

ΜΠΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ

Μάθημα: Υδρομετεωρολογία – Υδρολογία και Κλιματική Αλλαγή



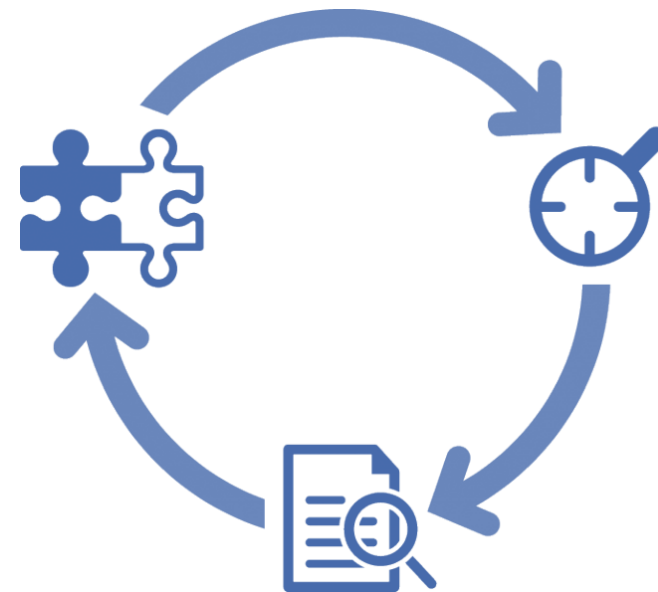
“Εκτίμηση παρόντων και μελλοντικών συνθηκών ξηρότητας”

Καθηγητής **Φώτιος Π. Μάρης**
Δήμητρα Τσιάκου, Msc Πολιτικός Μηχανικός



Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή
 - Ξηρότητα
 - Αίτια και Επιπτώσεις
 - Κατάσταση στην Ελλάδα
2. Κλιματική Αλλαγή
 - Κυριότερες Επιπτώσεις
 - Τρόποι μείωσης επιπτώσεων
 - Πρόβλεψη φαινομένου με RCPs
3. Περιοχή μελέτης
 - Πληθυσμικά/Γεωμορφολογικά/Υδρολογικά στοιχεία
 - Κλιματολογικά δεδομένα
4. Δείκτες Ξηρότητας και Διαδικασία Εκτίμησης τους
5. Χωρική Κατανομή δεικτών Ξηρότητας με το εργαλείο GIS
6. Συμπεράσματα και Επόμενα Βήματα





Εισαγωγή

Ξηρότητα

Η ξηρότητα ορίζεται από την **έλλειψη υγρασίας** και περιγράφει μια **μόνιμη** κλιματική κατάσταση με πολύ χαμηλές ετήσιες ή εποχιακές βροχοπτώσεις. Αποτελεί συνάρτηση περιβαλλοντικών παραγόντων όπως η θερμοκρασία, η βροχόπτωση και η εξατμισοδιαπνοή. Η ξηρότητα είναι συνήθως αποτέλεσμα μεγάλης κλίμακας ατμοσφαιρικών και θαλάσσιων κυκλοφοριακών μοτίβων, τοπογραφίας και γεωγραφίας και οι αιτίες της είναι σημαντικές στα πλαίσια της κλιματικής αλλαγής στο βαθμό που αυτή επηρεάζει αυτά τα μοτίβα.

Σύμφωνα με την ταξινόμηση της UNEP (Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών) η κλιματική ξηρότητα μπορεί να παρουσιασθεί με τον Δείκτη ξηρότητας που είναι το πηλίκο του μέσου ετήσιου ύψους βροχής προς το μέσο ετήσιο ύψος της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (P/PET). Με βάση αυτόν τον δείκτη μια περιοχή μπορεί να χαρακτηριστεί:

Δείκτης Ξηρότητας

$$AI_u = \frac{P}{PET}$$

Κλιματική κατάταξη		Δείκτης ξηρότητας UNEP
Hyperarid	Υπερξηρή	$AI_u \leq 0.05$
Arid	Ξηρή	$0.05 < AI_u < 0.20$
Semi-arid	Ημίξηρη	$0.20 < AI_u < 0.50$
Dry subhumid	Ξηρή ημίυγρη	$0.50 < AI_u < 0.65$
Subhumid	Ημίυγρη	$0.65 < AI_u < 0.80$
Humid	Υγρή	$0.80 < AI_u < 1.5$
Very humid	Πολύ υγρή	$1.5 < AI_u$



Εισαγωγή

Αίτια και Επιπτώσεις Ξηρότητας

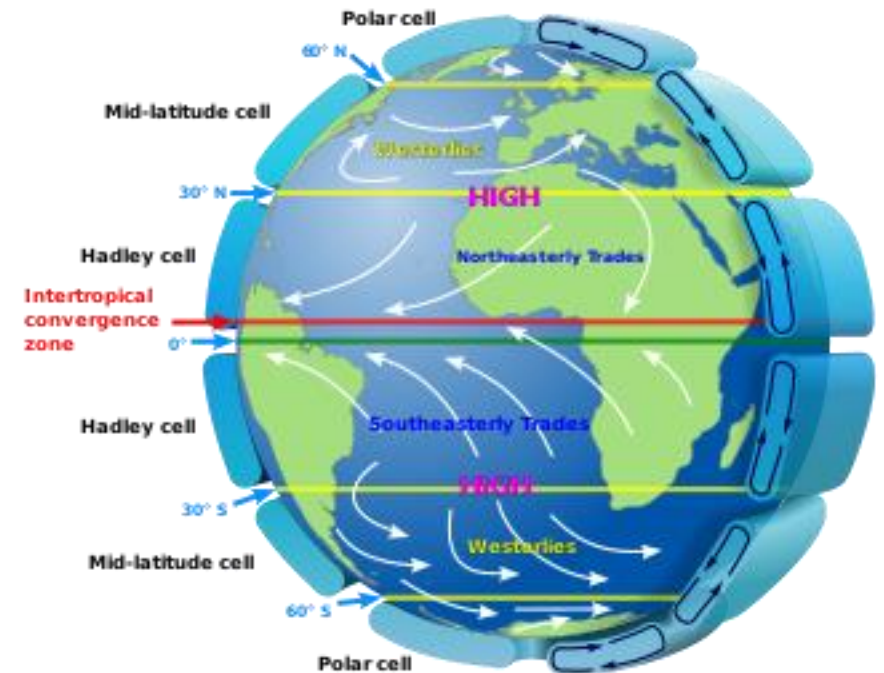
Υπάρχουν τέσσερα κύρια αίτια που προκαλούν το φαινόμενο της ξηρότητας:

1. Υψηλή πίεση

Ο αέρας που θερμαίνεται στον ισημερινό ανεβαίνει, κινείται προς τους πόλους και κατόπιν κατεβαίνει στις υποτροπικές περιοχές περίπου 20° με 30° βόρειο και νότιο γεωγραφικό πλάτος. Η συμπίεση και η θέρμανση της φθίνουσας μάζας αέρα οδηγεί σε ξήρανση και σταθερές ατμοσφαιρικές συνθήκες (π.χ. Έρημος Σαχάρα). Αυτό το ατμοσφαιρικό μοτίβο κυκλοφορίας αναφέρεται ως «κύτταρο Hadley».

2. Ηπειρωτικοί άνεμοι

Οι άνεμοι που πνέουν σε εσωτερικούς ηπειρωτικούς χώρους έχουν μειωμένη ισχύ ευκαιρίας να απορροφήσουν υγρασία και είναι αρκετά σταθεροί με χαμηλή υγρασία (π.χ. ΝΔ Ασία, Μέση Ανατολή). Σημαντική είναι και η απόσταση από τον ωκεανό κατά μήκος του υγρού ρεύματος αέρα των διαδρομών ροής.





