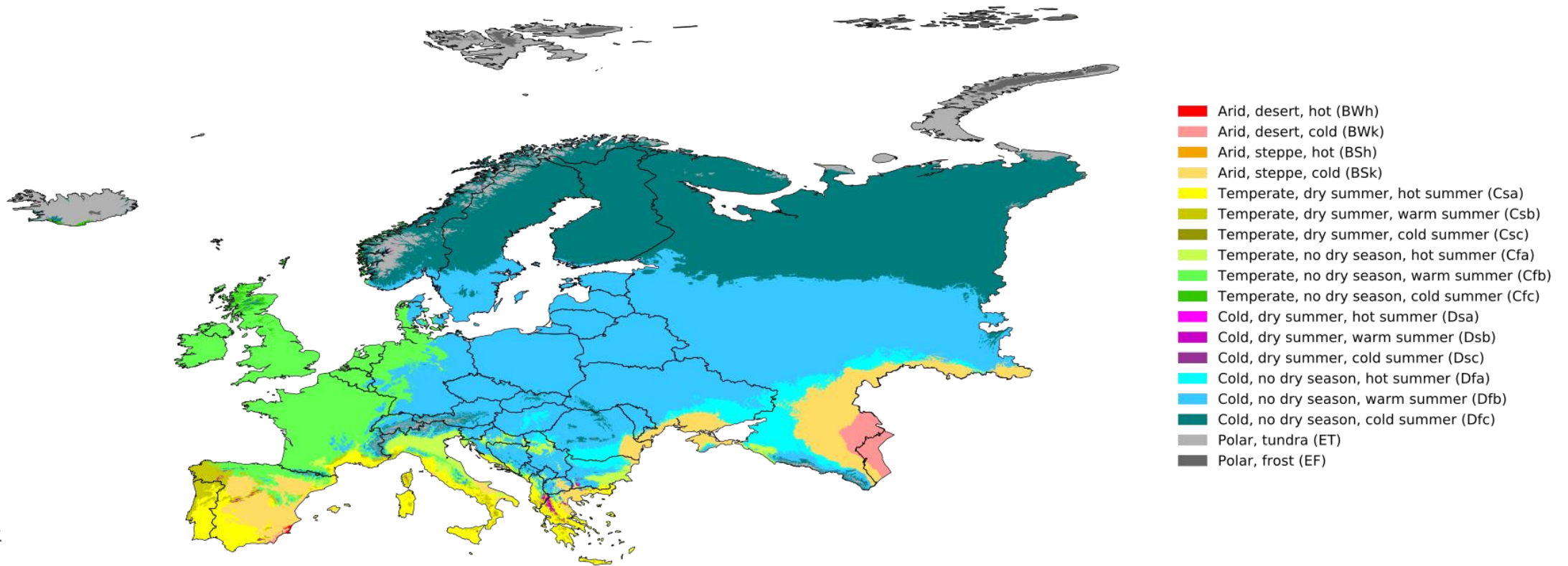
Κρίσιμα μεγέθη

- **Ισχυρή ελάττωση**
 - Κατώφλι που ορίζει την κανονική λειτουργία
- **Σημαντική χρονική διάρκεια**
 - Έτη
- **Ευρεία έκταση**
 - Περιφέρειες
 - Κράτη
 - Ήπειροι

Ξηρότητα



Κλιματικές ζώνες στην Ευρώπη



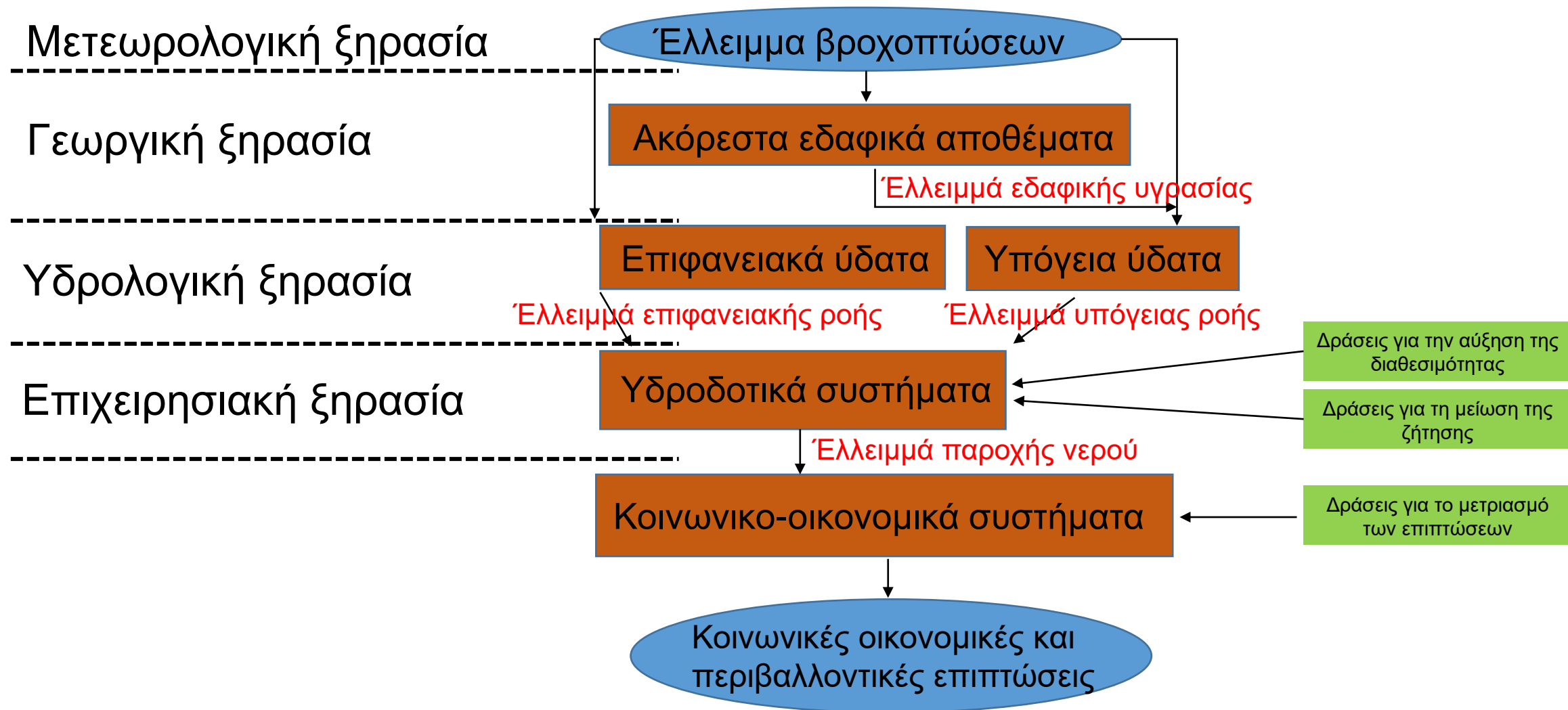
Ερημοποίηση



Τύποι ξηρασίας

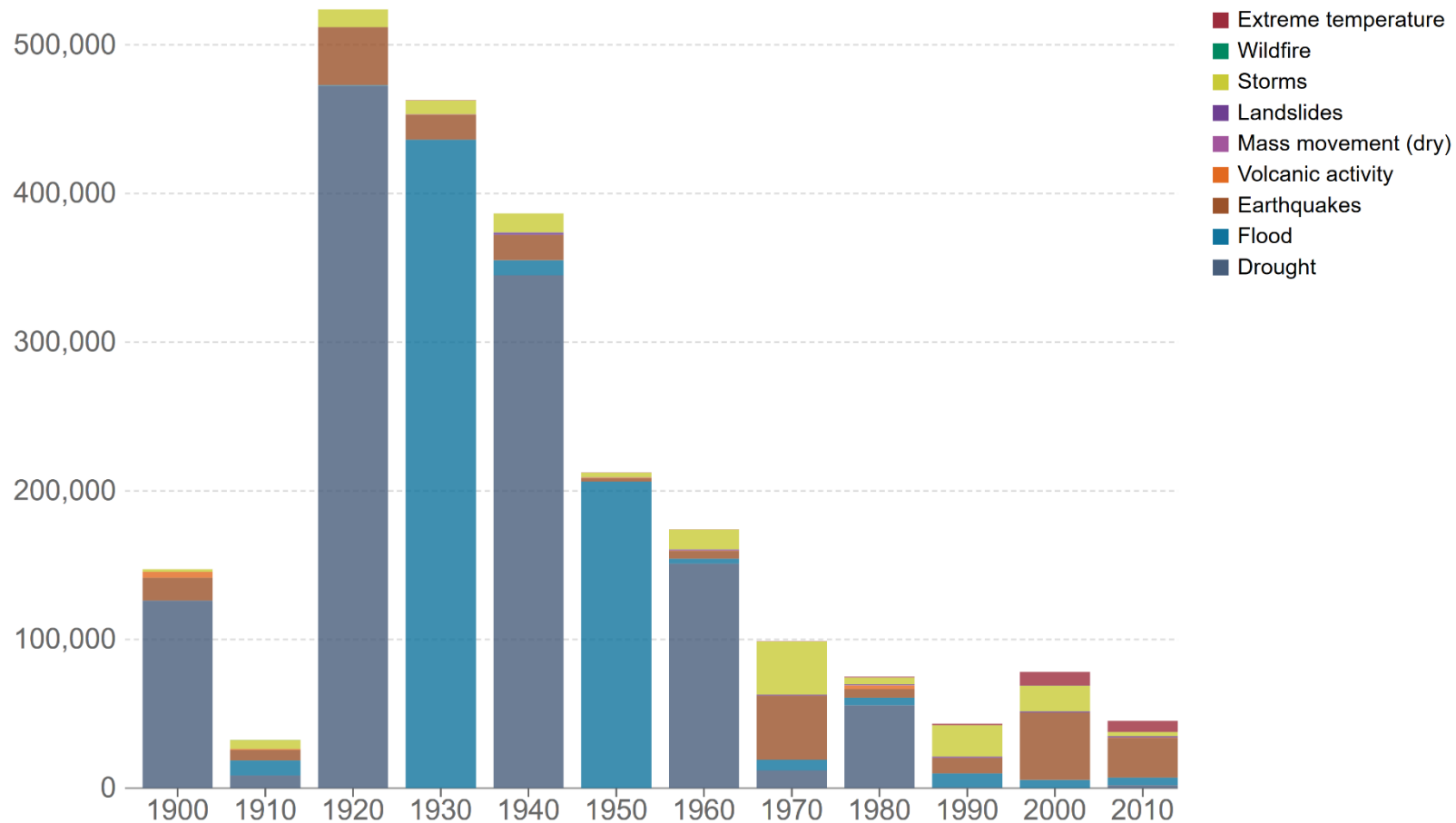
- **Μετεωρολογική**
 - Μείωση βροχοπτώσεων σε σχέση με τις συνήθεις τιμές, που προέρχεται από τη διακύμανση των βροχοπτώσεων και οφείλεται στις κλιματικές μεταβολές
- **Γεωργική**
 - Έλλειψη εδαφικής υγρασίας → εξαρτάται από το απόθεμα του υδατικού δυναμικό
- **Υδρολογική**
 - Ένα προγενέστερο έλλειμμα επηρεάζει τα επιφανειακά και υπόγεια υδατικά συστήματα → μείωση των απορροών
- **Επιχειρησιακή**
 - Επιπτώσεις στα συστήματα υδροδότησης (ύδρευση και άρδευση)
 - Μέτρα αντιμετώπισης

Τύποι ξηρασίας



Φυσικοί κίνδυνοι

Θάνατοι

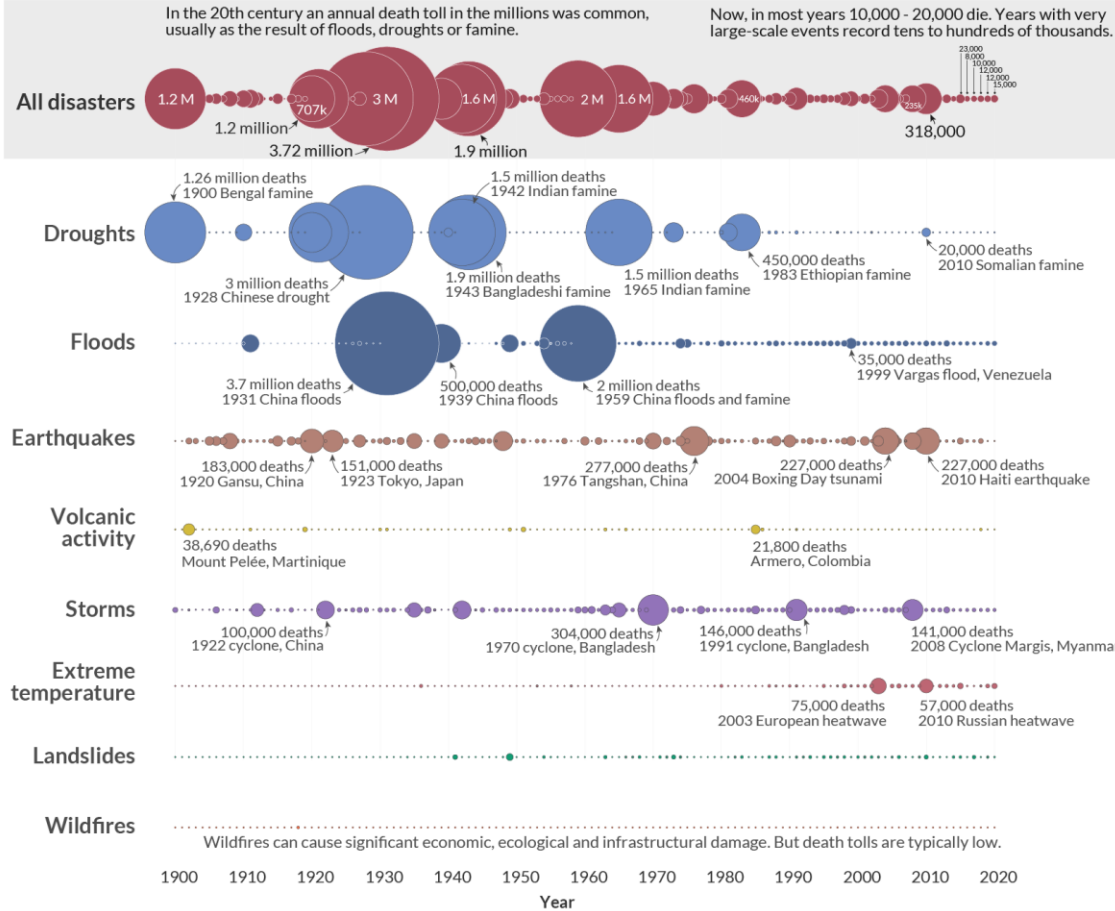


Φυσικοί κίνδυνοι

Global deaths from disasters over more than a century



The size of the bubble represents the estimated annual death toll. The largest years are labeled with this total figure, alongside large-scale events that contributed to the majority – although usually not all – of these deaths.



Data source: EM-DAT, CRED / UCLouvain, Brussels, Belgium – www.emdat.be (D. Guha-Sapir). OurWorldinData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.

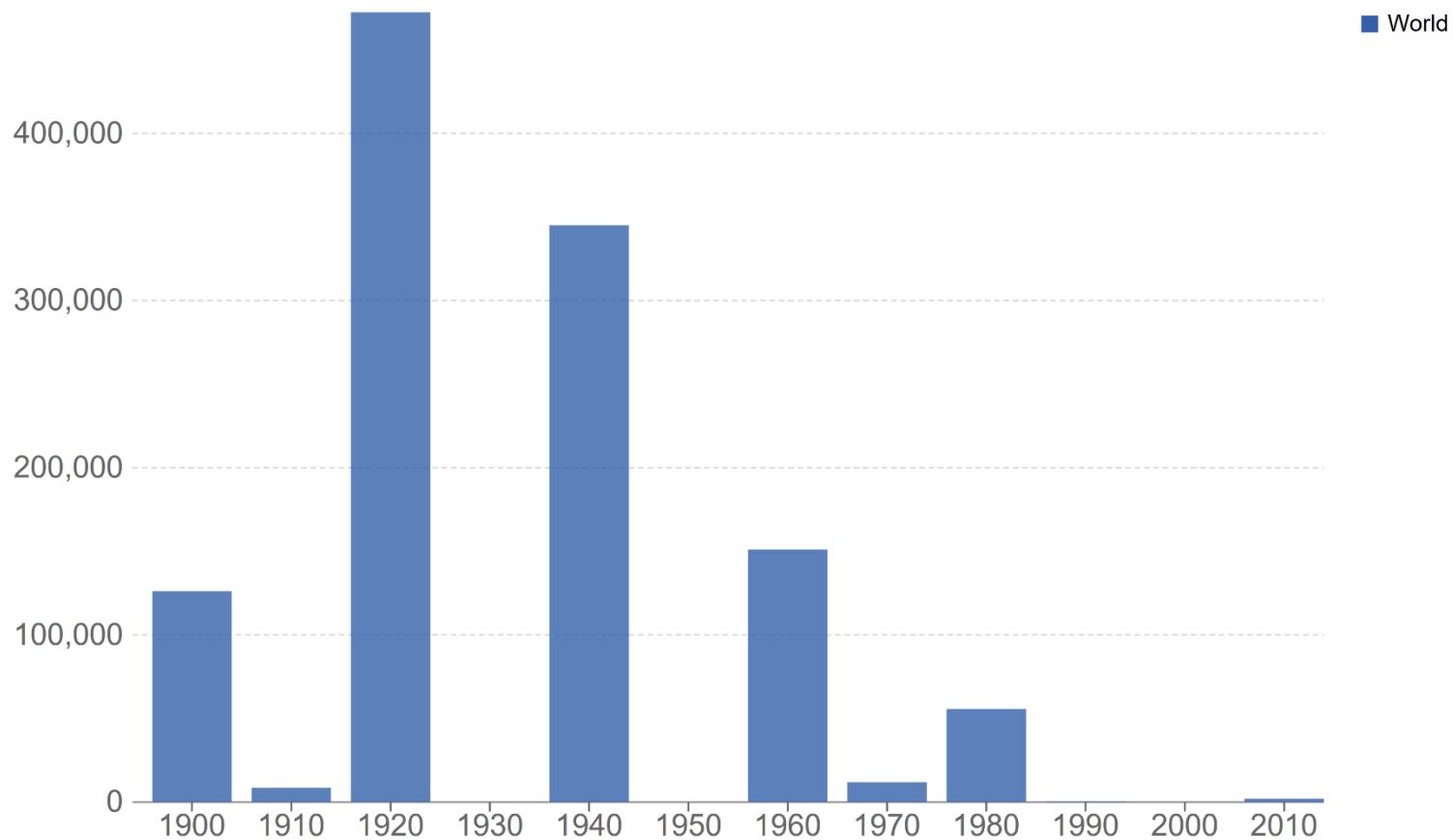
Πηγή: <https://ourworldindata.org>

Ξηρασία

Decadal average: Number of deaths from drought

Decadal figures are measured as the annual average over the subsequent ten-year period.