Εισαγωγή

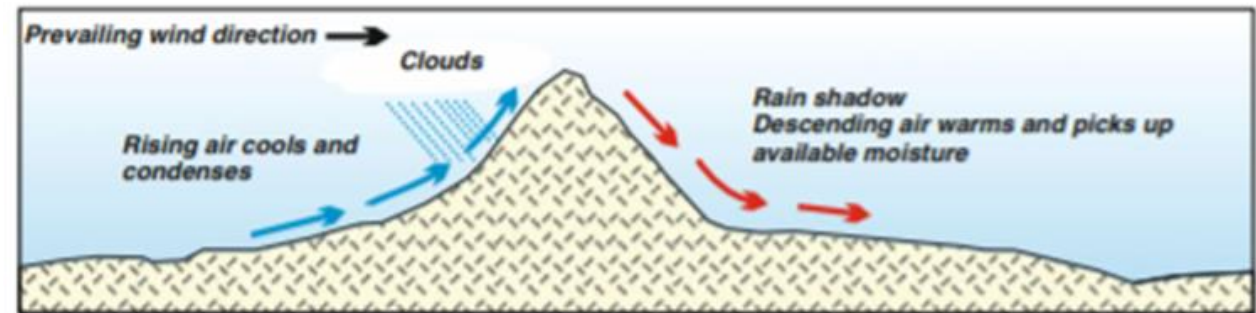
Αίτια και Επιπτώσεις Ξηρότητας

3. Ψυχρά ρεύματα ωκεανού

Τα ψυχρά ωκεάνια ρεύματα κοντά στη στεριά μπορούν να δροσίσουν το χαμηλότερο ατμοσφαιρικό επίπεδο, αλλά ο πιο ζεστός αέρας ψηλά δημιουργεί μια αναστροφή της θερμοκρασίας που εμποδίζει την άνοδο του αέρα και συνεπώς την καθίζηση. Καθώς ο δροσερός αέρας κινείται προς το εσωτερικό, έτσι θερμαίνεται και ως αποτέλεσμα μειώνεται η υγρασία του (π.χ., παράκτιο Περού, Ομάν και Ναμίμπια).

4. Επίδραση σκιάς βροχής

Η ψύξη του αέρα που επιβάλλεται από τις οροσειρές προκαλεί βροχόπτωση και απώλεια υγρασίας. Ο κατηφορικός αέρας στην υπήνεμη πλευρά του είναι θερμότερος, σε δεδομένο υψόμετρο, σε σύγκριση με την ανεμοδαρμένη πλευρά λόγω των μεγαλύτερων ποσοστών αδιαβατικής καθυστέρησης (ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας με ανύψωση) του ξηρού αέρα σε σύγκριση με τον υγρό ή κορεσμένο αέρα. Οι ανεμοδαρμένες πλευρές των οροσειρών μπορεί να έχουν υψηλά ποσοστά βροχόπτωσης, ενώ οι υπήνεμες πλευρές (σχετικά μικρή γεωγραφική απόσταση) μπορεί να έχουν ημίξηρες ή άνυδρες συνθήκες (π.χ. βόρεια Βραχώδη Όρη ΗΠΑ).

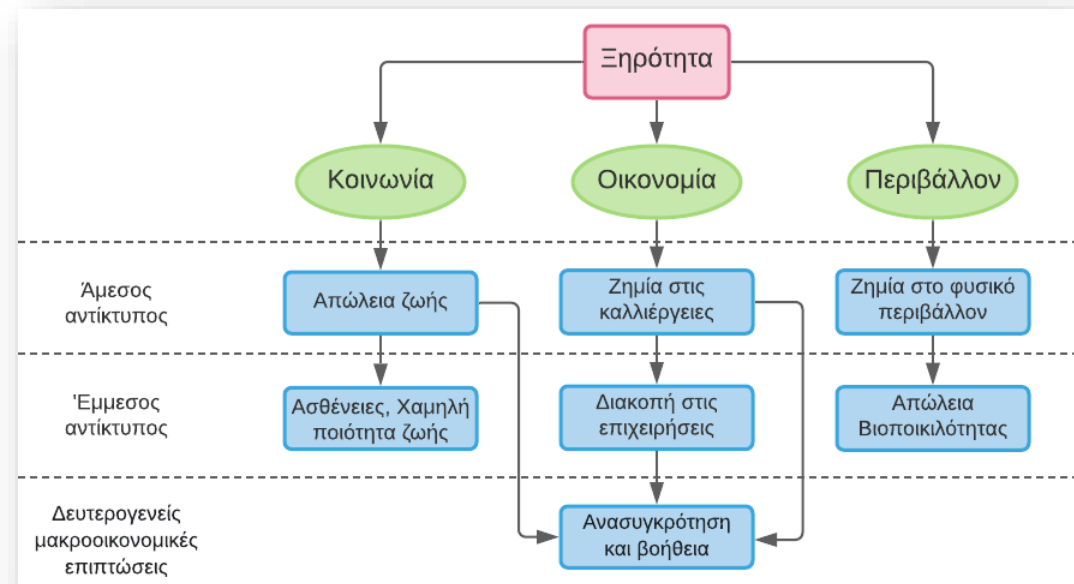




Εισαγωγή

Αίτια και Επιπτώσεις Ξηρότητας

Από τις σοβαρότερες επιπτώσεις της ξηρότητας στο περιβάλλον και στη κοινωνία είναι η μείωση της γεωργικής παραγωγής, του επιπέδου και της ποιότητας του νερού καθώς και η αύξηση του ζωικού κεφαλαίου και της θνησιμότητας των άγριων ζώων. Η γεωργική παραγωγή είναι ιδιαίτερα ευάλωτη στις κλιματικές διακυμάνσεις και ιδιαίτερα στις επαναλαμβανόμενες ξηρότητες, με αποτέλεσμα οι επιπτώσεις αυτών να μπορούν να παρατηρηθούν άμεσα και με φυσικό τρόπο, ενώ οι οικονομικές επιπτώσεις της ξηρότητας δεν λαμβάνονται υπόψη με την ίδια σοβαρότητα όπως για άλλους τύπους ακραίων καιρικών συνθηκών (για παράδειγμα πλημμύρες ή τυφώνες).





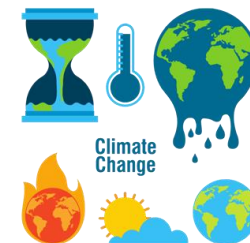
Κλιματική Αλλαγή

Εισαγωγή

Η συζήτηση γύρω από τις μεταβολές του κλίματος και την αύξηση της θερμοκρασίας στον πλανήτη που ήρθε στο προσκήνιο τη δεκαετία του 1950 συνεχίζεται με αμείωτη ένταση. Το ενδιαφέρον γύρω από τις μεταβολές του κλίματος και τις πιθανές επιπτώσεις που μπορεί να έχουν αυτές στο οικοσύστημα, τις ανθρώπινες κοινωνίες και την ποιότητα ζωής πάνω στον πλανήτη έχει οδηγήσει σε μια τεράστια προσπάθεια συλλογής, επεξεργασίας και αξιολόγησης κλιματικών δεδομένων (θερμοκρασία, ατμοσφαιρική πίεση, ηλιοφάνεια, βροχόπτωση κ.ά.) παγκοσμίως και ανάπτυξης μοντέλων κλιματικής πρόγνωσης.

Συνήθως ο όρος «Κλιματική Αλλαγή» παραπέμπει στην **αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της επιφάνειας της γης**. Η έννοια του όρου όμως είναι ευρύτερη και περιλαμβάνει ένα σύνολο παρατηρούμενων αλλαγών. Για την ακρίβεια ο όρος «Κλιματική Αλλαγή» σύμφωνα με τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) αναφέρεται σε κάθε αλλαγή του κλίματος με την πάροδο του χρόνου, είτε αυτή οφείλεται σε φυσική μεταβλητότητα, είτε είναι αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας.

Βασική έκφανση της κλιματικής αλλαγής αποτελεί η «Θέρμανση της Γης» (Global Warming). Έχει διαπιστωθεί πως η αύξηση της θερμοκρασίας σε παγκόσμιο επίπεδο την τελευταία 50ετία είναι η μεγαλύτερη της χιλιετίας. Κατά τα τελευταία 150 χρόνια, η μέση θερμοκρασία έχει αυξηθεί κατά σχεδόν **0.8°C** παγκοσμίως και κατά σχεδόν **1°C** στην Ευρώπη.



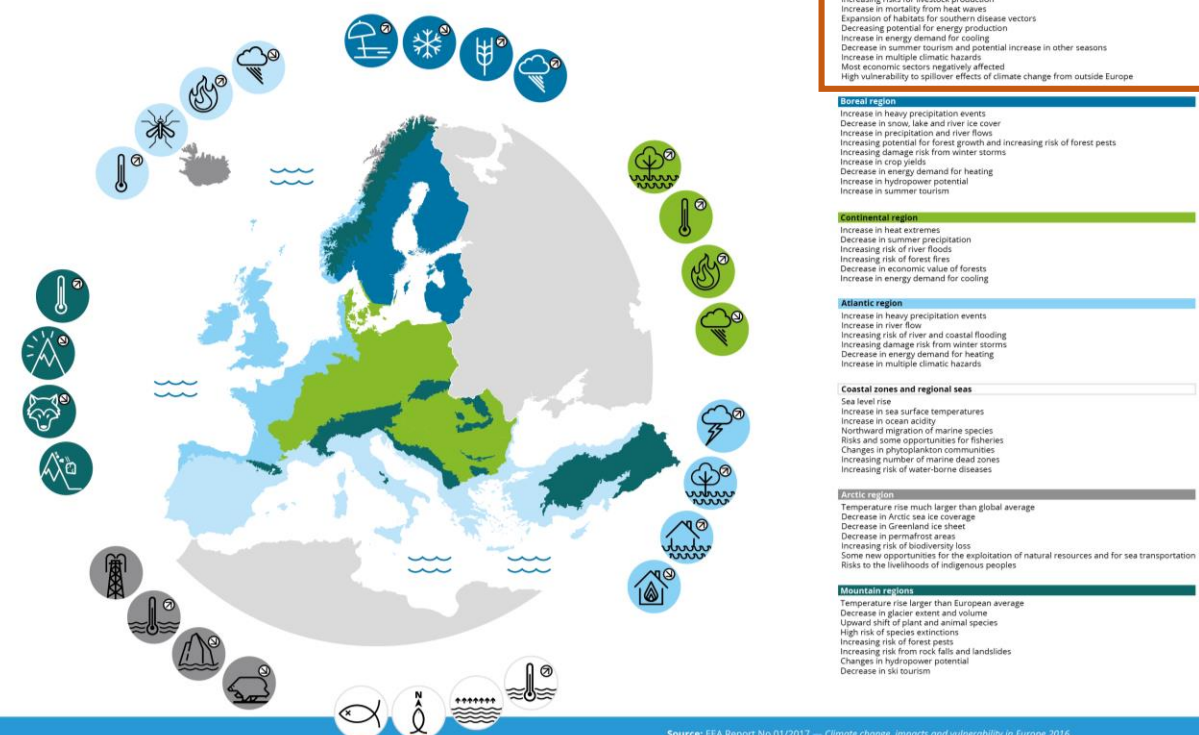


Κλιματική Αλλαγή

Κυριότερες επιπτώσεις

Climate change impacts in Europe's regions

Climate change is projected to impact the availability of water in Europe, putting additional pressure on southern regions already facing water stress. Other parts of Europe are expected to face more frequent flooding events, while low-lying regions are at risk from storm surges and sea level rise.



Source: EEA Report No 01/2017 — Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016.

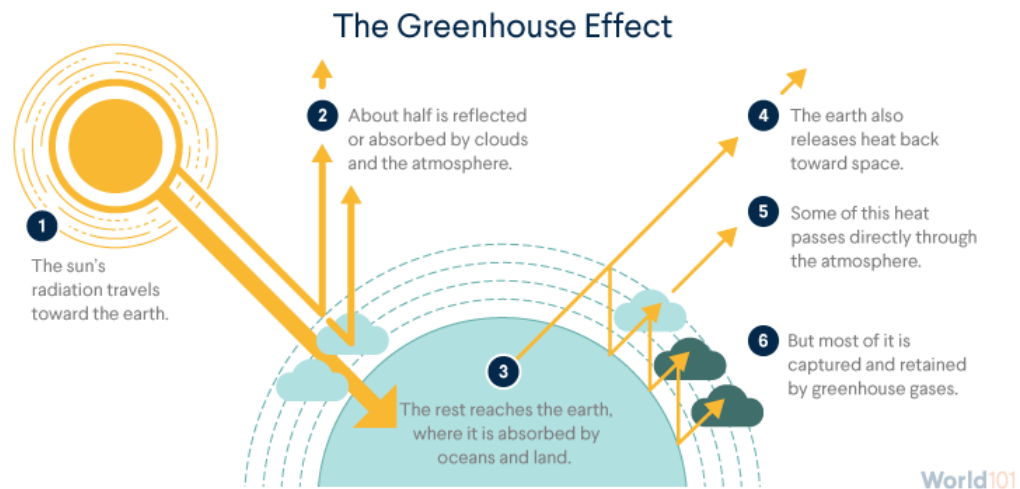
Οι **επιπτώσεις** της κλιματικής αλλαγής συνοψίζονται ως εξής:

- Άνοδος της θερμοκρασίας
- Μείωση των βροχοπτώσεων και της ροής του ποταμού
- Αύξηση κινδύνου ξηρασίας και ξηρότητας
- Λιώσιμο των πάγων
- Άνοδος της στάθμης της θάλασσας
- Ακραία καιρικά φαινόμενα
- Μείωση απόδοσης των καλλιεργειών
- Αύξηση ζήτησης νερού στην αγροτική κοινότητα
- Απώλεια της βιοποικιλότητας
- Προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία
- Αρνητική επίδραση σε οικονομικούς τομείς
- Μείωση του τουρισμού



Κλιματική Αλλαγή

Κυριότερες επιπτώσεις σε πλανητικό επίπεδο



Το **φαινόμενο του θερμοκηπίου** είναι ένα παγκόσμιο περιβαλλοντικό φαινόμενο όπου εκλύεται CO_2 στην ατμόσφαιρα από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται στην ατμόσφαιρα της γης και ένα μεγάλο μέρος φτάνει στην επιφάνειά της. Μέρος της ακτινοβολίας απορροφάται και το άλλο εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα, ως υπέρυθη ακτινοβολία. Μεγάλο μέρος της ακτινοβολίας «εγκλωβίζεται» από αέρια όπως διοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο, που είναι τα σημαντικότερα αέρια που συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το CO_2 και το νερό που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα απορροφούν την υπέρυθη ακτινοβολία. Η ενέργεια παραμένει στη γη και σταδιακά με την αύξηση της συγκέντρωσης του CO_2 , αυξάνεται η μέση θερμοκρασία της.

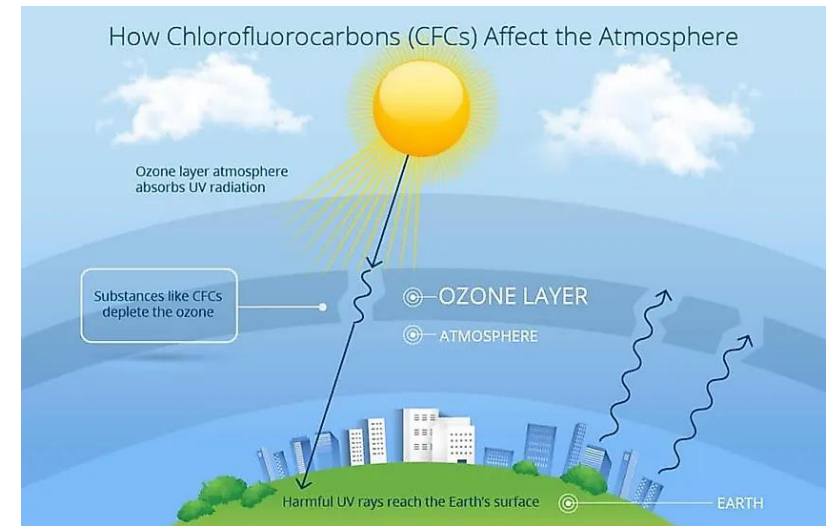


Image credit: www.airtro.com

Η **τρύπα του όζοντος** είναι παγκόσμιο περιβαλλοντικό φαινόμενο, όπως και το φαινόμενο του θερμοκηπίου, όπου το στρώμα του όζοντος στη στρατόσφαιρα μειώνεται εξαιτίας των χλωροφθορανθράκων. Παρατηρήσεις που αφορούν το όζον σε ύψος κοντά στα 40 χιλιόμετρα, δείχνουν ότι έχει μειωθεί περίπου 10 % στις μέρες μας. Η συγκέντρωση του όζοντος (O_3) της στρατόσφαιρας φθάνει τα 10 ppb. Το στρώμα του όζοντος προστατεύει τους ζωντανούς οργανισμούς από την υπεριώδη ακτινοβολία. Το όζον καταστρέφεται από μόρια μονοξειδίου του αζώτου (NO) και νερού (H_2O) καθώς και από άτομα αλογόνων και υδρογόνου (H).