Our World
in Data



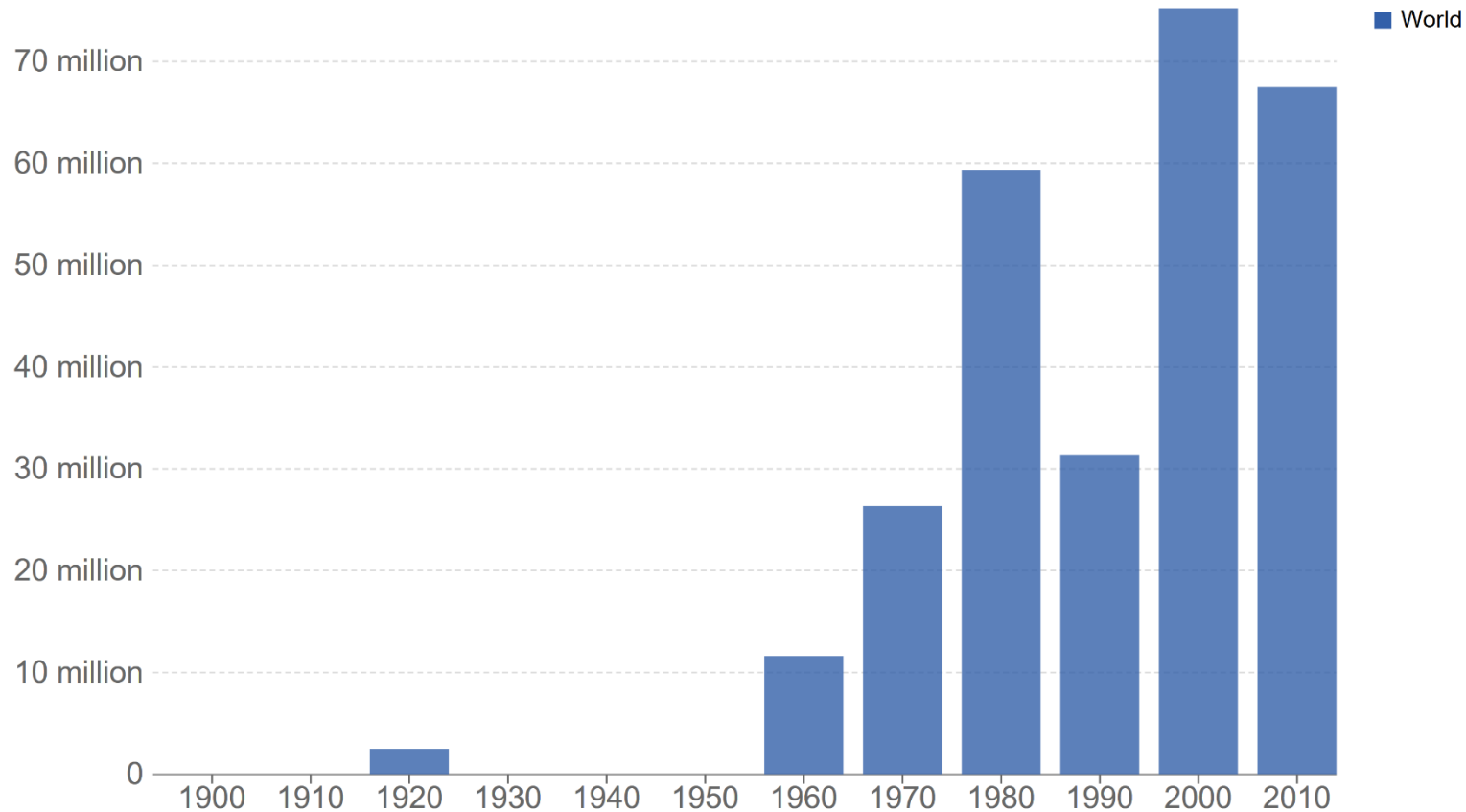
Πηγή: <https://ourworldindata.org>

Ξηρασία

Decadal average: Number of people affected from drought

People affected are those requiring immediate assistance during an emergency situation. Decadal figures are measured as the annual average over the subsequent ten-year period.

Our World
in Data



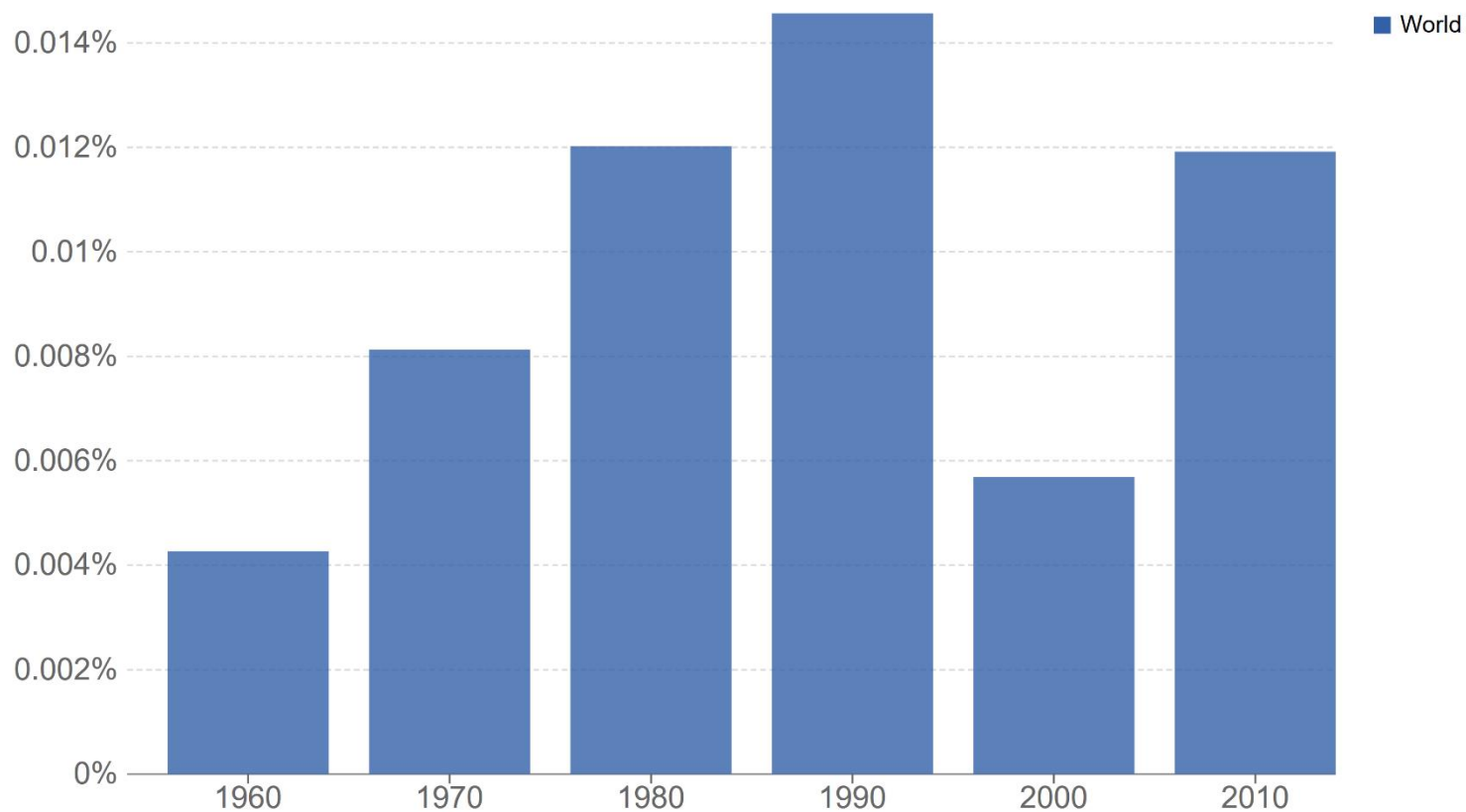
Πηγή: <https://ourworldindata.org>

Ξηρασία

Decadal average: Total economic damages from drought as a share of GDP

Decadal figures are measured as the annual average over the subsequent ten-year period.

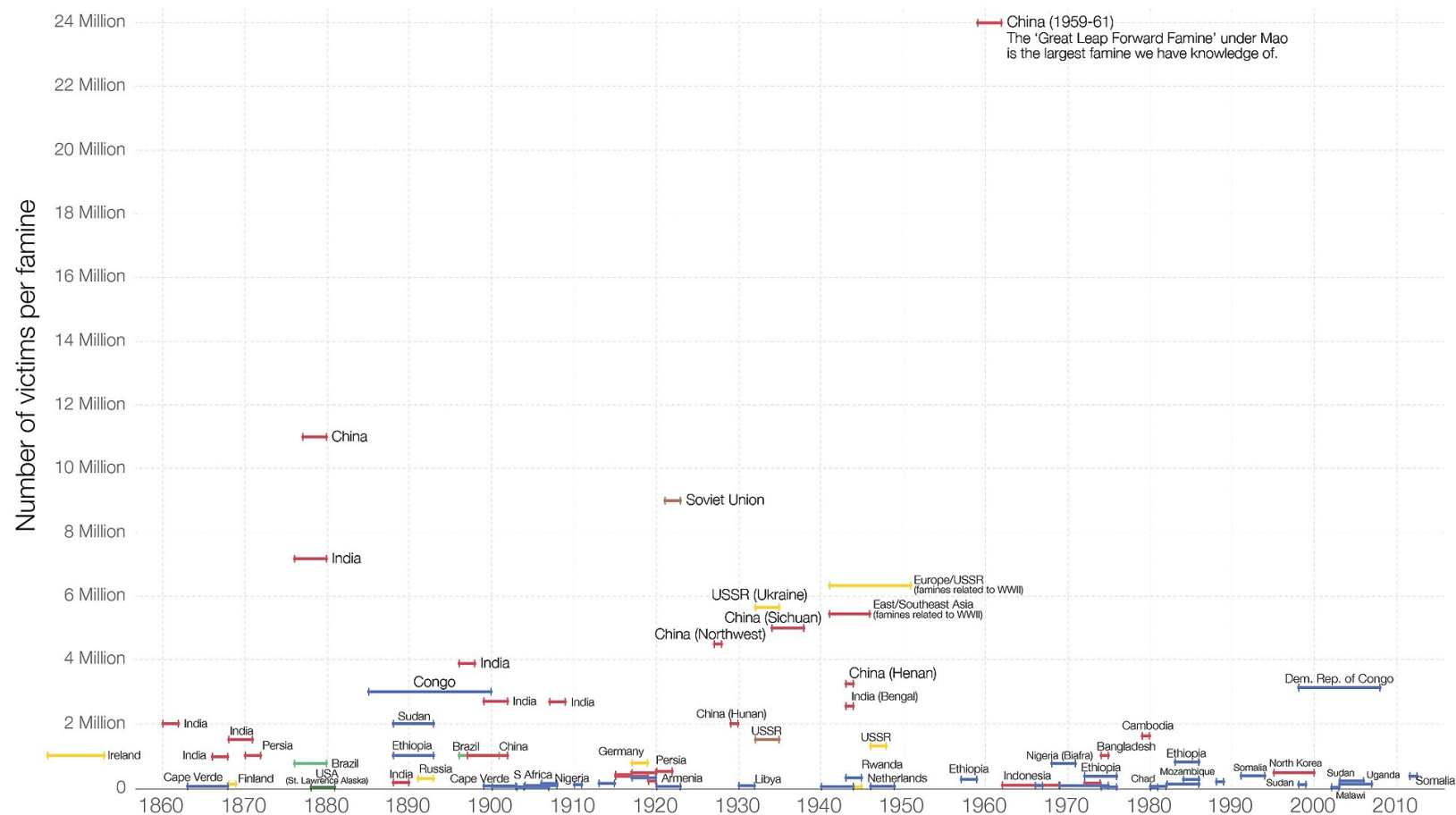
Our World
in Data



Πηγή: <https://ourworldindata.org>

Βασική επίπτωση

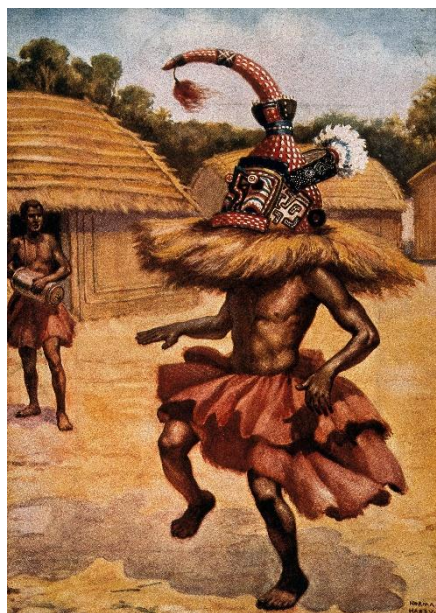
- Δεν είναι τόσο η δίψα αλλά η πείνα!



Πηγή: <https://en.wikipedia.org>

Ιστορικές ξηρασίες

- Από το γεωργικό στάδιο του πολιτισμού
- Τελετουργίες για την πρόκληση της βροχής
- Υπεύθυνοι επίκλησης στα «ανώτερα όντα» → Σαμάνοι



Ιστορικές ξηρασίες

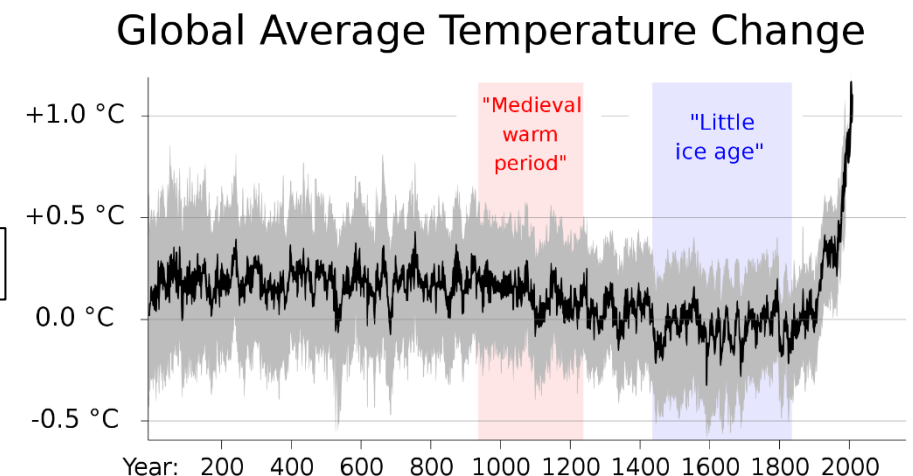
- Ξηρασία το 2200 π.Χ. στην περίοδο του χαλκού (3300-1200 πΧ)
- Παρακμή του αρχαίου βασιλείου της Αιγύπτου



Ιστορικές ξηρασίες

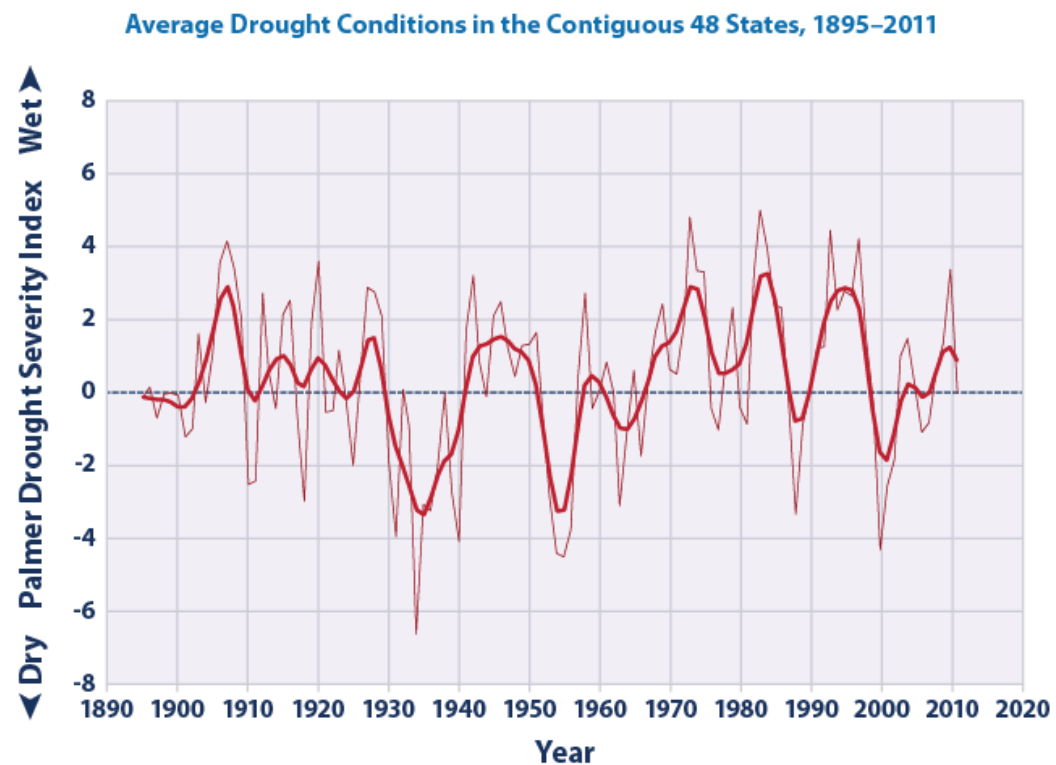
- Μεσαιωνική θερμή περίοδος (950-1250 μΧ) στο βόρειο Ατλαντικό → δεν ήταν παγκόσμιο φαινόμενο
- Προηγήθηκε της μικρής περιόδου των παγετώνων (1300-1850 μΧ)
- Πιθανόν ευθύνεται για την κατάρρευση του πολιτισμού των Μάγιας (Μεξικό) → μία από τις θεωρίες

Πηγή: <https://en.wikipedia.org>



Ιστορικές ξηρασίες

- Οι ΗΠΑ έχουν αρκετά γεγονότα ξηρασίας

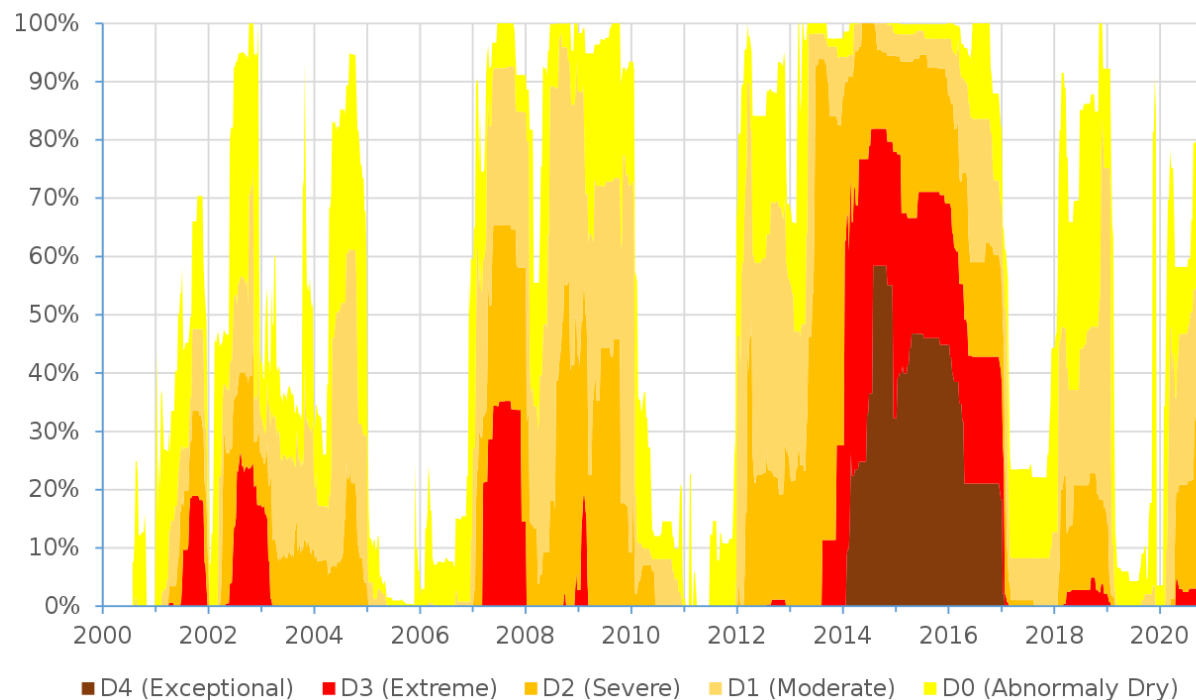


Πηγή: <https://en.wikipedia.org>

Ιστορικές ξηρασίες

- Ιδιαίτερα η Καλιφόρνια

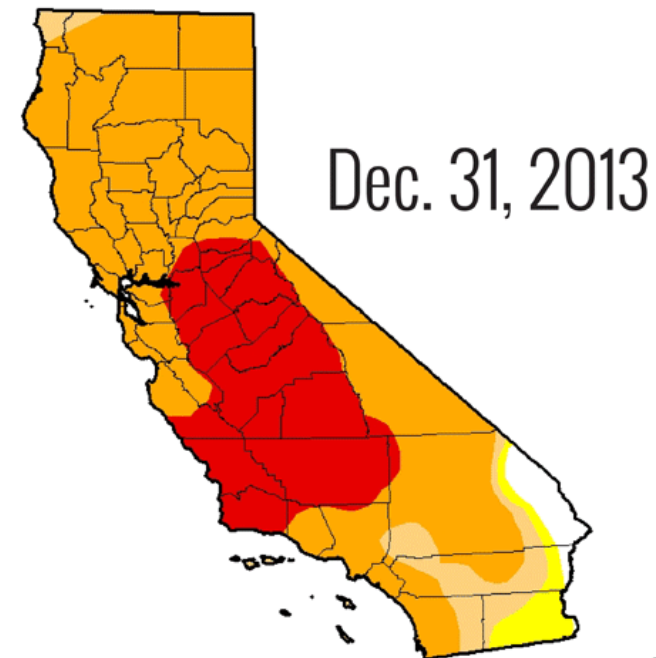
Drought area in California



The Drying of California

The spread of California's drought, Dec. 31, 2013 - July 29, 2014

Abnormally Dry Moderate Severe Extreme Exceptional



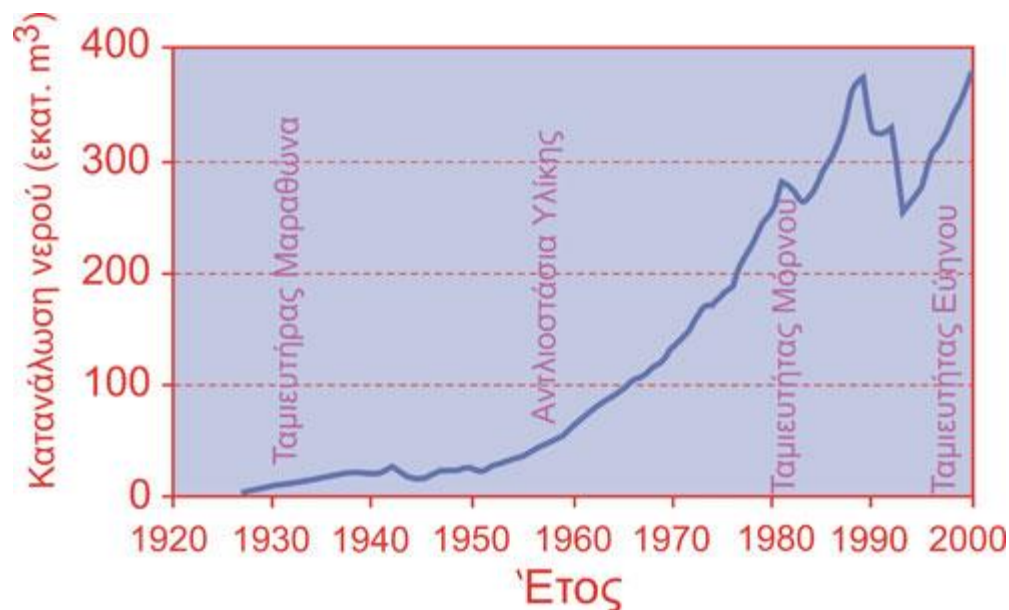
Source: National Drought Mitigation Center

Mother Jones

Πηγή: <https://en.wikipedia.org>

Ιστορικές ξηρασίες

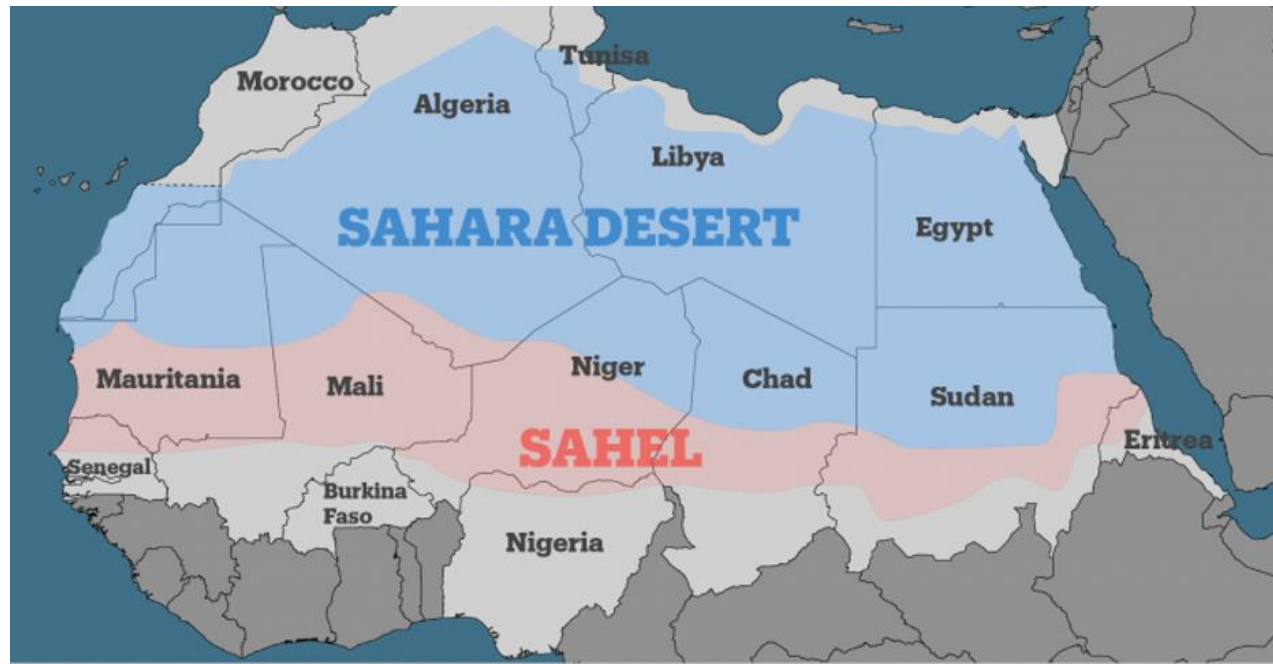
- Ευρώπη → 1 φορά στα 50 χρόνια
- Ελλάδα → ξηρασία 1987-1993
- Λειψυδρία στην Αθήνα



Πηγή: <http://www.greekscapes.gr>

Ιστορικές ξηρασίες

- Ζώνη Sahel (Κεντρική Αφρική) → δεκαετία του '80
- Ερημοποίηση περιοχής
- Μετακίνηση 10 εκατομμύρια ανθρώπων



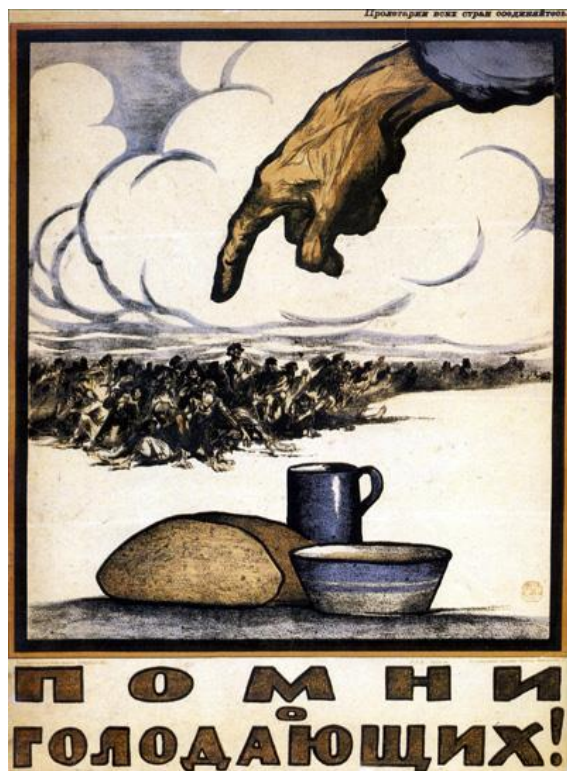
Ιστορικές ξηρασίες

- Γαλλία 1788



Ιστορικές ξηρασίες

- Ξηρασία και φαινόμενα λιμού στην πρώην ΕΣΣΔ
 - 1921-1923
 - 1932-1933



Θυμήσου αυτούς που πεινάνε!

Ιστορικές ξηρασίες

- Ξηρασία και καταιγίδες σκόνης στην Κίνα, 2010



Πηγή: <https://en.wikipedia.org>

Ιστορικές ξηρασίες

- Λιμός Μαδαγασκάρης, 2021-2022
- Ξηρασία + COVID-19
- Το νότιο τμήμα της χώρας χτυπήθηκε από το χειρότερο κύμα ξηρασίας τα τελευταία 40 έτη
- Επηρεάστηκαν 1.2 εκατομμύρια πληθυσμού (περίπου το 50% του νότιου τμήματος της χώρας)
- Περίπου 400000 είναι σε κρίσιμη κατάσταση υποσιτισμού

Μεταβλητές ξηρασίας

- **Φυσικές**
 - Βροχή
 - Εξατμισοδιαπνοή
 - Διήθηση νερού στο έδαφος
- **Ανθρωπογενείς**
 - Υδατικά συστήματα

Κατηγορίες κατακρημνισμάτων

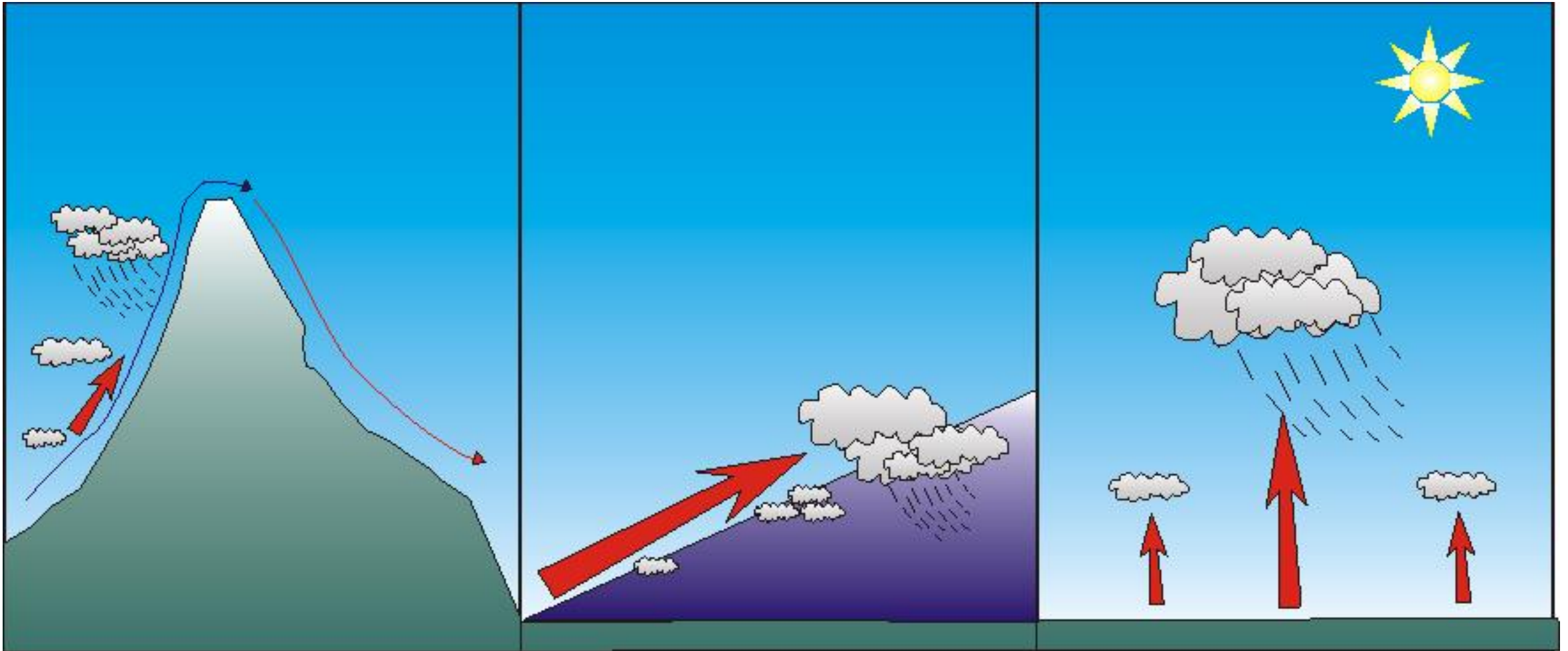
- **Κυκλωνικά ή μετωπικά κατακρημνίσματα**
 - Ανύψωση και ψύξη αέριων μαζών εξαιτίας της ύπαρξης θερμών και ψυχρών μετώπων
- **Ορογραφικά ή κατακρημνίσματα αναγλύφου**
 - Ανύψωση → ψύξη → υγροποίηση υδρατμών λόγω φυσικών εμποδίων
- **Κατακρημνίσματα ανοδικής μεταφοράς**
 - Όταν μία ψυχρή αέρια μάζα συναντήσει θερμή επιφάνεια εδάφους

Κατηγορίες κατακρημνισμάτων

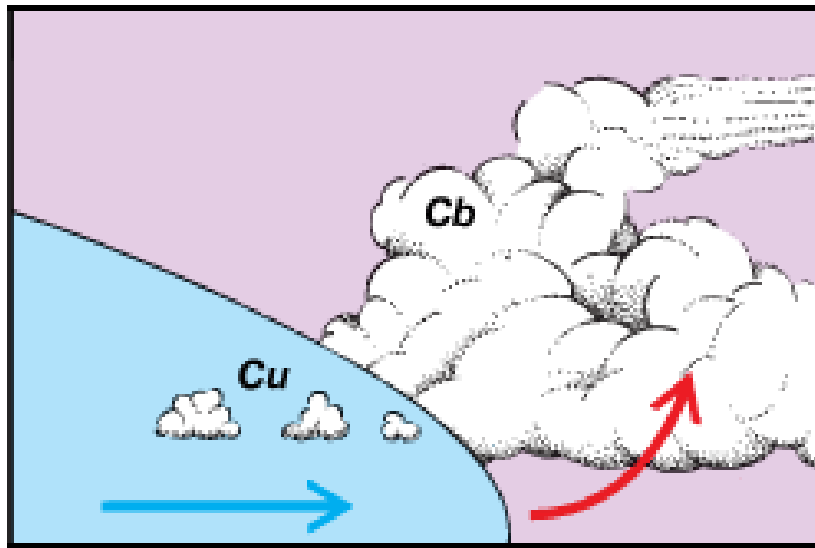
ορογραφικό φαινόμενο

μέτωπα

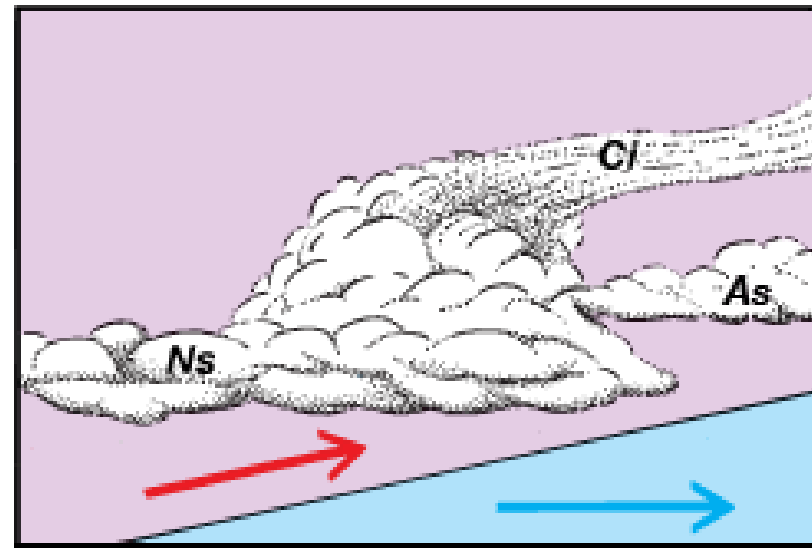
ανοδική μεταφορά



ΜÉTΩΠΑ

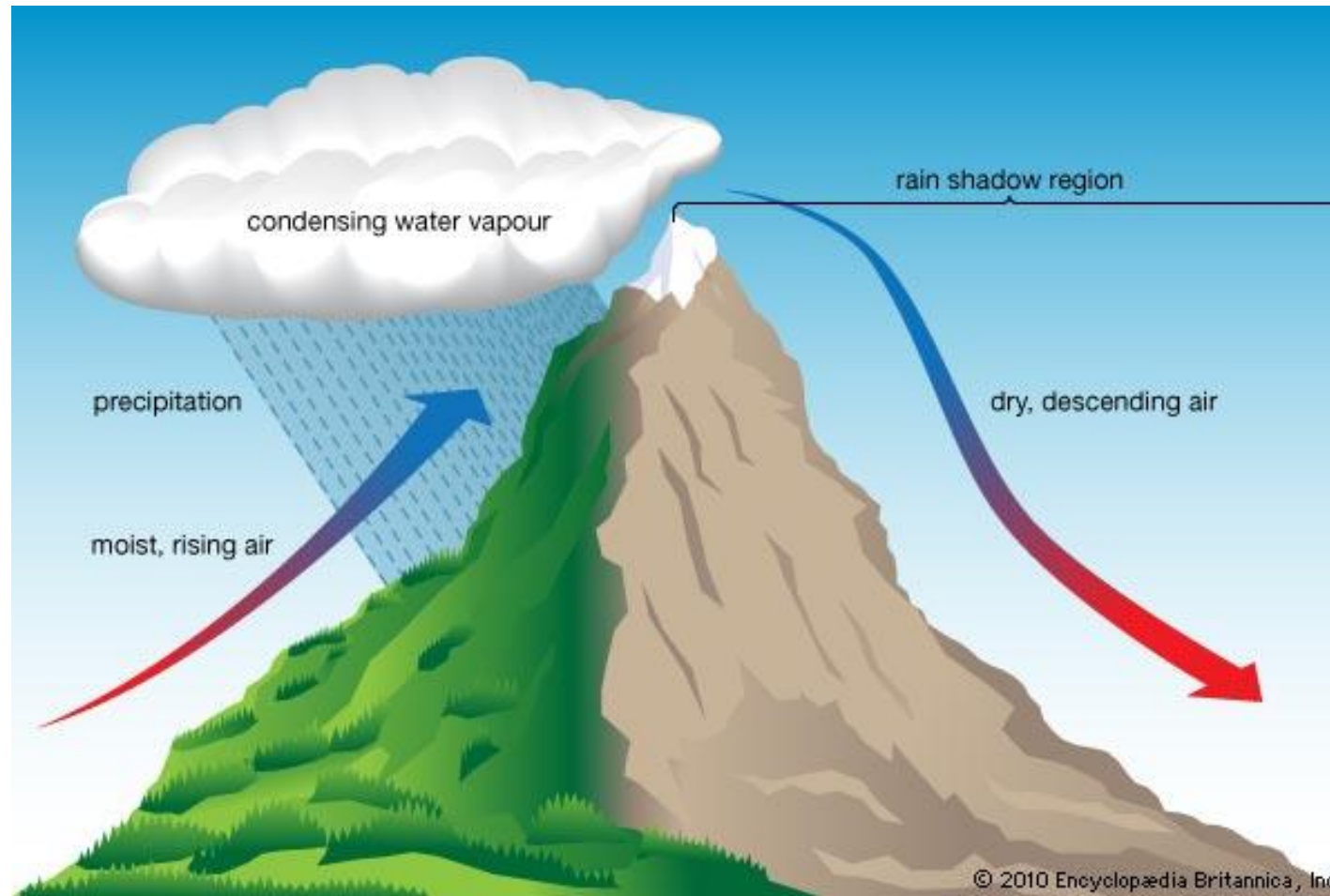


cold front

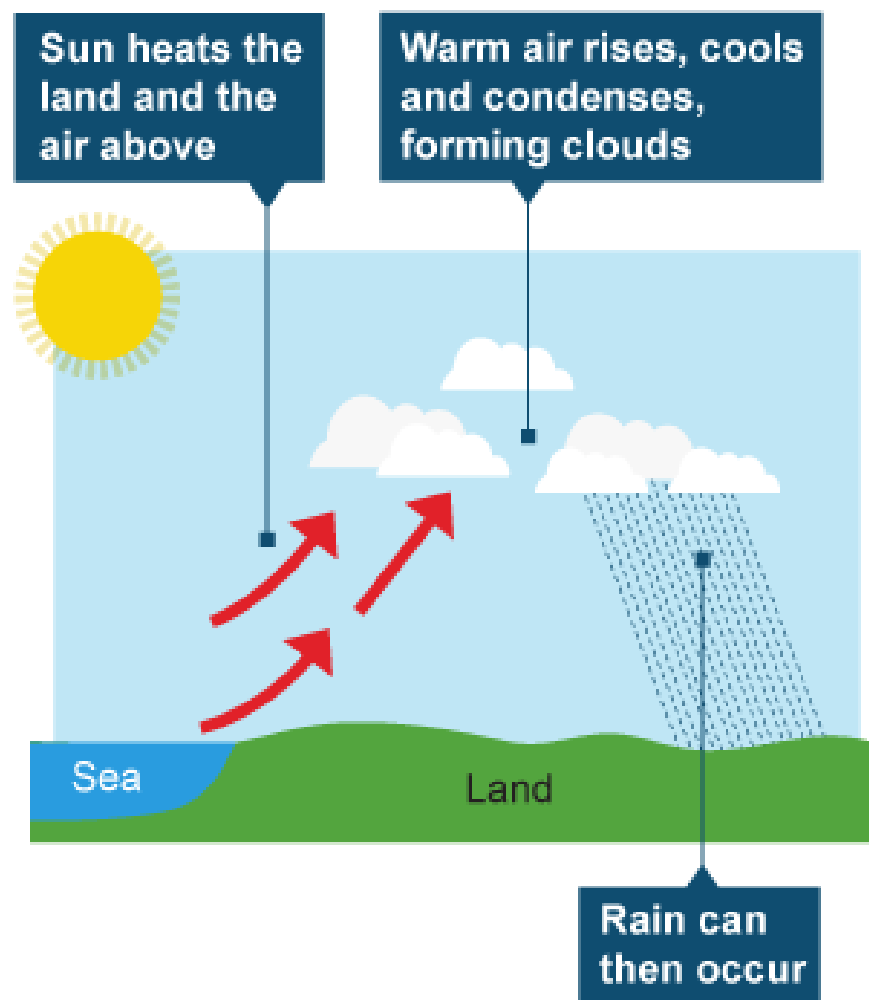


warm front

Ορογραφικό φαινόμενο



Ανοδική μεταφορά



Μορφές κατακρημνισμάτων

βροχή



Μορφές κατακρημνισμάτων

βροχή



χιόνι



Μορφές κατακρημνισμάτων

βροχή



χιόνι



χαλάζι



Βροχή

- **Μεταβολές σε όλες τις κλίμακες**
 - Στο χώρο
 - Στο χρόνο
- **Η κύρια μεταβλητή για τη μελέτη του φαινομένου της ξηρασίας**