Κλιματική Αλλαγή

Τρόποι μείωσης των επιπτώσεων



Σύμφωνα με το άρθρο 2 της Σύμβασης-Πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC) πρέπει: «Ο απώτερος σκοπός της σύμβασης και κάθε σχετικής νομικής πράξης είναι να επιτευχθεί, σύμφωνα με τις σχετικές διατάξεις της σύμβασης, σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σε ένα επίπεδο που θα αποτρέψει την επικίνδυνη ανθρωπογενή παρέμβαση στο κλιματικό σύστημα. Ένα τέτοιο επίπεδο πρέπει να επιτευχθεί εντός ενός χρονικού πλαισίου επαρκούς για να επιτραπεί στα οικοσυστήματα να προσαρμοστούν φυσικά στις κλιματικές αλλαγές, για να εξασφαλιστεί ότι η παραγωγή τροφίμων δεν απειλείται και να επιτραπεί στην οικονομική ανάπτυξη να προχωρήσει με βιώσιμο τρόπο». Συγκεκριμένα, θα πρέπει μέχρι το 2050 να μειωθούν κατά 50% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990 προκειμένου να επιτευχθεί ουδέτερο ισοζύγιο άνθρακα πριν από το τέλος του αιώνα. Η ΕΕ υποστηρίζει τον στόχο της σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών και επιδιώκει, μέχρι το 2050, να έχει μειώσει τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου κατά **80–95 %** σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990.

Τις τελευταίες 2 δεκαετίες αναπτύχθηκαν πολιτικές για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, επεκτάθηκαν και διευρύνθηκαν αρκετά σε όλα τα επίπεδα και ωθούν τους πολίτες, τις κυβερνήσεις, τις κρατικές υπηρεσίες και τους οργανισμούς, να κινητοποιηθούν απέναντι στον κίνδυνο και στην αβεβαιότητα. Η αποτελεσματική εφαρμογή πολιτικών μετριασμού μπορεί να γίνει μέσω:

- Χρήση αναεώσιμων πηγών ενέργειας
- Χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα και βιοκαύσιμα 1ης και 2ης γενιάς
- Ανάπτυξη νεφών - ανάκλαση ηλιακής ακτινοβολίας
- Βελτίωση ενεργειακής απόδοσης



Κλιματική Αλλαγή

Πρόβλεψη φαινομένου με τα σενάρια RCPs

Ο ρυθμός με τον οποίο θα εξελιχθούν στο μέλλον οι εκπομπές και κατά συνέπεια και οι συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, δε μπορεί να προσδιορισθεί επακριβώς. Για το σκοπό αυτό στα πλαίσια της τρίτης έκθεσης της IPCC διαμορφώθηκε ένας μεγάλος αριθμός σεναρίων (40 σενάρια) σχετικών με τη μελλοντική εξέλιξη των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (GHG) (Special Report on Emissions Scenarios, SRES).

Σύμφωνα με τον ορισμό της διακυβερνητικής επιτροπής για τις κλιματικές αλλαγές η ομάδα σεναρίων RCPs, είναι σενάρια που περιλαμβάνουν τροχιές και πορείες των συγκεντρώσεων των θερμοκηπικών αερίων καθώς και των αιωρούμενων σωματιδίων. Η ονομασία "αντιπροσωπευτικές πορείες συγκέντρωσης" επιλέχθηκε για να τονιστεί η λογική πίσω από τη χρήση τους. Ο όρος 'Representative' (αντιπροσωπευτικός) υποδεικνύει ότι το κάθε σενάριο RCP προωθεί μόνο ένα από τα πιθανά πολλά σενάρια που οδηγούν σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Ο όρος 'Pathways' (πορεία-μονοπάτι) εστιάζει στην σημασία της πορείας των συγκεντρώσεων των θερμοκηπικών αερίων για την μελέτη των συνεπειών από αυτά και για να τονιστεί ότι πρωταρχικός στόχος τους είναι να παρέχουν χρονικά εξαρτώμενες προβολές των συγκεντρώσεων ατμοσφαιρικών αερίων του θερμοκηπίου.





Κλιματική Αλλαγή

Πρόβλεψη φαινομένου με τα σενάρια RCPs

Τα σενάρια RCPs αναφέρονται στο μέλλον και εκτείνονται μέχρι και το 2300. Τα σενάρια RCPs είναι 4 στον αριθμό και είναι τα **RCP 2.6**, **RCP 4.5**, **RCP 6.0** και **RCP 8.5**.

Το **RCP 2.6** είναι ένα σενάριο "αιχμής και μείωσης". Η ακτινοβολία του επιπέδου εξαναγκασμού αρχικά φτάνει γύρω στα 3.1 W/m² μέχρι τα μέσα του αιώνα και επιστρέφει στα 2.6 W/m² κατά το 2100.

Το **RCP 4.5** είναι ένα σενάριο σταθεροποίησης στο οποίο σταθεροποιείται η συνολική εκπεμπόμενη ακτινοβολία μετά το 2100, χωρίς να υπερβεί το όριο.

Το **RCP 6** πρόκειται για ένα σενάριο σταθεροποίησης στο οποίο η ολική ακτινοβολία αναγκάζεται να σταθεροποιηθεί σύντομα μετά 2100, χωρίς υπέρβαση, με την εφαρμογή μιας σειράς τεχνολογιών και στρατηγικών για τη μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Το **RCP 8.5** είναι αυτό που χαρακτηρίζεται από την αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με την πάροδο του χρόνου.

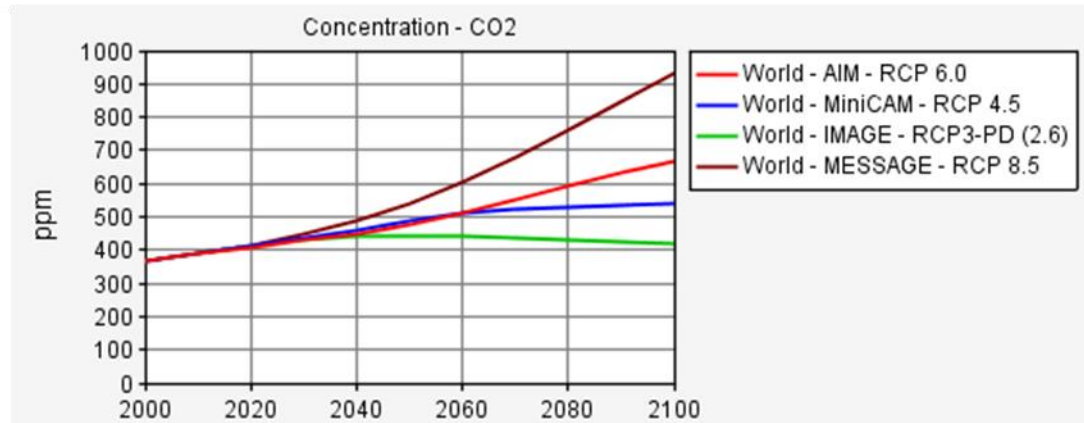
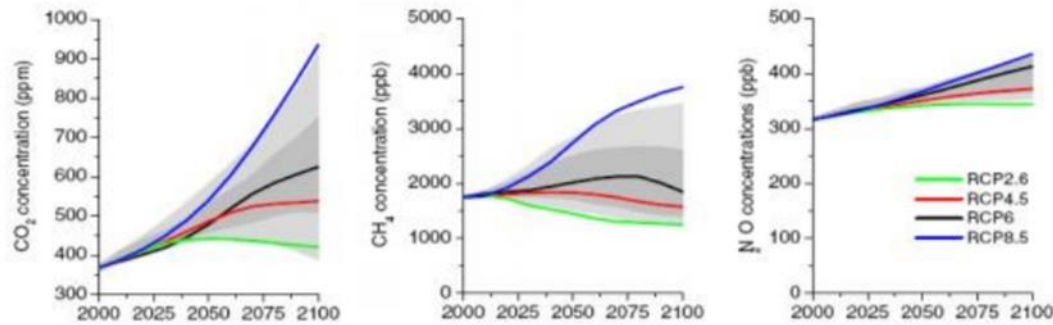
Σενάρια	Ατμοσφαιρική συγκέντρωση CO ₂ το έτος 2100	Αύξηση θερμοκρασίας το έτος 2081-2100	
		Μέση	Πιθανό εύρος
RCP2.6	421ppm	1.6°C	0.9-2.3°C
RCP4.5	538ppm	2.4°C	1.7-3.2°C
RCP6.0	670ppm	2.8°C	2.0-3.7°C
RCP8.5	936ppm	4.3°C	3.2-5.4°C

Τιμές συγκέντρωσης CO₂ (ppm) το έτος 2100 και αναμενόμενη μέση αύξηση πλανητικής θερμοκρασίας



Κλιματική Αλλαγή

Πρόβλεψη φαινομένου με τα σενάρια RCPs



© RCP Database (Version 2.0.5)

generated: 2020-01-28 14:27:28

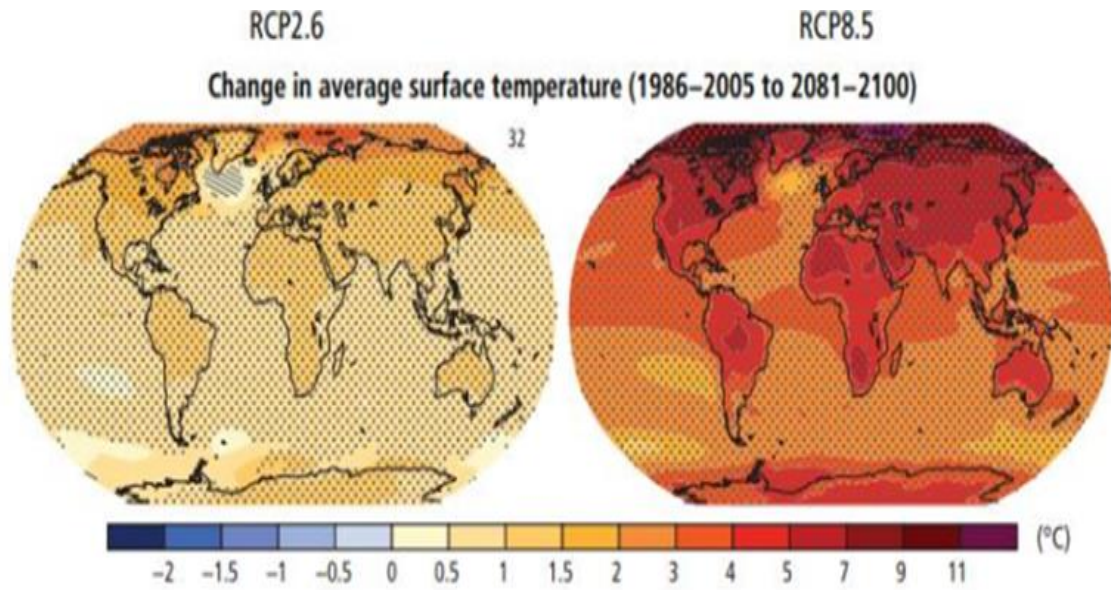
Προβλεπόμενη μελλοντική συγκέντρωση αερίων του θερμοκηπίου σύμφωνα με όλα τα RCPs.

Για κάθε κατηγορία εκπομπών, ένα RCP περιέχει ένα σύνολο τιμών εκκίνησης και το εκτιμώμενο ποσό εκπομπών έως το 2100, βάσει παραδοχών σχετικά με την οικονομική δραστηριότητα, τις πηγές ενέργειας, τον πληθυσμό, την ανάπτυξη και άλλους κοινωνικο-οικονομικούς παράγοντες.

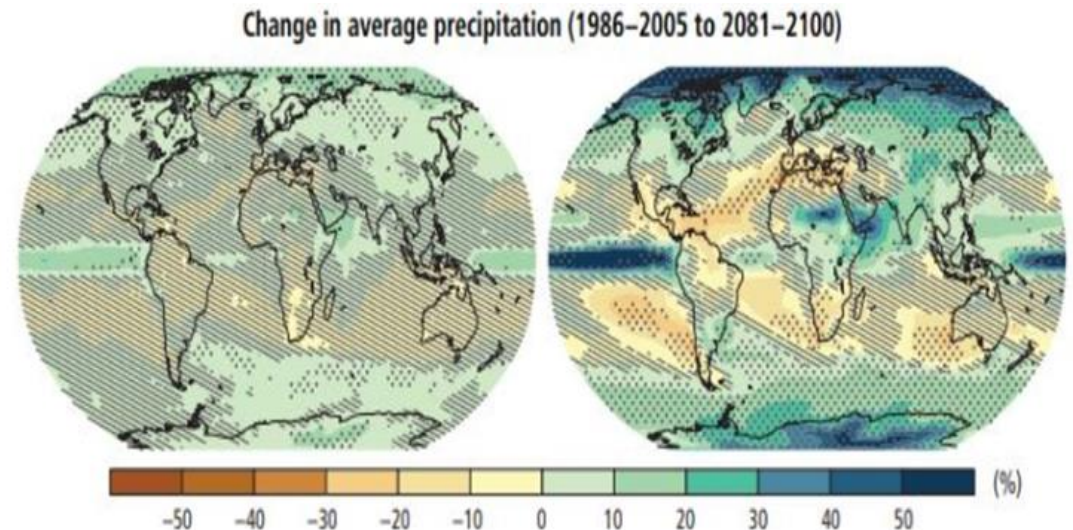


Κλιματική Αλλαγή

Πρόβλεψη φαινομένου με τα σενάρια RCPs



Χάρτες μεταβολής και αύξησης της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας.

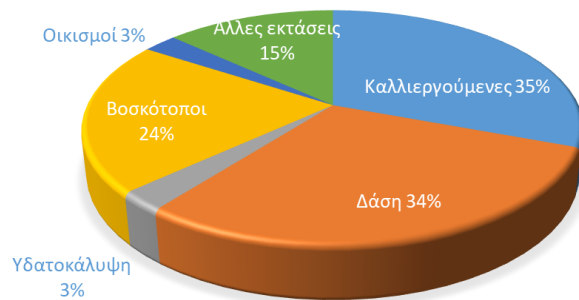
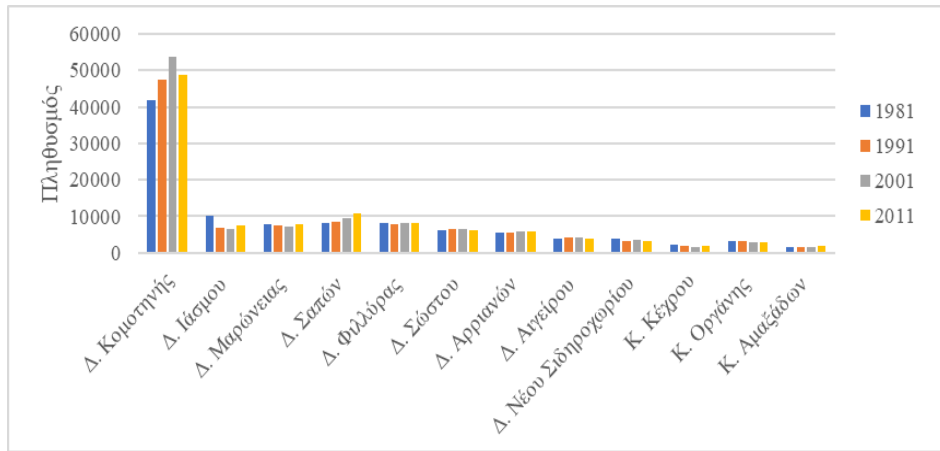


Χάρτες μεταβολής και αύξησης της μέσης παγκόσμιας βροχόπτωσης.