Σταγόνες

- **Μέγεθος** → $D=[0.5-7.0]$ mm

- Συνάρτηση του ανοδικού αέρα

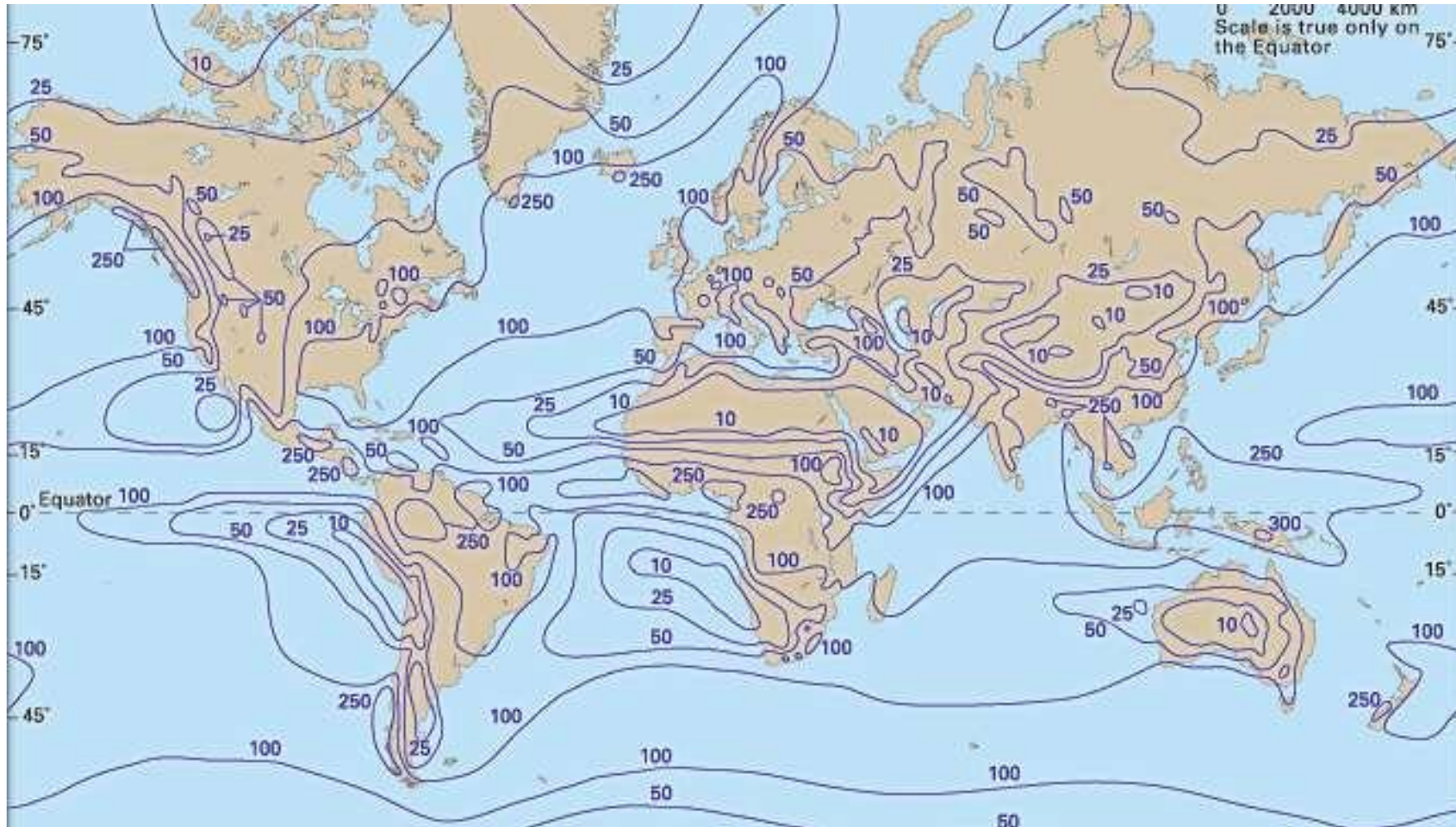
- **Οριακή ταχύτητα**

- Αυξάνεται ~ όσο αυξάνεται το μέγεθος της σταγόνας (D μέχρι 5.5 mm)
- Μειώνεται ~ όσο αυξάνεται το μέγεθος της σταγόνας (D από 5.5 mm)

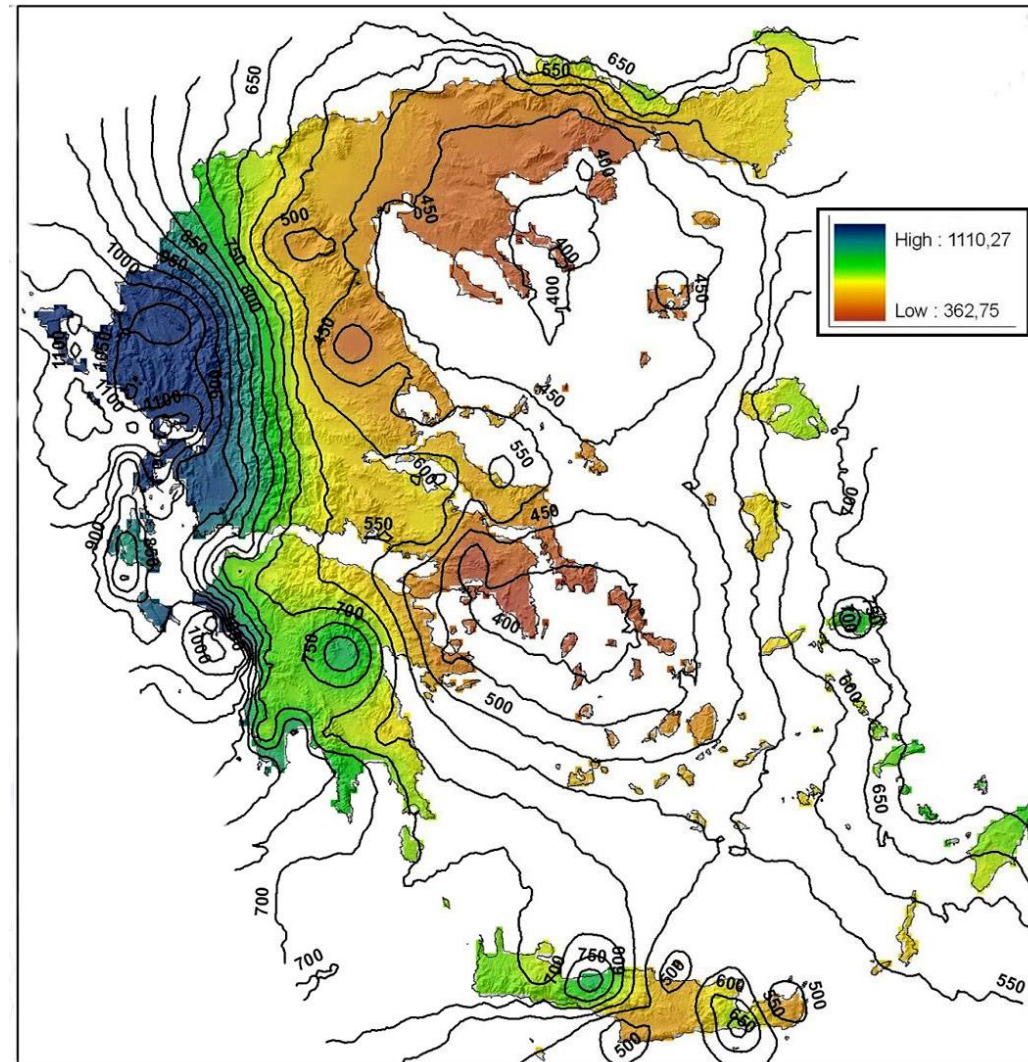
- **Εντάσεις βροχής**

- $D < 0.5$ mm, $i = 1$ mm/h → ψιχάλα
- $i < 2.5$ mm/h → ελαφρά
- 2.5 mm/h $< i < 7.5$ mm/h → μέση
- $i > 7.5$ mm/h → έντονη

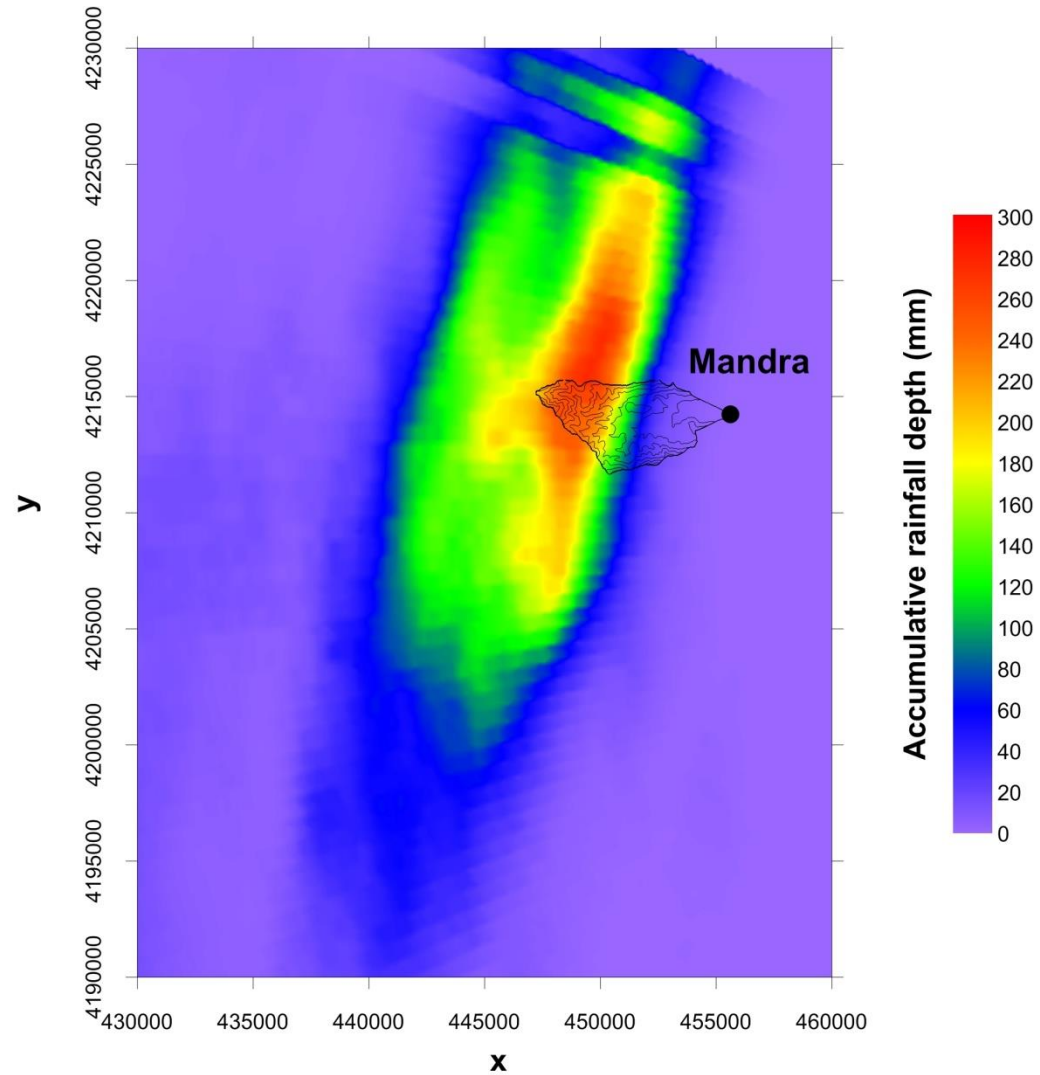
Παγκόσμια κατανομή



Κατανομή στην Ελλάδα

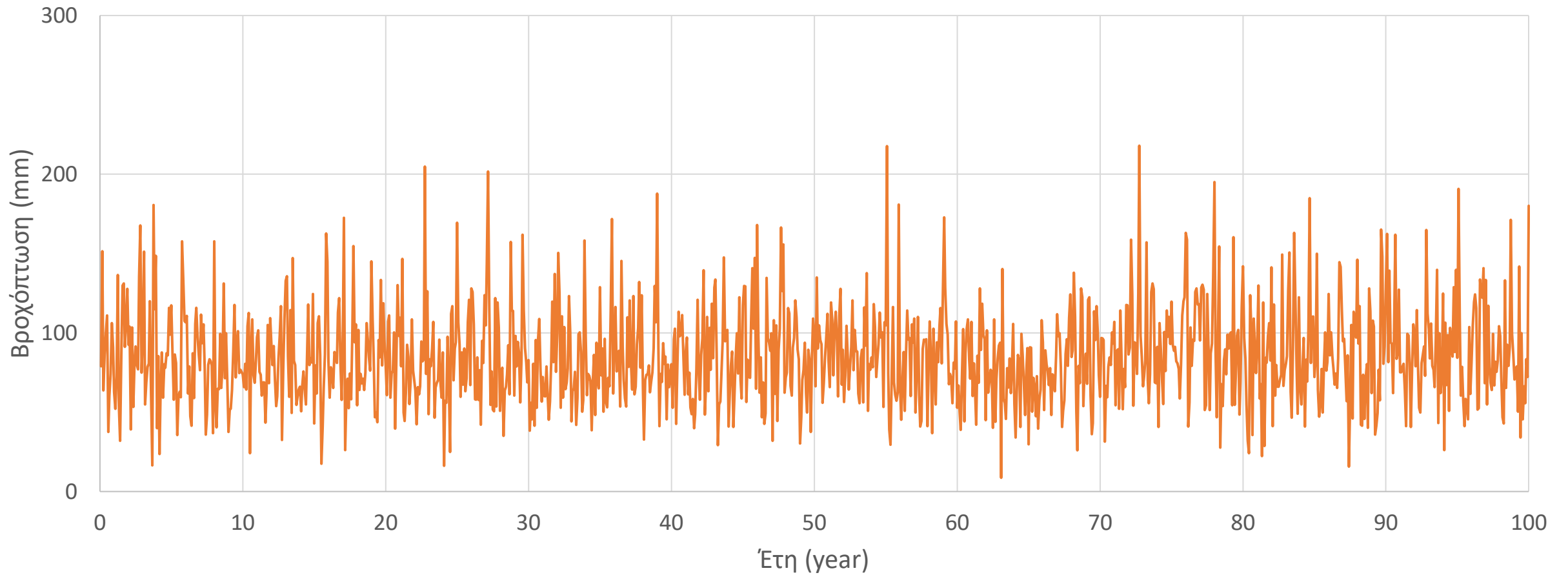


Και σε μικρότερες κλίμακες



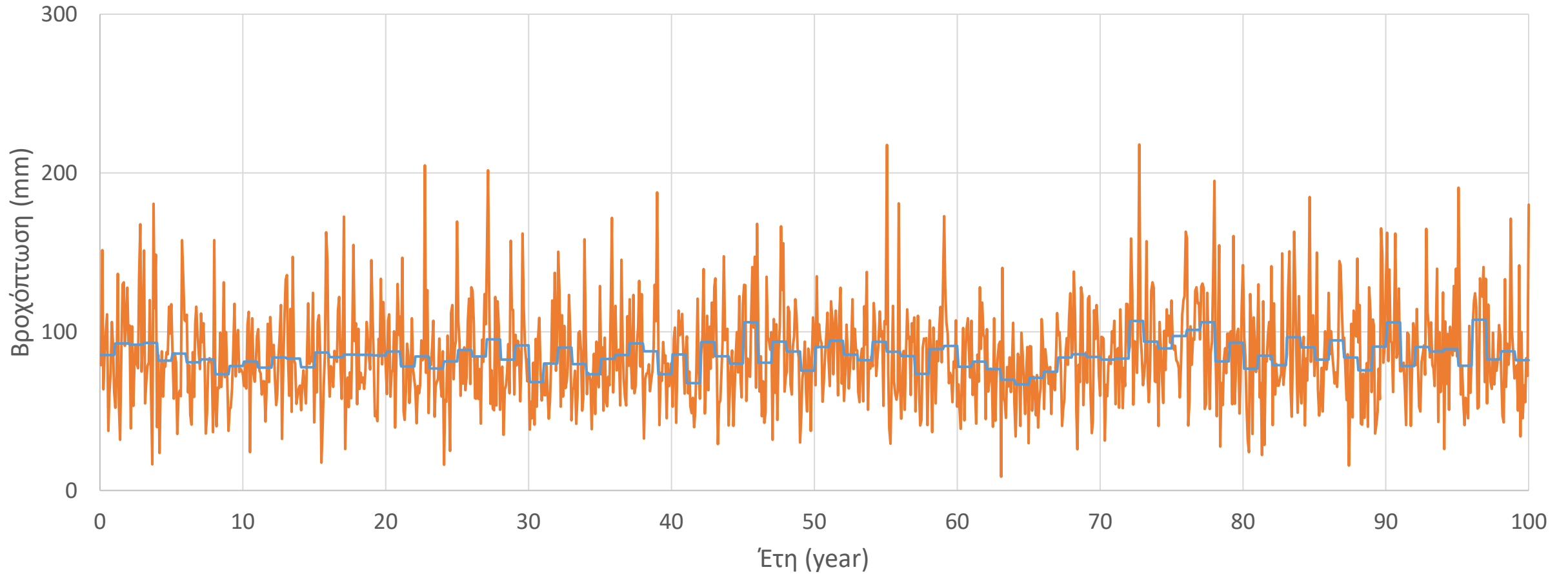
Χρονικές κλίμακες

μηνιαία ύψη βροχής



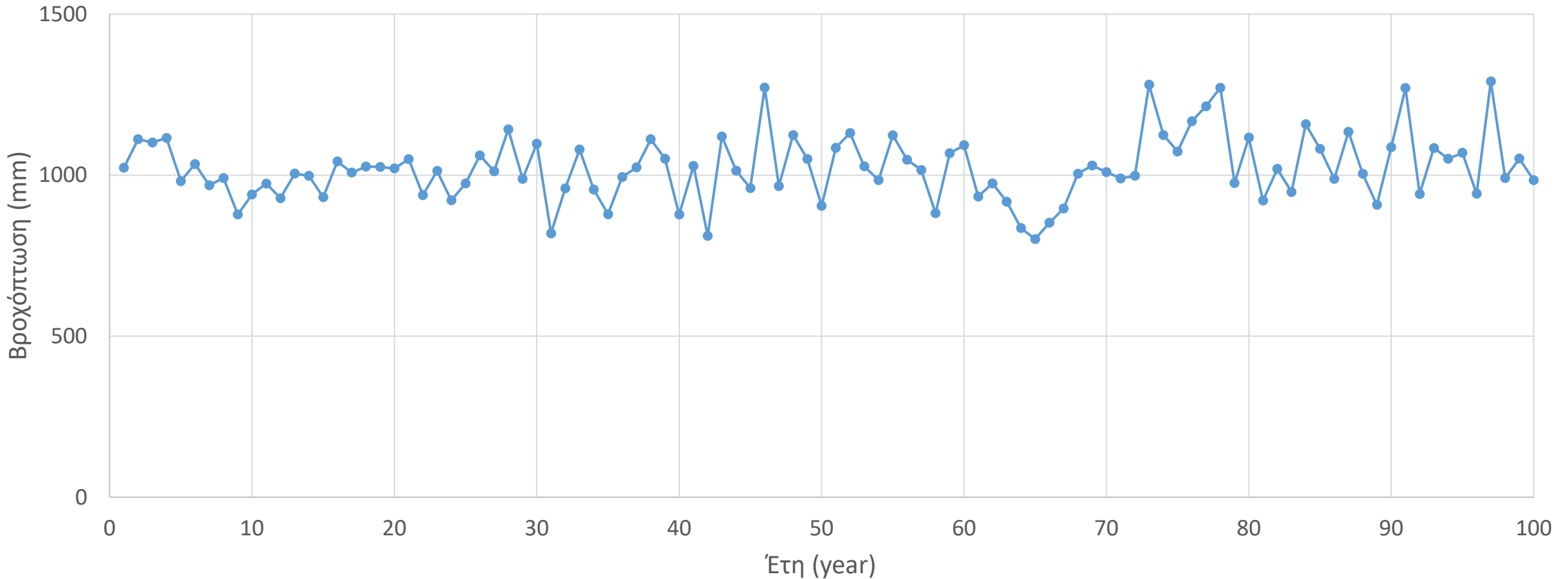
Χρονικές κλίμακες

μηνιαία ύψη βροχής



Χρονικές κλίμακες

ετήσια ύψη βροχής



Μετρήσεις

- **Βροχόμετρο**
 - Σημειακή μέτρηση βροχής (μεγάλο χρονικό βήμα)
- **Βροχογράφος**
 - Σημειακή μέτρηση βροχής (μικρό χρονικό βήμα)
- **Ραντάρ**
 - Χωρική κατανομή της βροχής (μικρό χωρικό βήμα)
- **Δορυφόρος**
 - Χωρική κατανομή της βροχής (μεγάλο χωρικό βήμα)

Εξατμισοδιαπνοή

- Εξάτμιση
- Διαπνοή
- Πραγματική εξατμισοδιαπνοή
- Δυνητική εξατμισοδιαπνοή
- Μέθοδοι εκτίμησης
 - Μετρήσεις
 - Αριθμητικά μοντέλα

Ορισμοί

- **Εξάτμιση**

- Υδάτινες μάζες → υδρατμοί

- **Διαπνοή**

- Το νερό το οποίο χρησιμοποιείται από τα φυτά για το μεταβολισμό και την ανάπτυξή τους → υδρατμοί μέσω των στομάτων του φυλλώματος

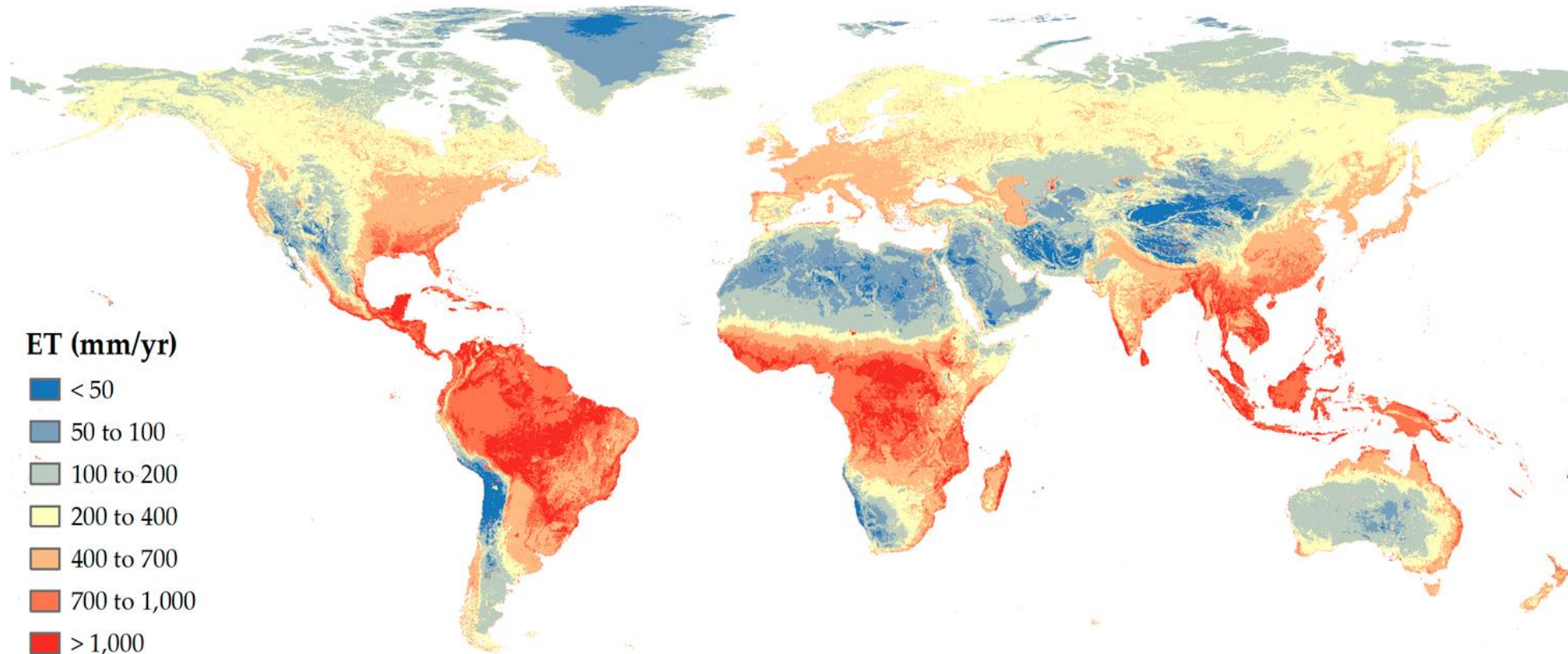
- **Πραγματική Εξατμισοδιαπνοή**

- Εξάτμιση + Διαπνοή (δύσκολο να διαχωριστούν)

- **Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή**

- Η εξατμισοδιαπνοή αν το νερό ήταν απεριόριστα διαθέσιμο

Παγκόσμια κατανομή εξατμισοδιαπνοής



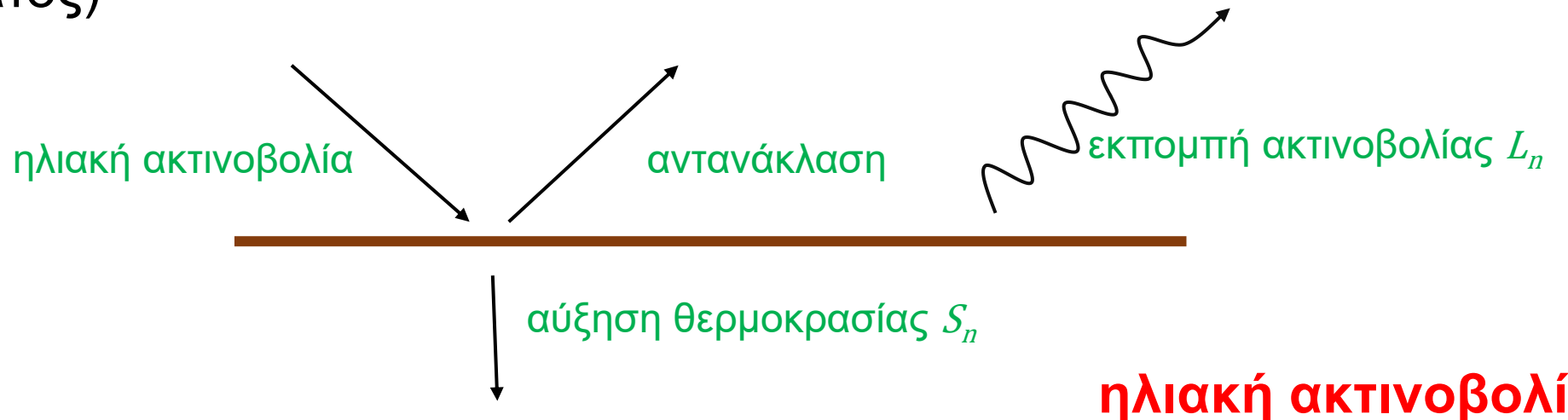
Πηγή: Raoufi, R.; Beighley, E. Estimating Daily Global Evapotranspiration Using Penman–Monteith Equation and Remotely Sensed Land Surface Temperature. *Remote Sens.* **2017**, *9*, 1138.

Ενέργεια

- **Εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία → απορρόφηση από τη γη και μετατροπή σε εσωτερική ενέργεια**
 - Ακτινοβολία που επανεκπέμπεται
 - Αισθητή θερμότητα: Επιφάνεια → Ατμόσφαιρα
 - Εξάτμιση
 - Μεταφορά θερμότητας στην επιφάνεια
- **Μεγάλη λανθάνουσα θερμότητα**
 - Μεταφορά και ανακατανομή σημαντικών ποσοτήτων ενέργειας
- **Εξατμισοδιπανοή → συνδεδετικός κρίκος υδατικού και ενεργειακού ισοζυγίου**

Ηλιακή ακτινοβολία

- **Εξωγήινη ηλιακή ακτινοβολία (μικρό μήκος κύματος)**
 - Απορρόφηση από ατμόσφαιρα
 - Εισέρχεται στην επιφάνεια της γης → αύξηση θερμοκρασίας εδάφους
 - Αντανάκλαση από την επιφάνεια της γης πίσω στην ατμόσφαιρα (μικρό μήκος κύματος)
 - Αύξηση θερμοκρασίας εδάφους → εκπομπή ακτινοβολίας (μακρύ μήκος κύματος)



Ολική καθαρή ενέργεια

$$R_n = S_n - L_n$$

- Απαιτούμενο μέγεθος για τον υπολογισμό της εξάτμισης
- Η διαφορά της καθαρής ακτινοβολίας μικρού κύματος που εισέρχεται στην επιφάνεια της γης μείον την καθαρή θερμική ακτινοβολία της γης μακρού κύματος
- Μονάδες \rightarrow kJ/m²day

Εξάτμιση

- **Νερό στην επιφάνεια της γης → υδρατμοί**
 - Ηλιακή ακτινοβολία
 - Θερμοκρασία
 - Πίεση υδρατμών
 - Ταχύτητα ανέμου
 - Φύση της επιφάνειας εξάτμισης
 - Διαθέσιμη ποσότητα νερού
- **Μεταβάλλεται**
 - Γεωγραφικό πλάτος
 - Εποχή του έτους
 - Υψόμετρο εδάφους
 - Ώρα
 - Νέφωση

Διαπνοή

- **Ανοιγοκλείσιμο στομάτων φυτών → φυσιολογικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες**
- **Φυσιολογικοί παράγοντες**
 - Πυκνότητα και συμπεριφορά στομάτων
 - Έκταση και χαρακτηριστικά προστατευτικών καλυμμάτων
 - Δομή φύλων
 - Ασθένειες φύλλων
- **Περιβαλλοντικοί παράγοντες**
 - Καμπύλη κορεσμού υδρατμών
 - Θερμοκρασία
 - Ηλιακή ακτινοβολία
 - Άνεμος
 - Διαθέσιμη εδαφική υγρασία

Εξατμισοδιαπνοή

- Λόγω πολυπλοκότητας και αλληλεξάρτησης η εξάτμιση και διαπνοή εκτιμώνται μαζί ως ένα ενιαίο μέγεθος → εξατμισοδιαπνοη
- Άμεσες μέθοδοι εκτίμησης
 - Μετρήσεις
- Έμμεσες μέθοδοι εκτίμησης
 - Υδατικό ισοζύγιο
 - Κλιματικά δεδομένα

Μέθοδοι κλιματικών δεδομένων

- Penman-Monteith
 - Thornthwaite
 - Blanney-Criddle
 - Jensen-Haise
 - Makkink
 - Hargreaves
 - TURC
 - Coutagne
- } Πραγματική εξατμισοδιαπνοή

Διήθηση

- **Η διεργασία με την οποία το νερό διεισδύει μέσα στο έδαφος**
 - Βροχόπτωση
 - Τήξη χιονιού
 - Άρδευση
 - Υδάτινος όγκος ανάσχεσης λόγω απωλειών
- **Μεταβάλλεται χωρικά και χρονικά**

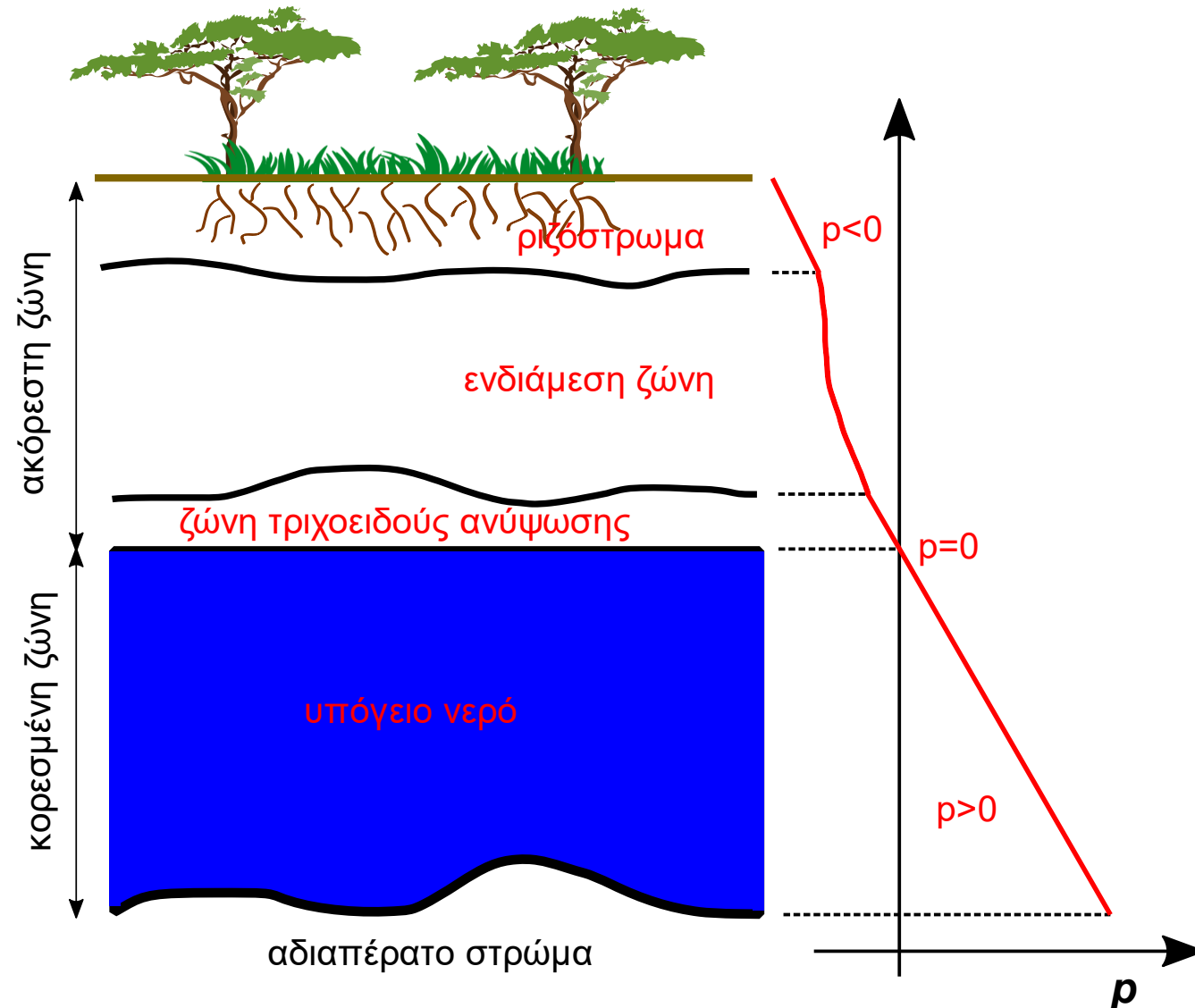
Παράγοντες που επιδρούν

- Διαθεσιμότητα νερού (ένταση και διάρκεια βροχόπτωσης)
- Τύπος εδάφους
- Κατάσταση επιφανειακού υδατικού καλύμματος
- Χλωρίδα
- Αρχική κατάσταση υγρασίας εδάφους
- Θερμοκρασία
- Ποιότητα βρόχινου νερού
- ...