Περιοχή Μελέτης

Πληθυσμικά/Γεωμορφολογικά/Υδρολογικά στοιχεία

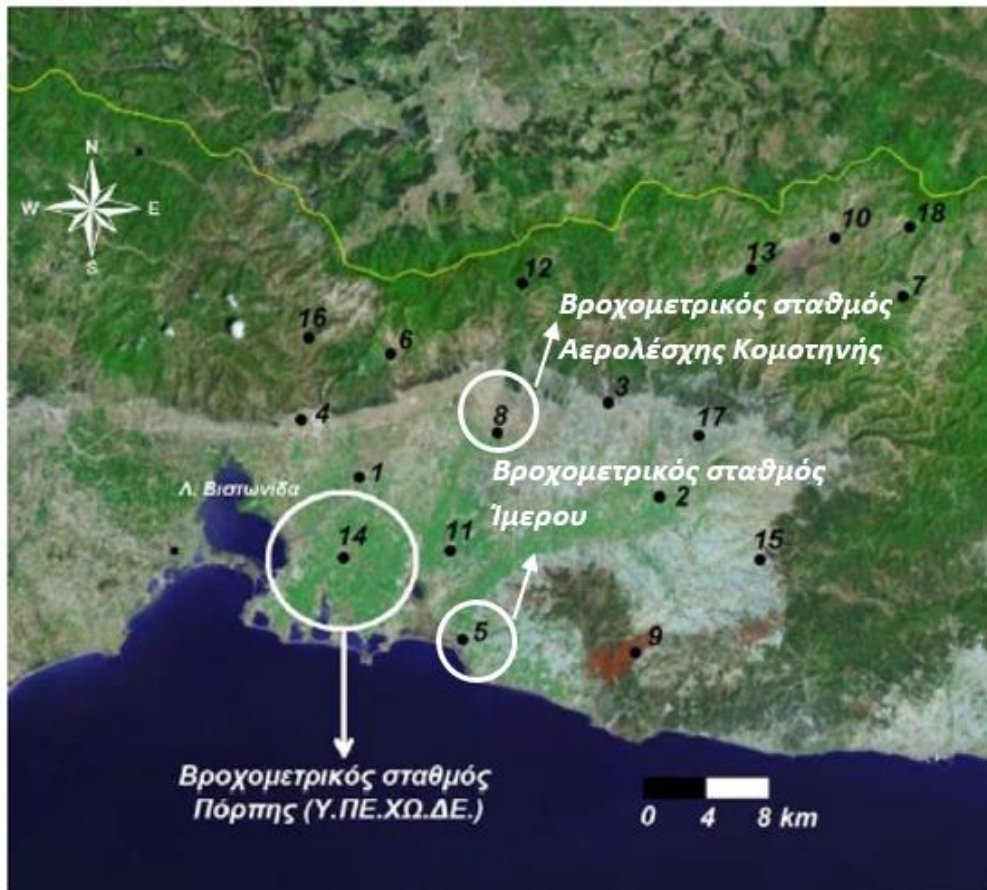


Το γεωμορφολογικό ανάγλυφο της περιοχής έρευνας χαρακτηρίζεται γενικά ως ημιλοφώδες στο μεγαλύτερο τμήμα του, με εξαίρεση την εμφάνιση κάποιων πεδινών εκτάσεων οι οποίες παρεμβάλονται σε διάφορα σημεία της περιοχής και προέκυψαν από τη συνδυασμένη δράση των χειμάρρων, του υδρογραφικού δικτύου, υποκείμενα στις συνθήκες διάβρωσης και απόθεσης. Σημαντική είναι η παρουσία των πέντε παράκτιων λιμνοθαλασσών στο νότιο όριο του νομού με τη θάλασσα καθώς και η λίμνη Ισμαρίδα με κύριο τροφοδότη τον ποταμό Βοσβόζη.

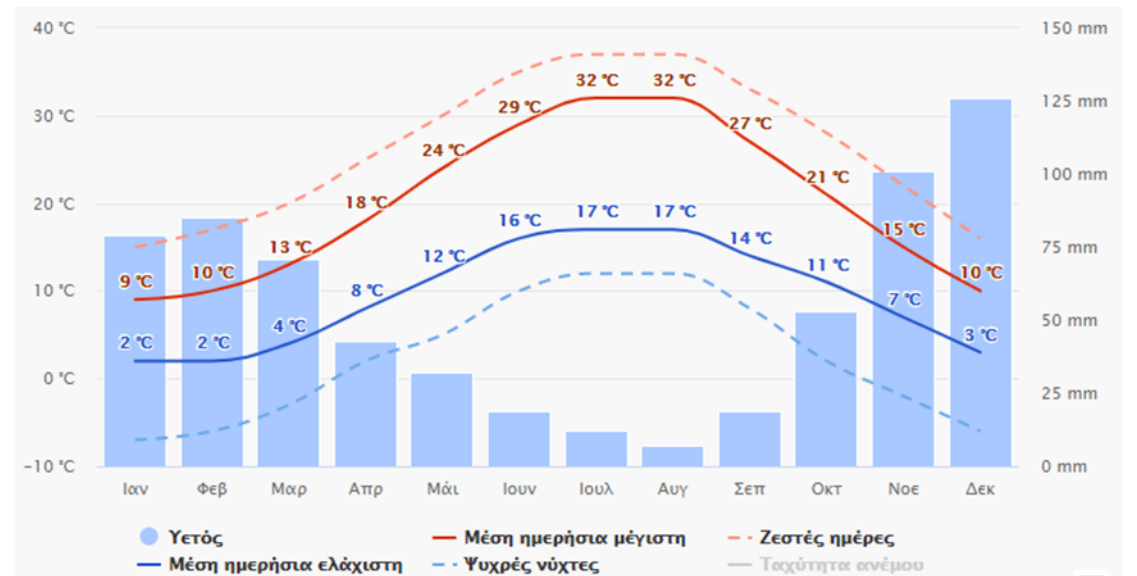


Περιοχή Μελέτης

Κλιματολογικά δεδομένα



Λαμβάνοντας υπόψη ότι η τιμή της μέσης θερμοκρασίας του θερμότερου μήνα του έτους είναι μικρότερη από 22°C σε όλους τους Σταθμούς, το κλίμα χαρακτηρίζεται μεσογειακό με υγρούς - ψυχρούς χειμώνες και ξηρό - θερμό καλοκαίρι.



(Πηγή: <https://www.meteoblue.com/>)



Δείκτες Ξηρότητας και Διαδικασία Εκτίμησης τους

Οι δείκτες ξηρότητας είναι ποσοτικοί δείκτες του βαθμού επάρκειας του ύδατος σε μία δεδομένη θέση. Η χρήση τους αποσκοπεί στο χαρακτηρισμό της κλιματικής κατάταξης της εκάστοτε περιοχής καθώς και στην ποσοτικοποίηση του βαθμού της ξηρασίας.

Για την πρακτική διαχείριση των υδάτινων πόρων οι δείκτες ξηρότητας δεν παίζουν σημαντικό ρόλο, ούτε υπάρχει ισχυρός λόγος προτίμησης του ενός έναντι του άλλου. Παρ' όλα αυτά έχουν σημασία στην παρακολούθηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στους υδάτινους πόρους.