Υπόγεια νερά

- **Ανοιχτοί ή φρεάτιοι υδροφορείς**
 - Ελεύθερη επιφάνεια
- **Κλειστοί ή περιορισμένοι ή αρτεσιανοί υδροφορείς**
 - Υπό πίεση
- **Με διαρροή**
 - Ανοιχτοί
 - Κλειστοί

Ανοιχτός υδροφόρας

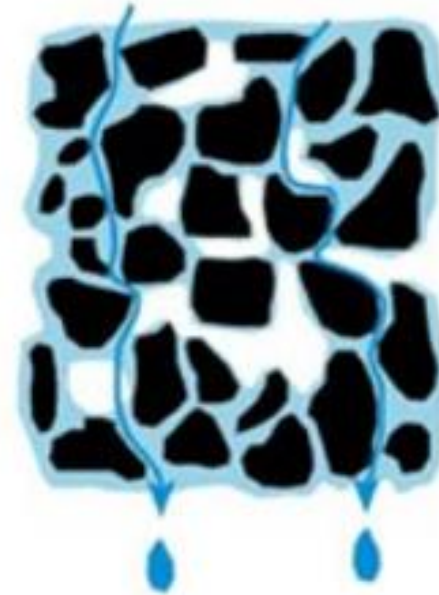


Κορεσμένη vs. Ακόρεστη ροή

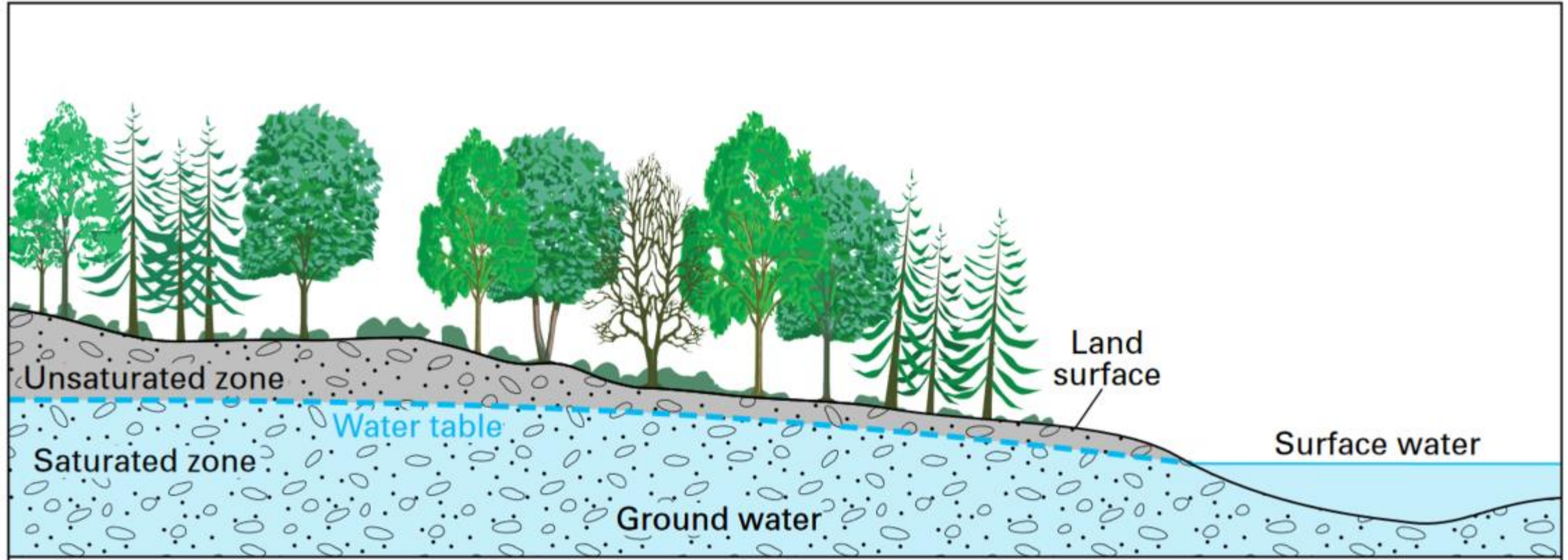
Κορεσμένη ροή



Ακόρεστη ροή



Ζώνες



Θεωρητικό υπόβαθρο

- Ροή σε πορώδες μέσο → υγρό μέτωπο που κινείται με διεύθυνση από πάνω προς τα κάτω
 - Δυνάμεις βαρύτητας
 - Δυνάμεις μύζησης
- Στην κορεσμένη ροή → κυριαρχούν οι δυνάμεις βαρύτητας

Δυνάμεις μύζησης

- **Μηχανισμός προσρόφησης**
 - Ηλεκτροστατικές δυνάμεις
 - Υγροσκοπικό νερό
- **Μηχανισμός τριχοειδών**
 - Οι πόροι του εδάφους σχηματίζουν τριχοειδείς σωλήνες
 - Διεπιφάνεια αέρα-νερού → Επιφανειακή τάση
- **Μηχανισμός ώσμωσης**
 - Διαφορά συγκέντρωσης διαλυμένης ουσίας
 - Μικρή συνεισφορά

Διαδικασία

- **Υγροσκοπική διαβροχή**
 - Μηχανισμός προσρόφησης
- **Βαρύτητα + μηχανισμός τριχοειδών**
 - Μεγάλος ρυθμός διήθησης
- **Βαρύτητα (τα τριχοειδή έχουν κορεστεί)**
 - Ο ρυθμός διήθησης μειώνεται

Μέτωπο διαβροχής

- Ένταση βροχής > διηθητικότητα του εδάφους
- Μετά την πάροδο του χρόνου κατάκλυσης
 - Ζώνη κορεσμού → 1 cm βάθος από την επιφάνεια του εδάφους
 - Μεταβατική ζώνη → έντονη μείωση της περιεκτικότητας σε νερό
 - Ζώνη μεταφοράς → σταθερή περιεκτικότητα σε νερό
 - Ζώνη διαβροχής
- Μέτωπο διαβροχής
 - Υπόγειο υδροφορέα
 - Αδιαπέρατο στρώμα

Μετά τη βρόχη

- Η διήθηση στην επιφάνεια σταματάει
- Το φαινόμενο συνεχίζει → επιβραδύνεται λόγω υποχώρησης των δυνάμεων βαρύτητας
- Εδαφική υγρασία στα ανώτερα εδαφικά στρώματα → εξατμισοδιαπνοή
- Περιεκτικότητα σε νερό → μεγαλύτερη στα κατώτερα στρώματα από ότι στα ανώτερα
- Ανοδική μεταφορά νερού → υγροσκοπική ισορροπία (ζώνη τριχοειδούς ανύψωσης)

Σημαντικότητα διήθησης

- **Ρυθμιστής του υδρολογικού κύκλου (ποσοτικά και χρονικά)**
 - Ανώτερα στρώματα → εξατμισοδιαπνοή
 - Κατώτερα στρώματα → εμπλουτισμός υδροφόρου ορίζοντα → τροφοδότηση βασικής απορροής σε περιόδους ξηρασίας
 - Επιφανειακή απορροή → επιπτώσεις όταν αλλάζει η φέρουσα ικανότητα διήθησης
- **Συγκράτηση νερού στο έδαφος → λόγω βαρύτητας το νερό θα διέφευγε απευθείας στον υδροφόρο ορίζοντα**
 - Τεράστια η σημασία για τη βλάστηση

Μέθοδοι εκτίμησης

- **Μετρήσεις**
 - Διηθησόμετρα
- **Αριθμητικά μοντέλα**
 - Μοντέλα υδατικού ισοζυγίου
 - Ημιεμπειρικά μοντέλα
 - Μοντέλα φυσικής βάσης

Αριθμητικά μοντέλα

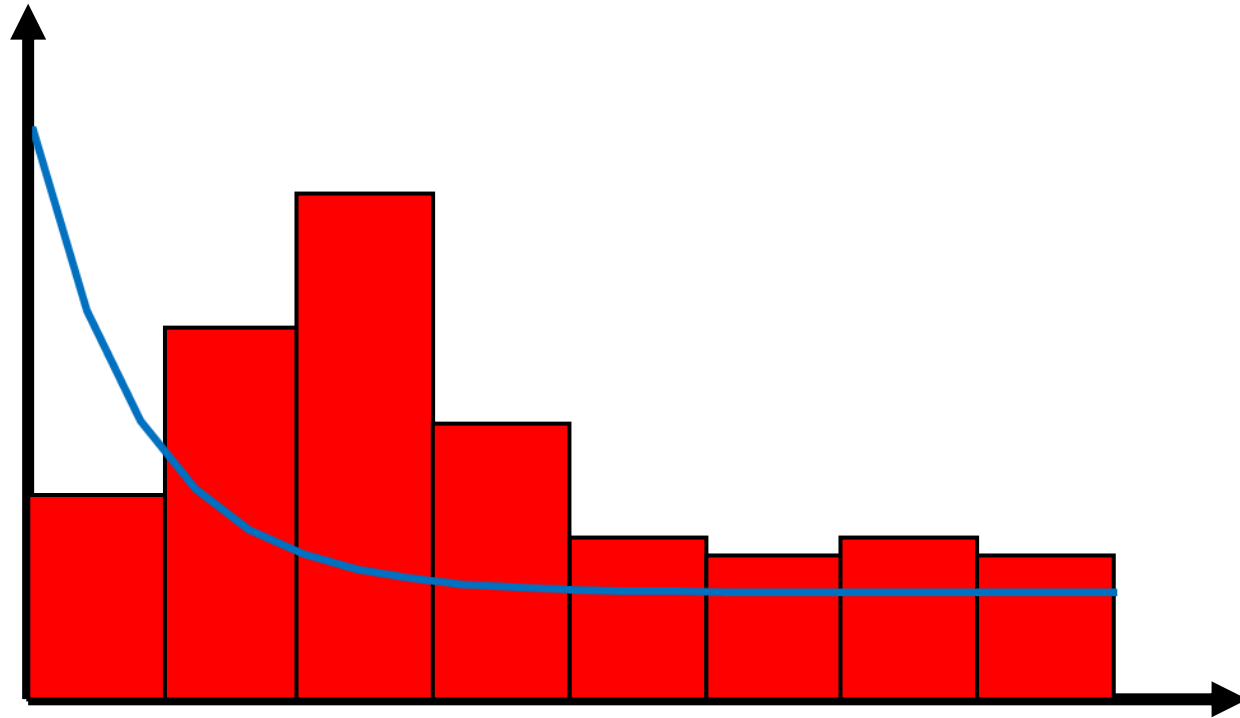
- Δείκτης φ
- Horton
- Green-Ampt
- Huggis-Monke
- Holtan
- Kostiaikov
- Philip
- SCS
- ...

Αριθμητικά μοντέλα

- Δείκτης φ
- Horton
- Green-Ampt
- Huggis-Morley
- Holtan
- Kostiakov
- Philip
- SCS
- ...

Ημιεμπειρικά μοντέλα
με διαφορετικές διαβαθμίσεις
ακρίβειας

Γενική μορφή διήθησης

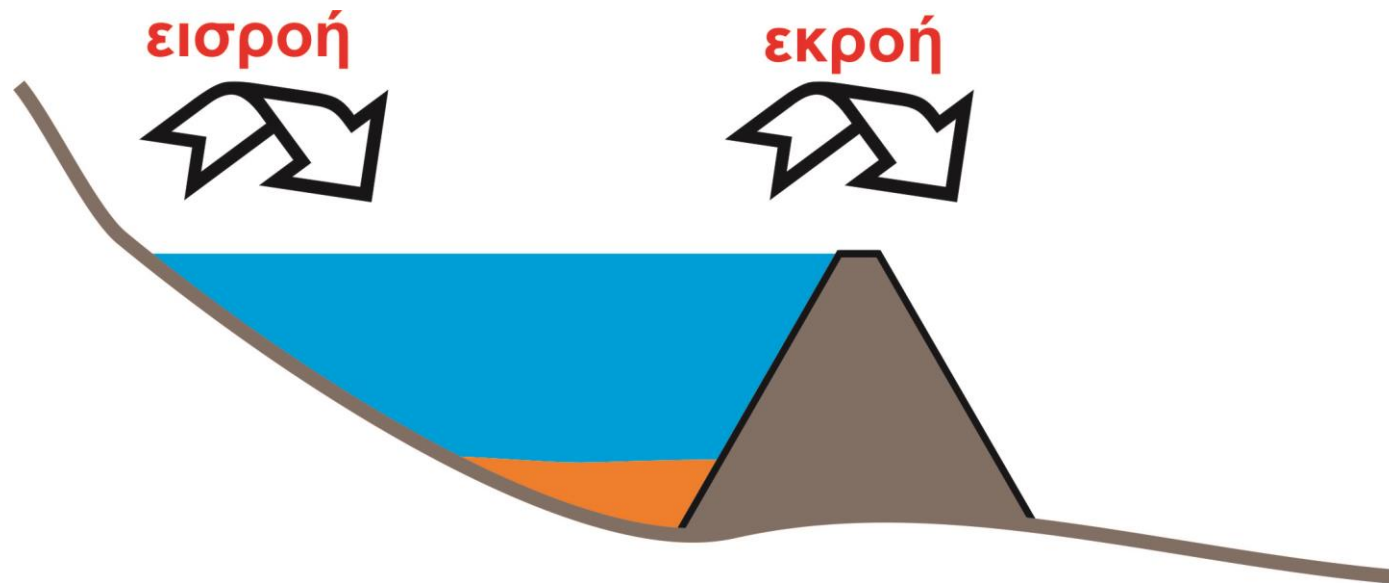


Συστήματα υδατικών πόρων

- **Συμπλέγματα έργων και παρεμβάσεων που σχετίζονται με τους υδατικούς πόρους**
- **Έργα αξιοποίησης**
 - Μεταφορά νερού
 - Ρύθμιση υδατικών πόρων
 - Επεξεργασία νερού
 - Παραγωγή ενέργειας
- **Προστασία πόρων και περιβάλλοντος**
 - Αντιπλημμυρικά έργα
 - Διευθετήσεις ποταμών
 - Αποχετευτικά έργα
 - Επεξεργασία λυμάτων

Ρύθμιση υδατικών πόρων

- Φράγματα → τα πιο σημαντικά έργα αποθήκευσης!
- Πολλαπλής σκοπιμότητας
 - Ύδρευση
 - Άρδευση
 - Ενέργεια
 - ...

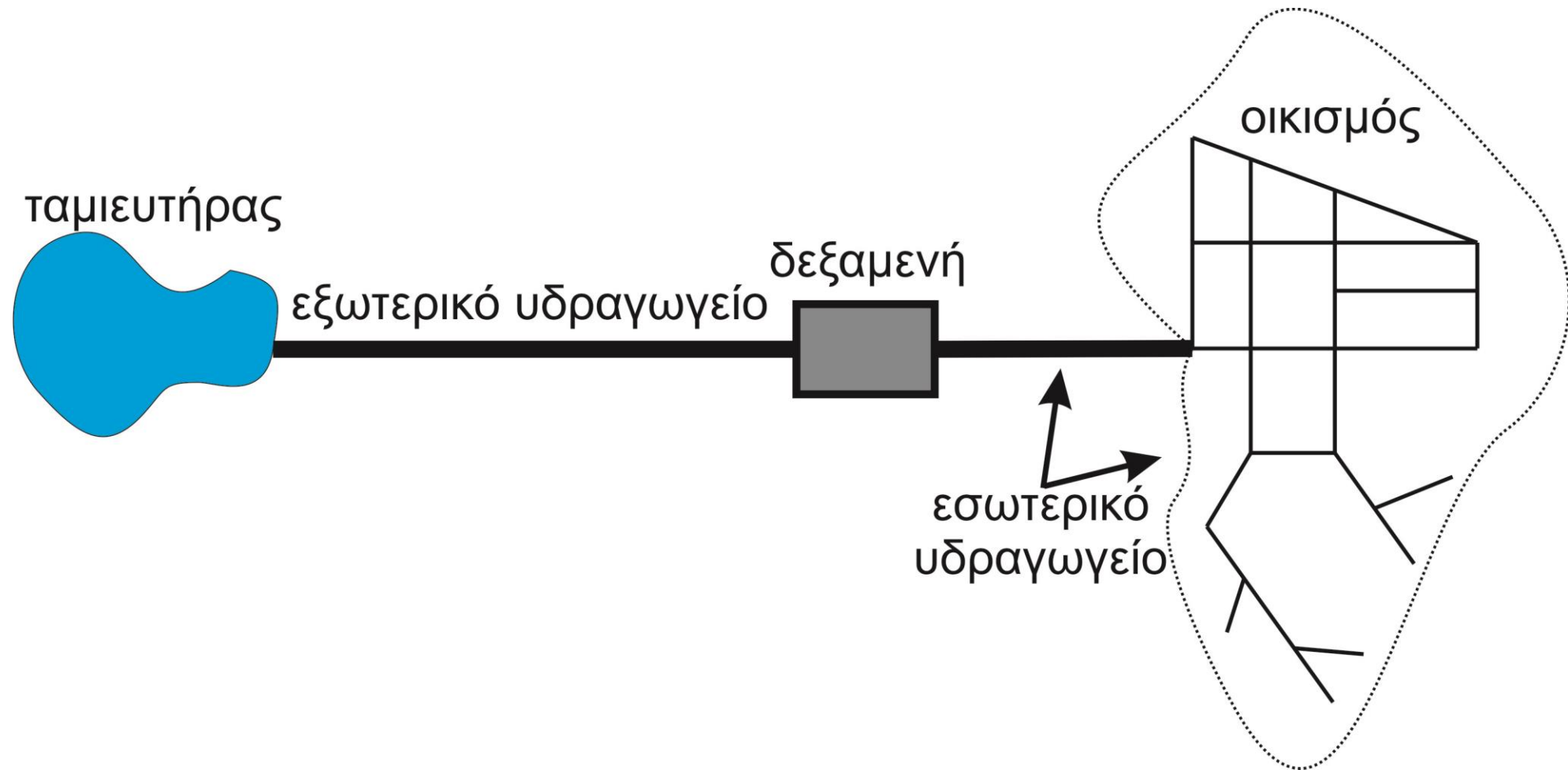


Ταμιευτήρας

- Η τεχνητή λίμνη που δημιουργείται με την κατασκευή φράγματος



Υδρευση



Οικιακή κατανάλωση

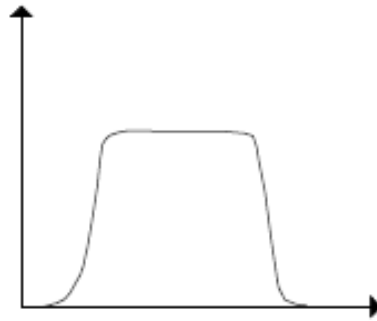
Δραστηριότητα	L/(κατ·ημέρα)
Πόση και μαγείρεμα	35
Πλύσιμο πιάτων	9
Ντους και λουτρό	87
WC	82
Διαρροές WC	15
Πλύσιμο Ρούχων	64

Κατανάλωση επιχειρήσεων

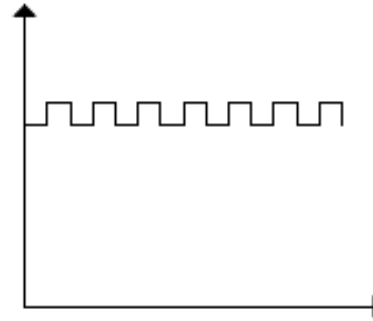
Είδος Επιχείρησης	Μονάδα	Απαιτούμενη ποσότητα νερού
Αρτοποιείο	L/(υπαλ·ημέρα)	150
Ζαχαροπλαστείο	L/(υπαλ·ημέρα)	200
Κρεοπωλείο	L/(υπαλ·ημέρα)	250
Κουρείο	L/(υπαλ·ημέρα)	250
Μικρές επιχειρήσεις με καθαρή παραγωγική διαδικασία	L/(υπαλ·ημέρα)	50
Μικρές επιχειρήσεις με βρώμικη παραγωγική διαδικασία	L/(υπαλ·ημέρα)	250
Εστιατόρια	L/((υπαλ+πελ)·ημέρα)	50
Ξενοδοχεία πολυτελείας με αναλογία υπαλλήλων/πελάτες<1	L/((υπαλ+πελ)·ημέρα)	600
Ξενοδοχεία μέσης κατηγορίας με αναλογία υπαλλήλων/πελάτες=0.5	L/((υπαλ+πελ)·ημέρα)	300
Απλά ξενοδοχεία αναλογία υπαλλήλων/πελάτες=0.25	L/((υπαλ+πελ)·ημέρα)	200

Ημερήσια διακύμανση

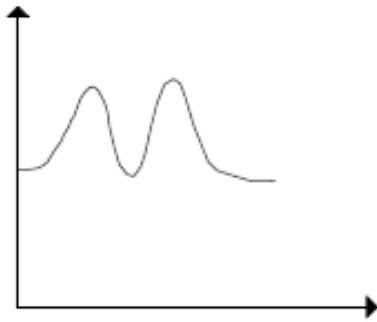
Επιχειρήσεις



Εργοστάσια



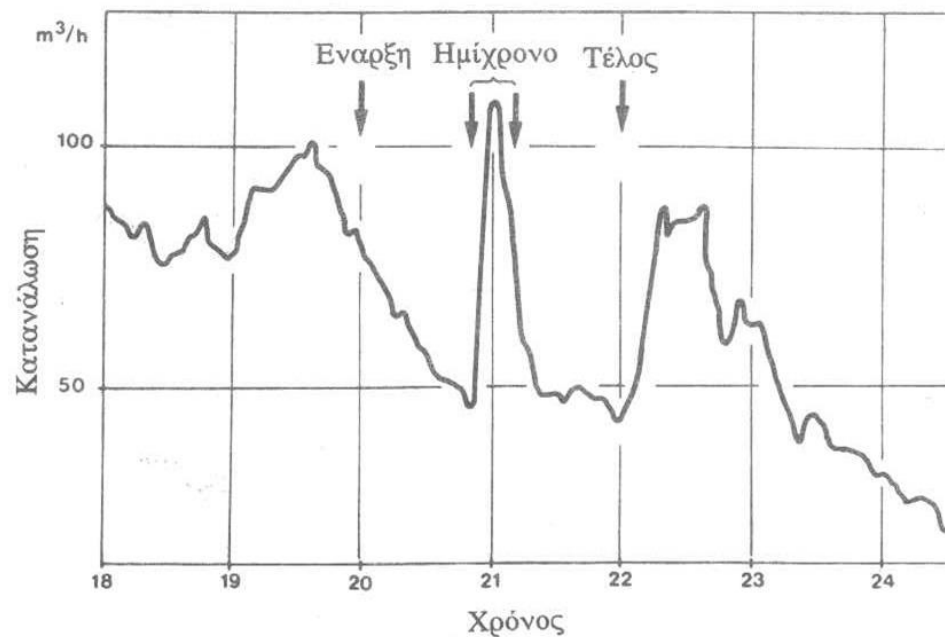
Οικογένεια



Εστιατόρια



Ημερήσια διακύμανση

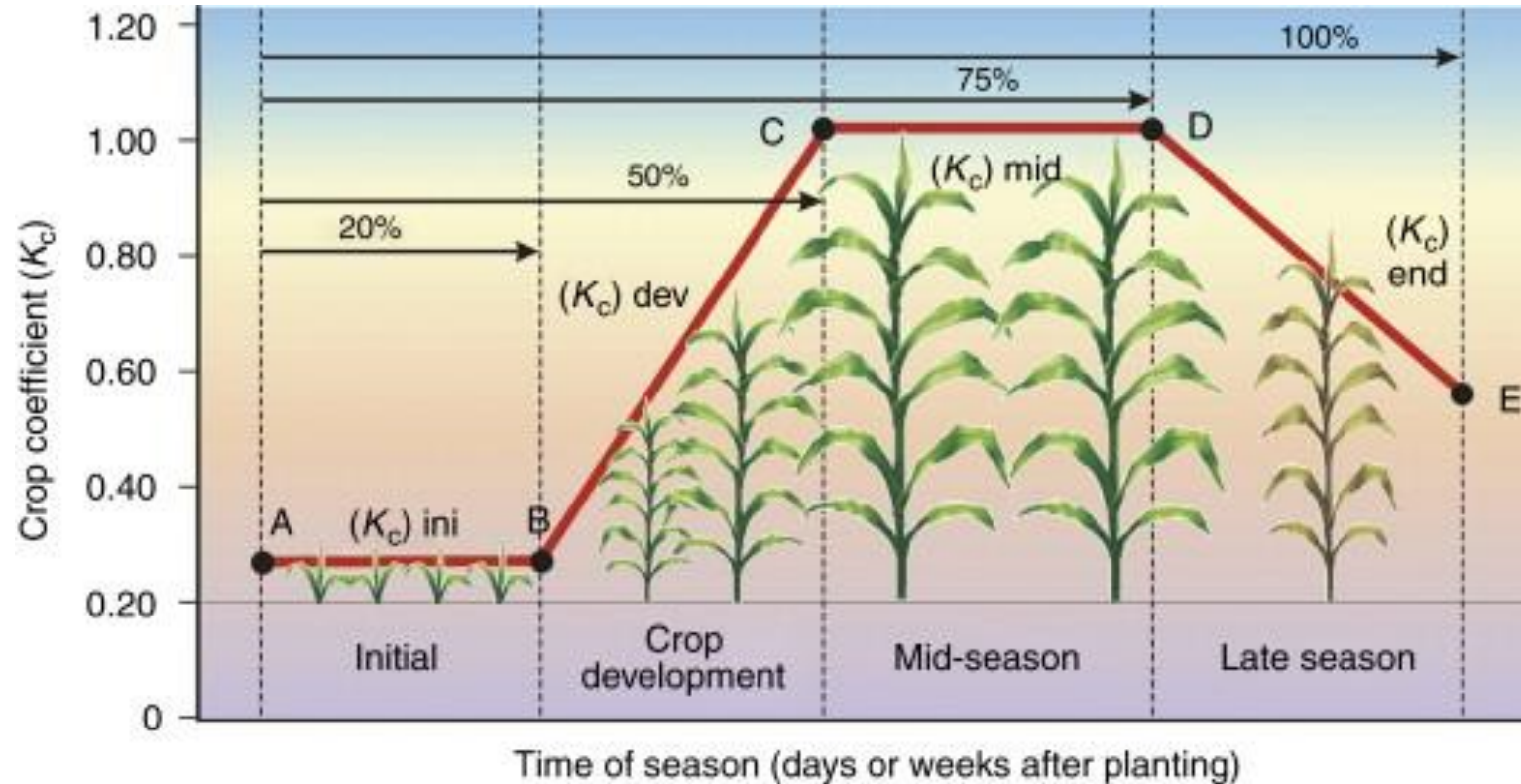


Κατανάλωση μίας περιοχής της πόλης του Dortmund κατά τη διάρκεια του τελικού αγώνα του Παγκόσμιου Κυπέλου ποδοσφαίρου Ιταλίας-Γερμανίας (11-7-1982)

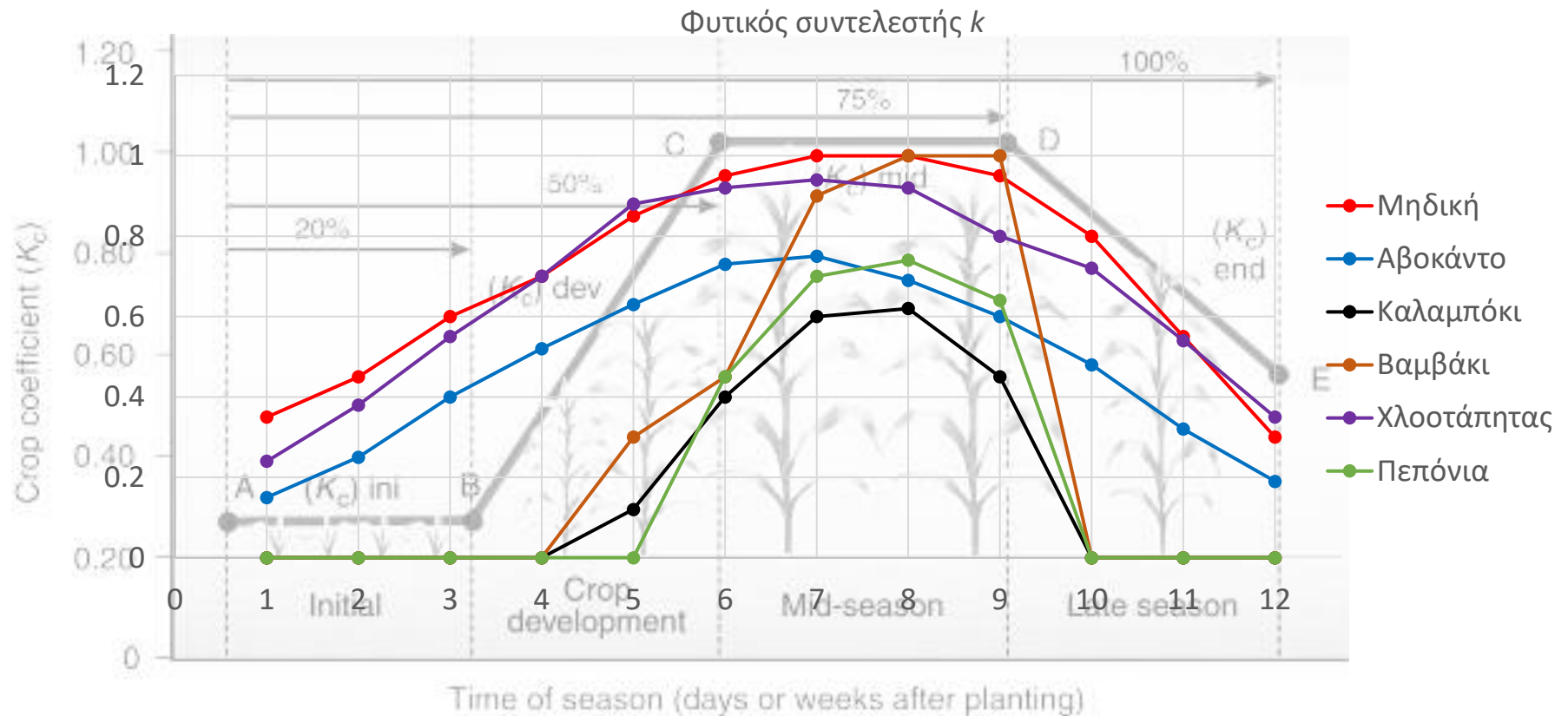
Άρδευση

Καλλιέργεια	Διάρκεια βλαστικής περιόδου (month)	k
Μηδική	Μεταξύ παγετών	0.80-0.85
Αραβόσιτος	4	0.75-0.85
Βαμβάκι	7	0.60-0.70
Σιτηρά	3	0.75-0.85
Εσπεριδοειδή	12	0.45-0.55
Φυλλοβόλα Οπωροφόρα	Μεταξύ παγετών	0.60-0.70
Φυτικό λιβάδι	Μεταξύ παγετών	0.75-0.85
Πατάτα	3-5	0.65-0.75
Ρύζι	3-5	1.00-1.10
Ζαχαρότευτλα	6	0.65-0.75
Ντομάτα	4	0.65-0.70
Λαχανικά	2-4	0.60-0.70

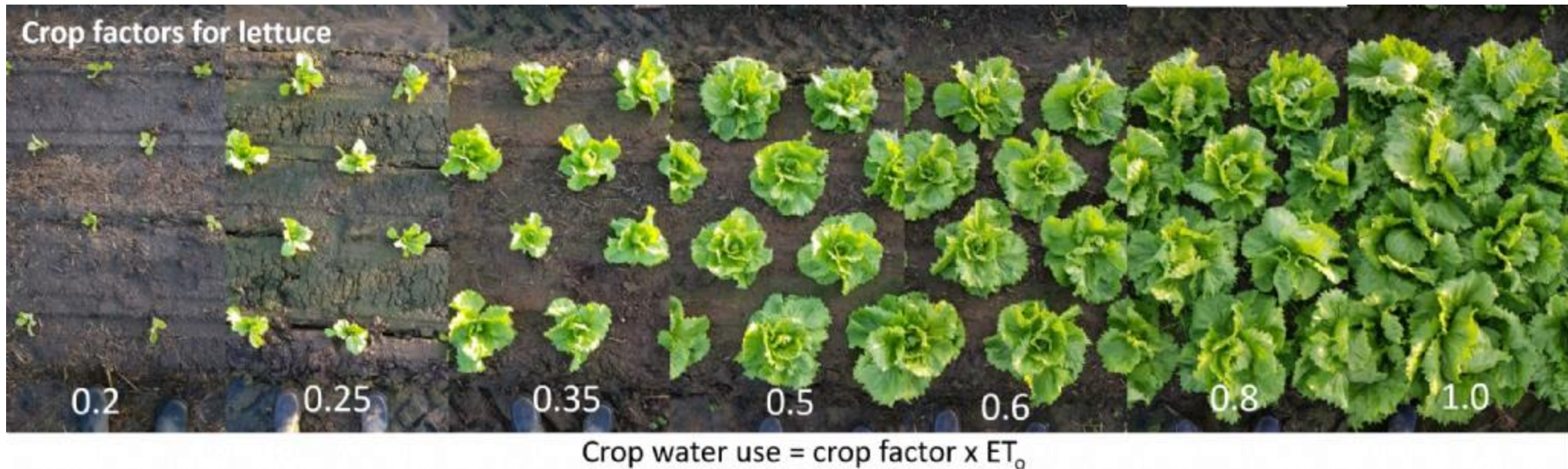
Συντελεστής k



Συντελεστής k



Συντελεστής k



Κτηνοτροφία

Είδος Επιχείρησης	Μονάδα	Απαιτούμενη ποσότητα νερού
Μεγάλο ζώο	L/(ζώο·ημέρα)	50
Μεγάλο ζώο με ξέπλυμα κοπριάς χωρίς διάστρωση αχύρων	L/(ζώο·ημέρα)	60
Μεγάλο ζώο με ξέπλυμα κοπριάς με διάστρωση αχύρων	L/(ζώο·ημέρα)	70
Μικρό ζώο	L/(ζώο·ημέρα)	1/5 της ποσότητας του μεγάλου ζώου
Σταθμός συγκέντρωσης γάλατος	L/L	1.5
Επαγγελματικοί κήποι οπωρολαχανικών	L/m ²	0.8

Διαχείριση ξηρασίας

- **Διορθωτική προσέγγιση**

- Εφαρμογή μέτρων και δράσεων μετά την εκκίνηση και την αντίληψη της ξηρασίας
- Καταστάσεις έκτακτης ανάγκης
- Συχνά είναι αναποτελεσματική → μικρός χρόνος αντίδρασης και περιορισμένοι οι συμμετέχοντες

- **Προληπτική προσέγγιση**

- Έγκαιρος σχεδιασμός μέτρων
- Βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα μέτρα
- Παρακολούθηση και καταγραφή
- Έγκαιρη προειδοποίηση

Οργανωτικό μέρος

- Συλλέγει και παρέχει τις πιο κατανοητές πληροφορίες για το πώς αποκρίνεται η κοινωνία στην ξηρασία και καθορίζει τους συνδέσμους μεταξύ των άμεσα ενδιαφερομένων
- Συντονίζει τους διάφορους φορείς ώστε να αποφευχθούν εμπλοκές και επαναλήψεις
- Παρέχει υπεύθυνες και έγκαιρες πληροφορίες στο κοινό
- Ορίζει του υπεύθυνους ανακοίνωσης της ξηρασίας

Οργανωτικό μέρος

- **Πού;**
 - Γεωγραφική μονάδα
- **Ποιός επηρεάζεται;**
 - Οι άμεσα ενδιαφερόμενοι
- **Ποιός είναι υπεύθυνος για το σχεδιασμό;**
 - Νομικό και θεσμικό πλαίσιο

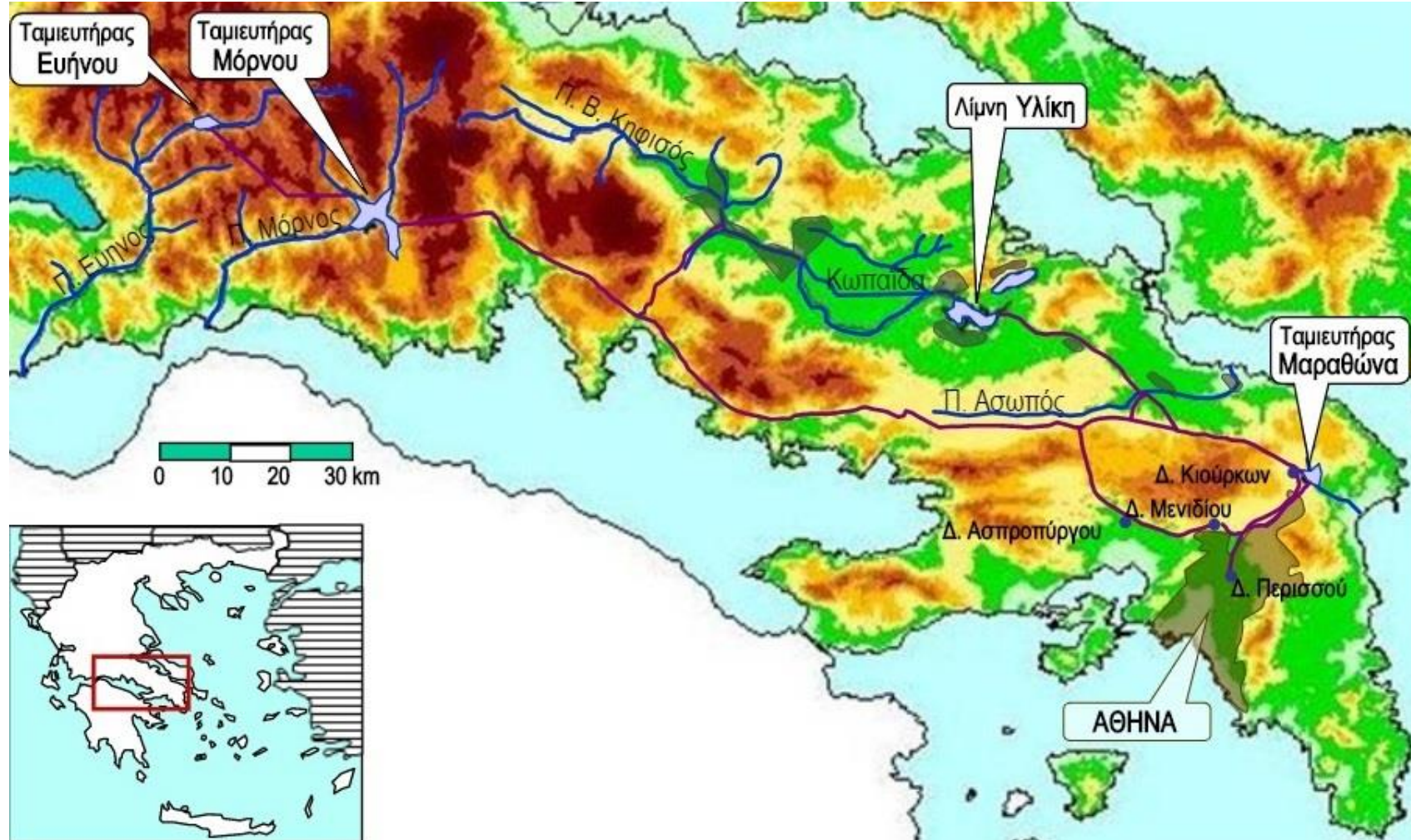
Γεωγραφική μονάδα

- **Υδρογραφική περιφέρεια**
 - Υδατικό διαμέρισμα
- **Περιφέρειες με αλληλοσυνδεόμενα συστήματα υδροδότησης**
 - Υδροδοτικό σύστημα Αθήνας
- **Περιφέρειες, επαρχίες, δήμοι**

Υδατικά διαμερίσματα



Υδροδοτικό σύστημα Αθήνας



Κανάλι Μόρνου



Δείκτες ξηρότητας

- **Köppen**

- Μέση ετήσια βροχόπτωση (cm) < R/2
- $R=2 \cdot \text{θερμοκρασία (}^\circ\text{C)}$ → βροχές το χειμώνα
- $R=2 \cdot \text{θερμοκρασία (}^\circ\text{C)} + 14$ → κανονική κατανομή της βροχής
- $R=2 \cdot \text{θερμοκρασία (}^\circ\text{C)} + 28$ → βροχές το καλοκαίρι

- **Thornthwaite**

- $AI=100 \cdot (\text{δυναμική εξατμισοδιαπνοή} - \text{βροχή}) / (\text{αριθμός μηνών με έλλειψη})$

- **United Nations Environment Programme**

- $AI = \text{ετήσια βροχόπτωση} / \text{δυναμική εξατμισοδιαπνοή}$
- $AI < 0.05$ → υπερξηρό
- $0.05 < AI < 0.20$ → ξηρό
- $0.20 < AI < 0.50$ → ημιξηρό
- $0.50 < AI < 0.65$ → ξηρό υποϋγρό

Δείκτες ξηρασίας

- Μετεωρολογικοί
- Εδαφικής υγρασίας
- Υδρολογικοί
- Τηλεπισκοπικοί
- Σύνθετοι

Δείκτες ξηρασίας

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ

Meteorology	Page	Ease of use	Input parameters	Additional information
Aridity Anomaly Index (AAI)	11	Green	P, T, PET, ET	Operationally available for India
Deciles	11	Green	P	Easy to calculate; examples from Australia are useful
Keetch-Byram Drought Index (KBDI)	12	Green	P, T	Calculations are based upon the climate of the area of interest
Percent of Normal Precipitation	12	Green	P	Simple calculations
Standardized Precipitation Index (SPI)	13	Green	P	Highlighted by the World Meteorological Organization as a starting point for meteorological drought monitoring
Weighted Anomaly Standardized Precipitation (WASP)	15	Green	P, T	Uses gridded data for monitoring drought in tropical regions
Aridity Index (AI)	15	Yellow	P, T	Can also be used in climate classifications
China Z Index (CZI)	16	Yellow	P	Intended to improve upon SPI data
Crop Moisture Index (CMI)	16	Yellow	P, T	Weekly values are required
Drought Area Index (DAI)	17	Yellow	P	Gives an indication of monsoon season performance
Drought Reconnaissance Index (DRI)	17	Yellow	P, T	Monthly temperature and precipitation are required
Effective Drought Index (EDI)	18	Yellow	P	Program available through direct contact with originator
Hydro-thermal Coefficient of Selyaninov (HTC)	19	Yellow	P, T	Easy calculations and several examples in the Russian Federation