Για τον υπολογισμό των δεικτών ξηρότητας:

$$AI_u = \frac{P}{PET}$$

Δεδομένα Βρόχπτωσης και Θερμοκρασίας από 3 μετεωρολογικούς σταθμούς:

1. Πόρπη
2. Ίμερο
3. Αερολέσχη Κομοτηνής

Για τον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής χρησιμοποιήθηκαν 3 μέθοδοι:

1. Hargreaves
2. Blaney-Criddle
3. Hamon 1

Hargreaves

$$ET_o = 0.0023 \cdot \left(\frac{R_a}{\lambda} \right) \cdot TD^{0.5} (T_{mean} + 17.8)$$

Blaney-Criddle

$$PET = k \cdot p \cdot (0.46 \cdot T_{mean} + 8.13)$$

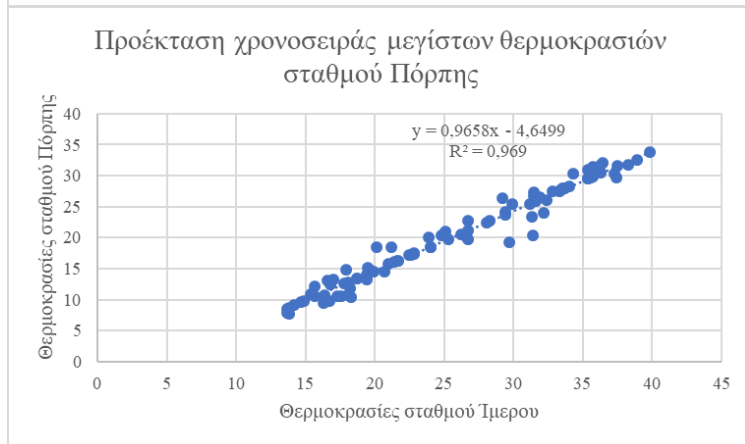
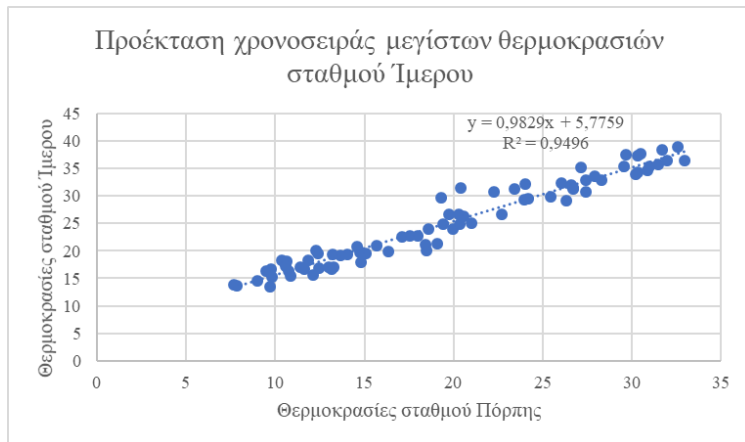
Hamon 1

$$PET_{Hamon} = 0.1651 \cdot \left(\frac{DL}{12} \right) \left[\frac{216.7 \cdot e_s}{(T_{mean} + 273.3)} \right] \cdot \alpha$$

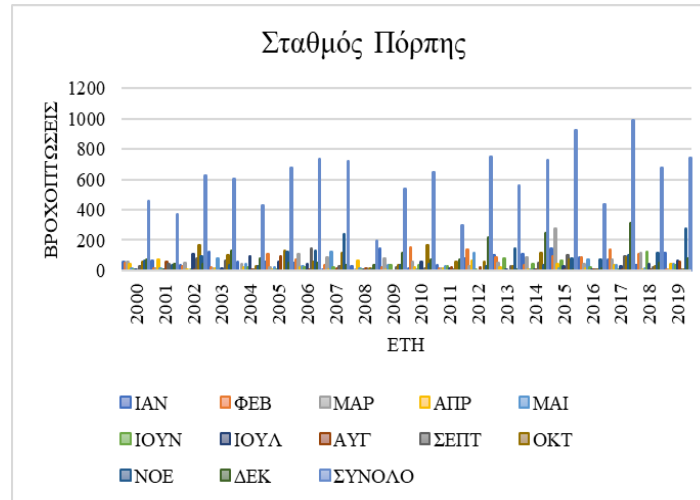


Δείκτες Ξηρότητας και Διαδικασία Εκτίμησης τους

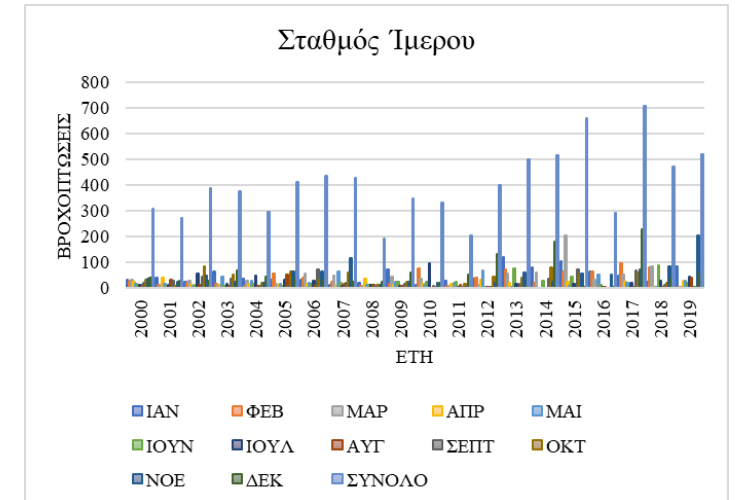
Τα θερμοκρασιακά δεδομένα των σταθμών Ίμερου, Πόρπης και Αερολέσχης Κομοτηνής πρώτα επεξεργάστηκαν με σκοπό να έχουν κοινή χρονική βάση, χρησιμοποιώντας τη γραμμική προεκβολή. Ενδεικτικά στις από κάτω εικόνες φαίνεται η συσχέτιση των δεδομένων.



Διακύμανση της μηνιαίας τιμής ύψους βροχόπτωσης (mm) στο βροχομετρικό σταθμό Πόρπης (Υ.ΠΕ.ΚΑ) για την περίοδο έρευνας 2000-2019