NOAA Drought Index (NDI)	19	Yellow	P	Best used in agricultural applications
Palmer Drought Severity Index (PDSI)	20	Yellow	P, T, AWC	Not green due to complexity of calculations and the need for serially complete data
Palmer Z Index	20	Yellow	P, T, AWC	One of the many outputs of PDSI calculations
Rainfall Anomaly Index (RAI)	21	Yellow	P	Serially complete data required
Self-Calibrated Palmer Drought Severity Index (sc-PDSI)	22	Yellow	P, T, AWC	Not green due to complexity of calculations and serially complete data required
Standardized Anomaly Index (SAI)	22	Yellow	P	Point data used to describe regional conditions
Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI)	23	Yellow	P, T	Serially complete data required; output similar to SPI but with a temperature component
Agricultural Reference Index for Drought (ARID)	23	Red	P, T, Mod	Produced in south-eastern United States of America and not tested widely outside the region
Crop-specific Drought Index (CSDI)	24	Red	P, T, Td, W, Rad, AWC, Mod, CD	Quality data of many variables needed, making it challenging to use
Reclamation Drought Index (RDI)	25	Red	P, T, S, RD, SF	Similar to the Surface Water Supply Index, but contains a temperature component

Δείκτες ξηρασίας

εδαφικής υγρασίας

<i>Soil moisture</i>	<i>Page</i>	<i>Ease of use</i>	<i>Input parameters</i>	<i>Additional information</i>
Soil Moisture Anomaly (SMA)	25	Yellow	P, T, AWC	Intended to improve upon the water balance of PDSI
Evapotranspiration Deficit Index (ETDI)	26	Red	Mod	Complex calculations with multiple inputs required
Soil Moisture Deficit Index (SMDI)	26	Red	Mod	Weekly calculations at different soil depths; complicated to calculate
Soil Water Storage (SWS)	27	Red	AWC, RD, ST, SWD	Owing to variations in both soil and crop types, interpolation over large areas is challenging

Δείκτες ξηρασίας

υδρολογικοί

Hydrology	Page	Ease of use	Input parameters	Additional Information
Palmer Hydrological Drought Severity Index (PHDI)	27	Yellow	P, T, AWC	Serially complete data required
Standardized Reservoir Supply Index (SRSI)	28	Yellow	RD	Similar calculations to SPI using reservoir data
Standardized Streamflow Index (SSFI)	29	Yellow	SF	Uses the SPI program along with streamflow data
Standardized Water-level Index (SWI)	29	Yellow	GW	Similar calculations to SPI, but using groundwater or well-level data instead of precipitation
Streamflow Drought Index (SDI)	30	Yellow	SF	Similar calculations to SPI, but using streamflow data instead of precipitation
Surface Water Supply Index (SWSI)	30	Yellow	P, RD, SF, S	Many methodologies and derivative products are available, but comparisons between basins are subject to the method chosen
Aggregate Dryness Index (ADI)	31	Red	P, ET, SF, RD, AWC, S	No code, but mathematics explained in the literature
Standardized Snowmelt and Rain Index (SMRI)	32	Red	P, T, SF, Mod	Can be used with or without snowpack information

Δείκτες ξηρασίας

ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΟΙ

Remote sensing	Page	Ease of use	Input parameters	Additional information
Enhanced Vegetation Index (EVI)	32	Green	Sat	Does not separate drought stress from other stress
Evaporative Stress Index (ESI)	33	Green	Sat, PET	Does not have a long history as an operational product
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	33	Green	Sat	Calculated for most locations
Temperature Condition Index (TCI)	34	Green	Sat	Usually found along with NDVI calculations
Vegetation Condition Index (VCI)	34	Green	Sat	Usually found along with NDVI calculations
Vegetation Drought Response Index (VegDRI)	35	Green	Sat, P, T, AWC, LC, ER	Takes into account many variables to separate drought stress from other vegetation stress
Vegetation Health Index (VHI)	35	Green	Sat	One of the first attempts to monitor drought using remotely sensed data
Water Requirement Satisfaction Index (WRSI and Geo-spatial WRSI)	36	Green	Sat, Mod, CC	Operational for many locations
Normalized Difference Water Index (NDWI) and Land Surface Water Index (LSWI)	37	Green	Sat	Produced operationally using Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer data
Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)	37	Red	Sat	Not produced operationally

Δείκτες ξηρασίας

σύνθετοι

<i>Composite or modelled</i>	<i>Page</i>	<i>Ease of use</i>	<i>Input parameters</i>	<i>Additional Information</i>
Combined Drought Indicator (CDI)	38	Green	Mod, P, Sat	Uses both surface and remotely sensed data
Global Integrated Drought Monitoring and Prediction System (GIDMaPS)	38	Green	Multiple, Mod	An operational product with global output for three drought indices: Standardized Soil Moisture Index, SPI and Multivariate Standardized Drought Index
Global Land Data Assimilation System (GLDAS)	39	Green	Multiple, Mod, Sat	Useful in data-poor regions due to global extent
Multivariate Standardized Drought Index (MSDI)	40	Green	Multiple, Mod	Available but interpretation is needed
United States Drought Monitor (USDM)	41	Green	Multiple	Available but interpretation is needed

Παράμετροι

- Διαθέσιμο υδατικό δυναμικό
- Δυνητική εξατμισοδιαπνοή
- Χρήση γης
- Βροχόπτωση
- Ηλιακή ακτινοβολία
- Εδαφικός τύπος
- Θερμοκρασία
- Δεδομένα ανέμου
- Συντελεστής καλλιέργειας
- ...

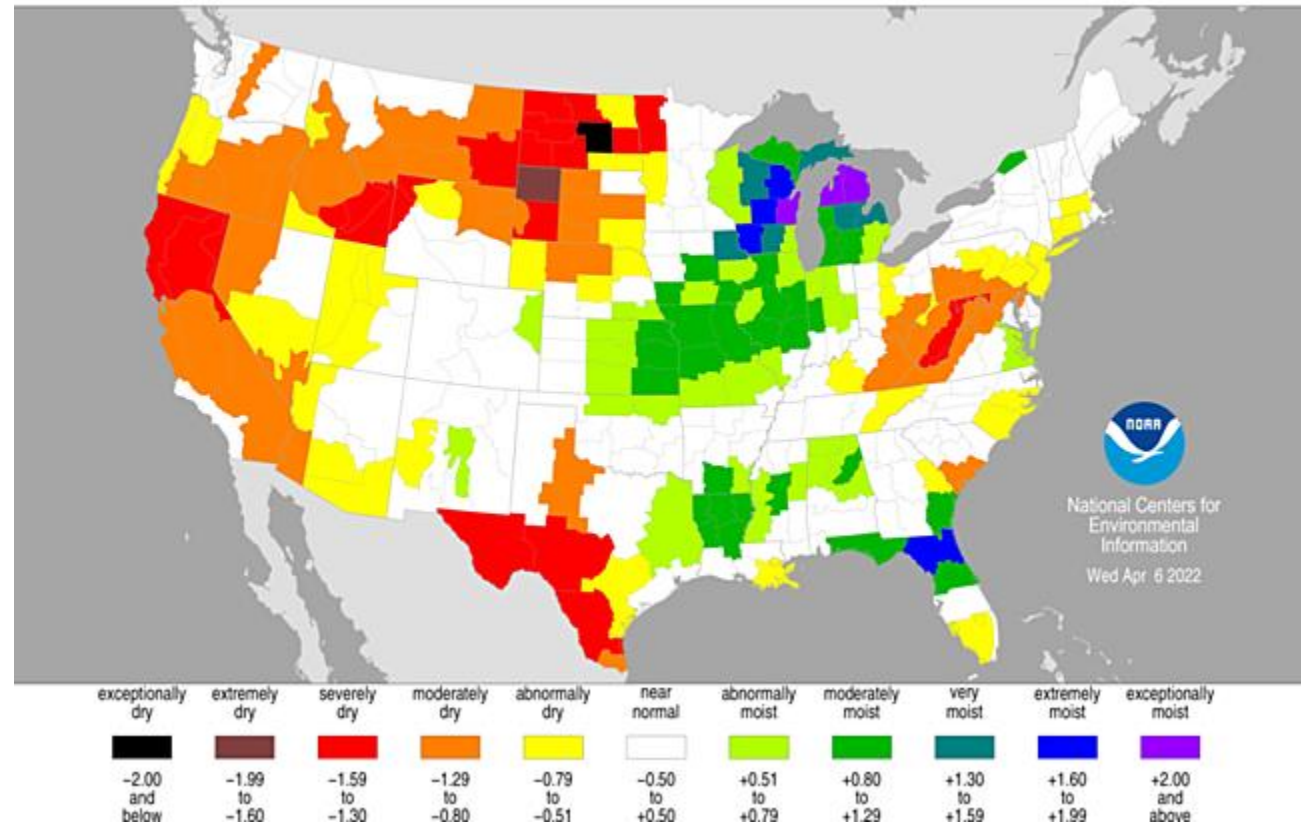
Δείκτης SPI

- Σε διάφορες χρονικές κλίμακες
 - Μήνας
 - Τρίμηνο
 - Εξάμηνο
 - Έτος
- Απόκλιση της βροχόπτωσης από το μέσο όρο
- Κατηγορίες
 - $SPI > 2.0$ → Ακραία υγρασία
 - $1.5 > SPI > 2.0$ → Υγρασία
 - $1.0 > SPI > 1.5$ → Μεσαία υγρασία
 - $-1.0 > SPI > 1.0$ → Κανονικές συνθήκες
 - $-1.0 > SPI > -1.5$ → Μεσαία ξηρασία
 - $-1.5 > SPI > -2.0$ → Αξιοσημείωτη ξηρασία
 - $SPI < -2.0$ → Ακραία ξηρασία

$$SPI_{ijk} = \frac{P_{ijk} - \overline{P_{ij}}}{\sigma_{ij}}$$

Δείκτης SPI

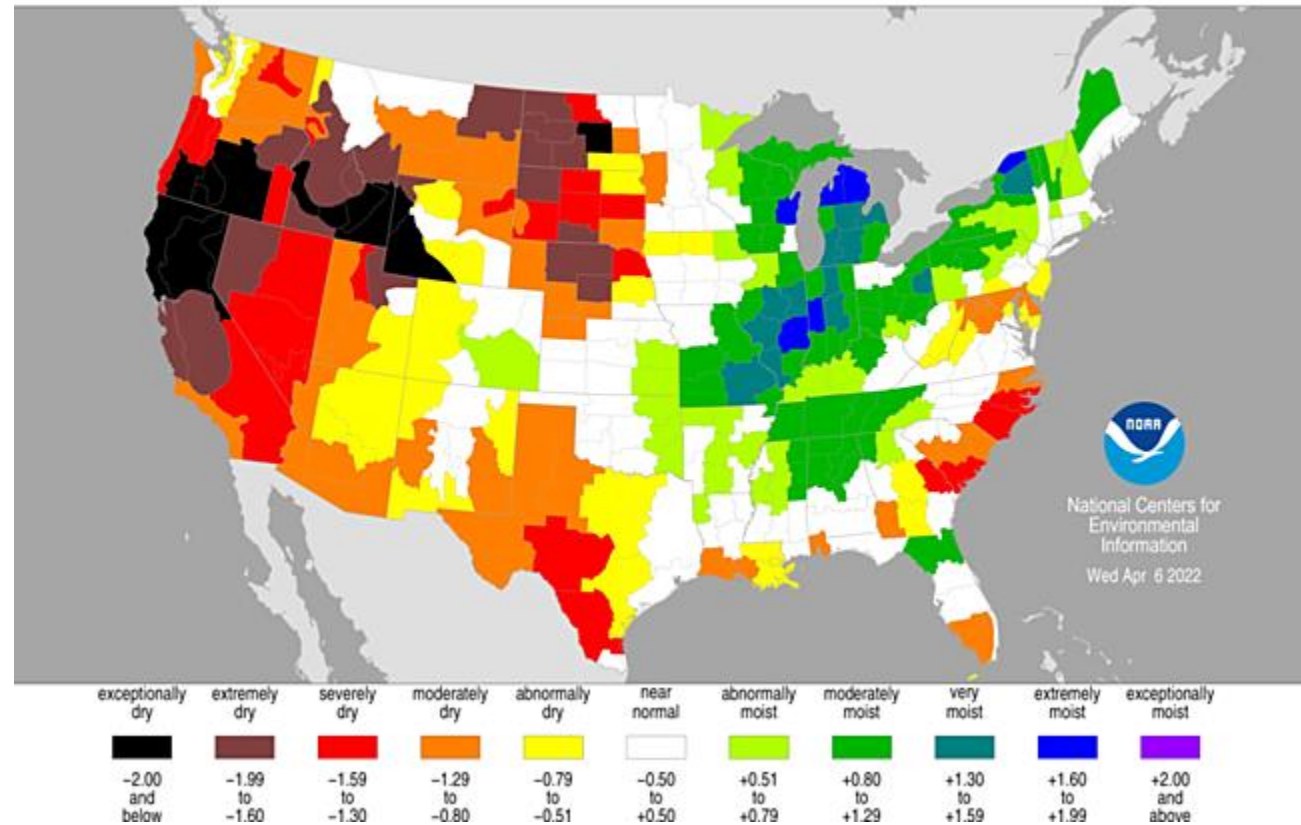
Standardized Precipitation Index
One Month
March 2022



Πηγή: <https://www.ncei.noaa.gov>

Δείκτης SPI

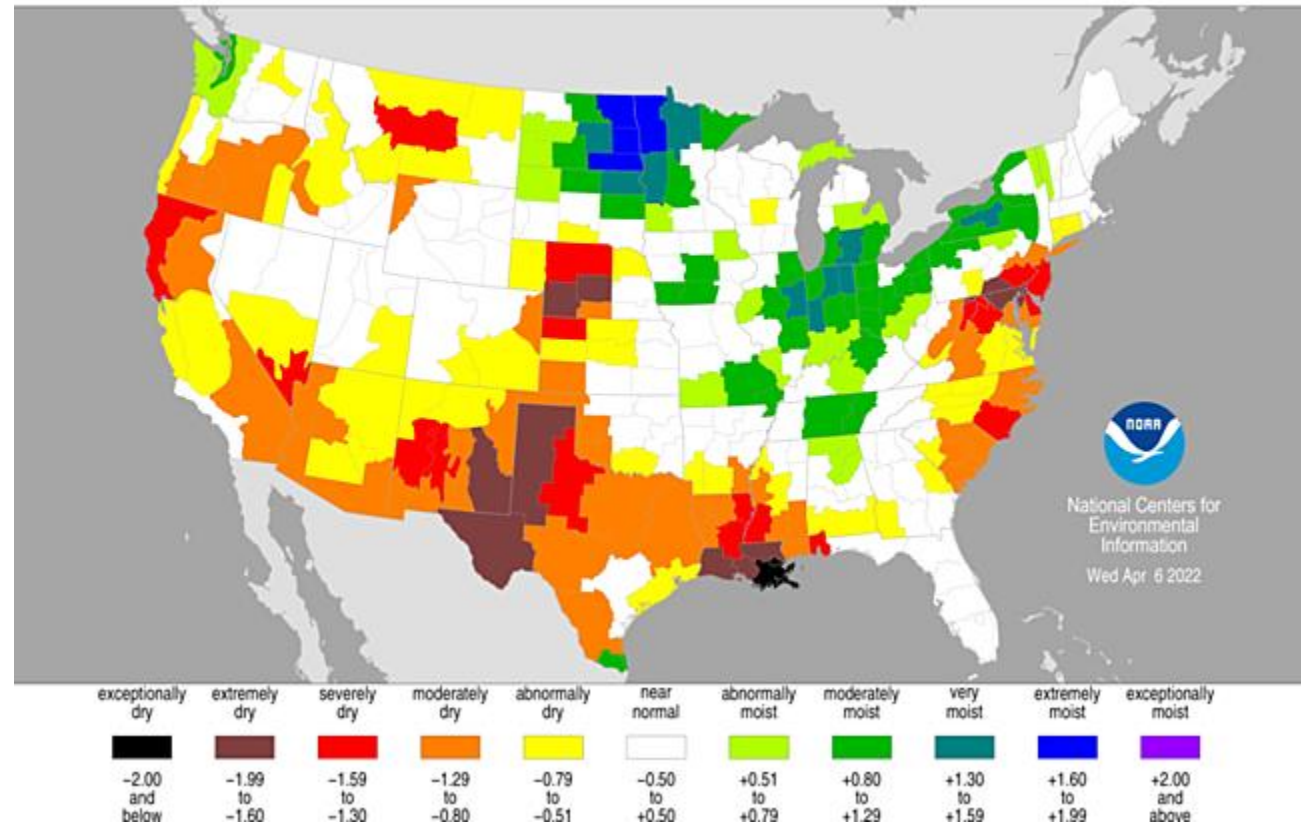
Standardized Precipitation Index
Two Months
February–March 2022



Πηγή: <https://www.ncei.noaa.gov>

Δείκτης SPI

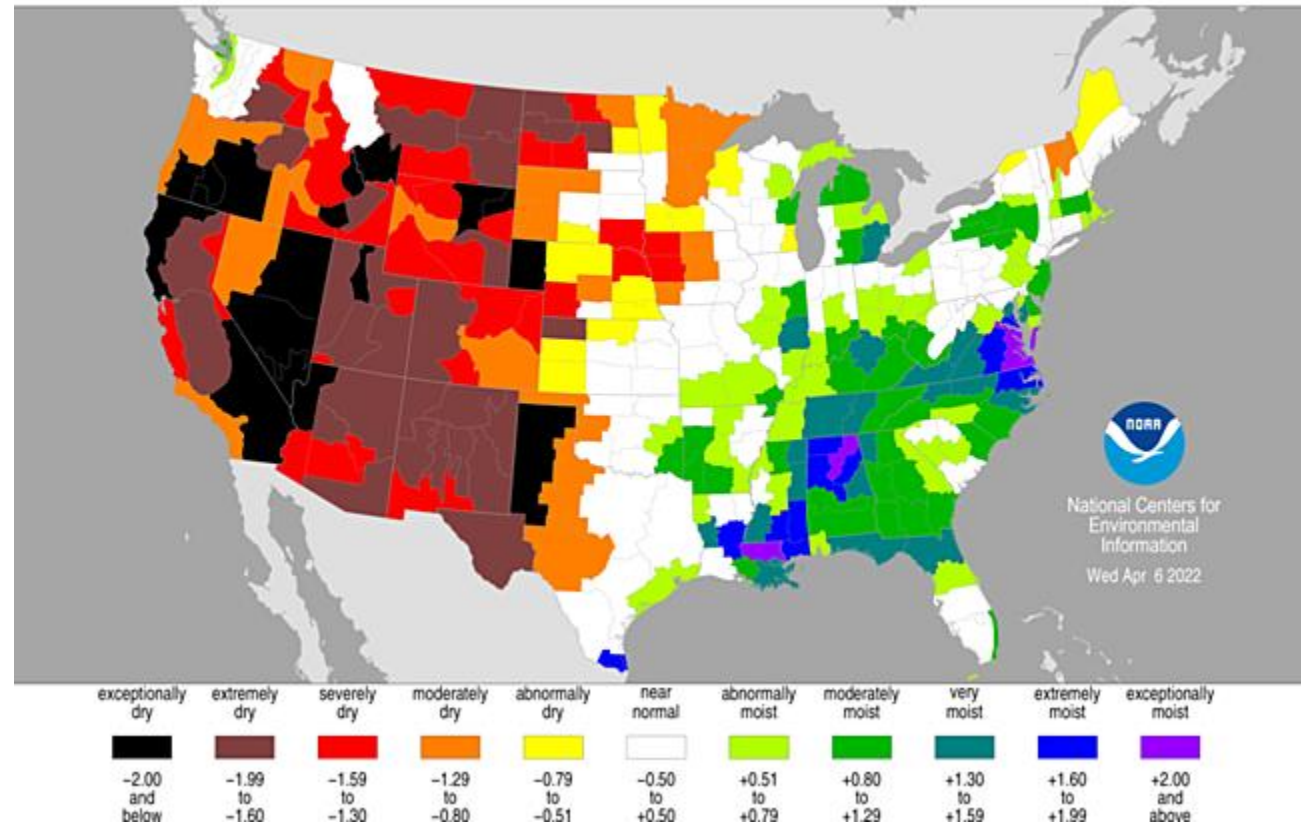
Standardized Precipitation Index
Six Months
October 2021–March 2022



Πηγή: <https://www.ncei.noaa.gov>

Δείκτης SPI

Standardized Precipitation Index
24 Months
April 2020–March 2022



Πηγή: <https://www.ncei.noaa.gov>