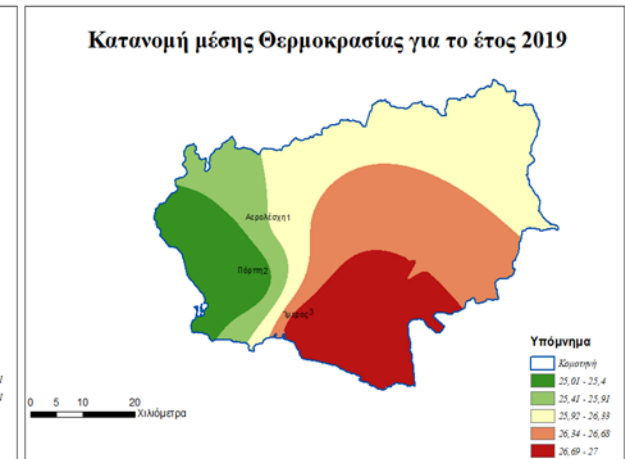
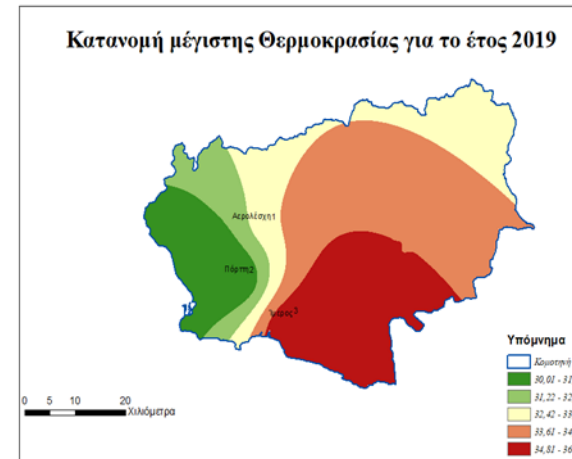
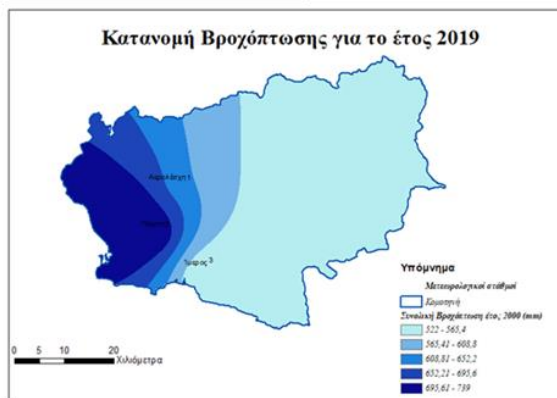
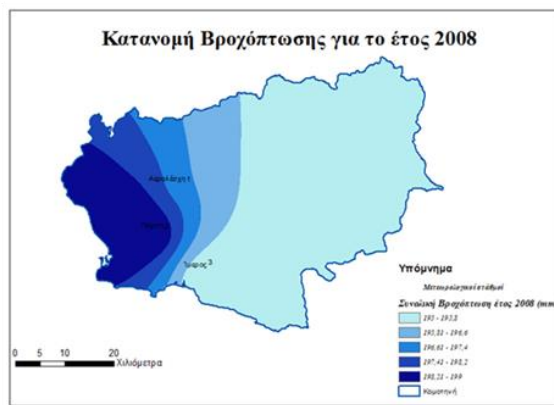
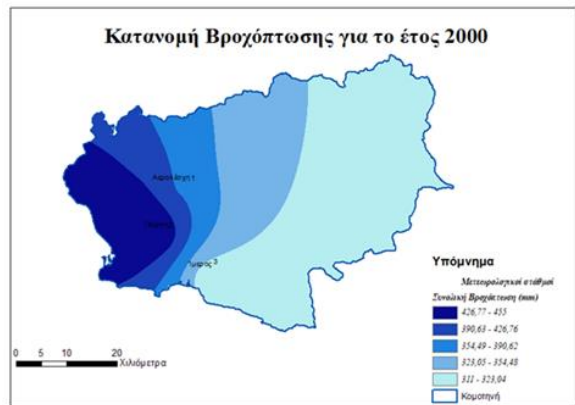
Διακύμανση της μηνιαίας τιμής ύψους βροχόπτωσης (mm) στο βροχομετρικό σταθμό Ίμερου (Υ.ΠΕ.ΚΑ) για την περίοδο έρευνας 2000-2019





Χωρική κατανομή δεικτών Ξηρότητας με το εργαλείο GIS

Η παρεμβολή στον χώρο αποτελεί ένα σημαντικό αντικείμενο στη χαρτογραφία και σε όσους τομείς της επιστήμης είναι αναγκαία η εκτίμηση της μορφής που έχει στο χώρο η επιφάνεια των τιμών μιας μεταβλητής που μετρήθηκε μόνο σε ορισμένα σημεία, η εξομάλυνσή της και, αν είναι δυνατόν, η έκφρασή της από μια μαθηματική σχέση των χωρικών συντεταγμένων.





Χωρική κατανομή δεικτών Ξηρότητας με το εργαλείο GIS

Η ξηρότητα είναι το φαινόμενο που εμφανίζεται σε μεγάλο βαθμό λόγω των κλιματικών διακυμάνσεων, οπότε η μελλοντική προβολή ξηρότητας παίζει σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό και στη διαχείριση συστημάτων υδατικών πόρων. Γι' αυτό το λόγο για τη σύγκριση των προαναφερθέντων χωρικών κατανομών ξηρότητας με τα μελλοντικά σενάρια RCPs, αρχικά για την προεκβολή των δεδομένων θερμοκρασίας θεωρήθηκαν τα ίδια δεδομένα με μία μέση τιμή διακύμανσης της τάσης και έπειτα προστέθηκε η μέση προβλεπόμενη αύξηση της θερμοκρασίας για την περίοδο 2046-2065 η οποία είναι **1,5°C** για σενάριο **RCP 2.6**, για το διάστημα 2081-2100 είναι **2°C** για σενάριο **RCP 4.5**, ενώ ένα ακραίο σενάριο για την ίδια περίοδο είναι η αύξηση της θερμοκρασίας κατά **3,7°C**, σύμφωνα με το σενάριο **RCP 8.5**. Τα δεδομένα της βροχόπτωσης, ωστόσο διατηρήθηκαν τα ίδια αφού έγινε η παραδοχή ότι δεν θα υπάρξει σαφή μεταβολή των κατακρημνισμάτων για τα επόμενα χρόνια.

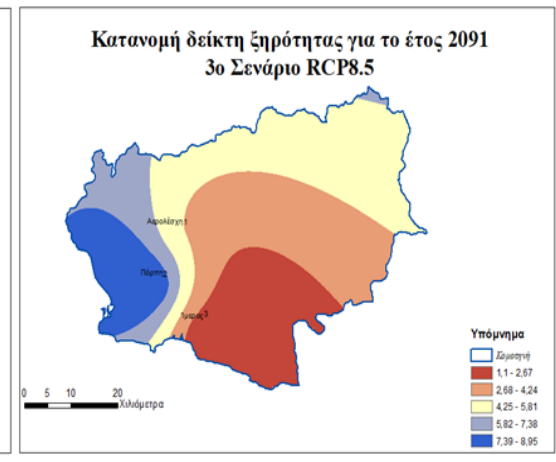
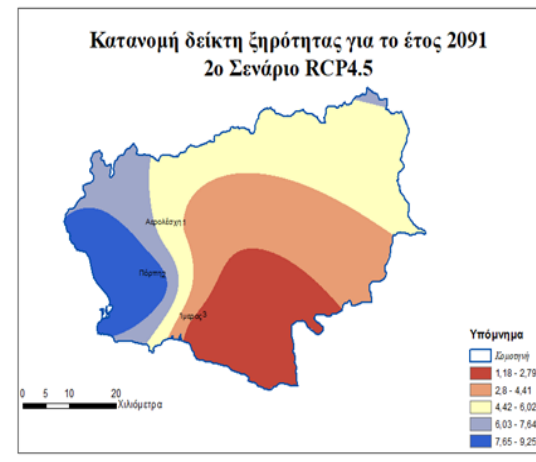
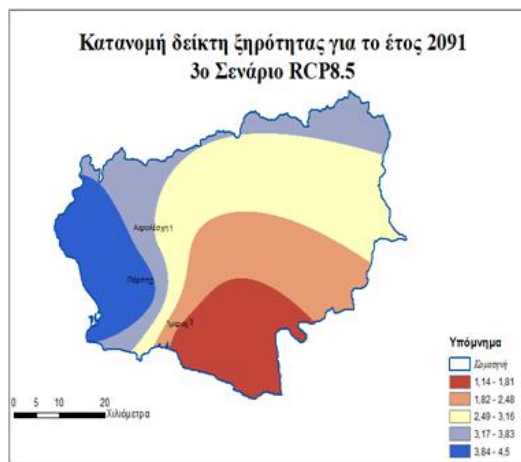
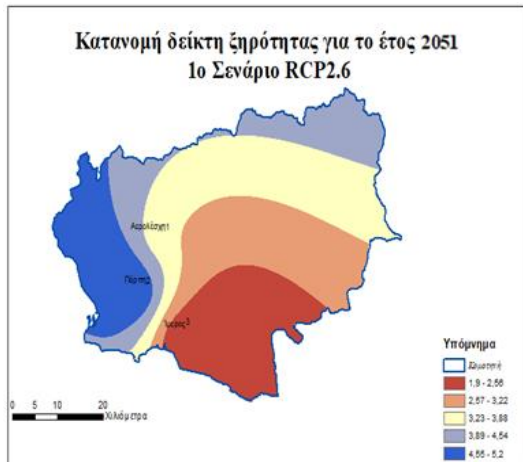
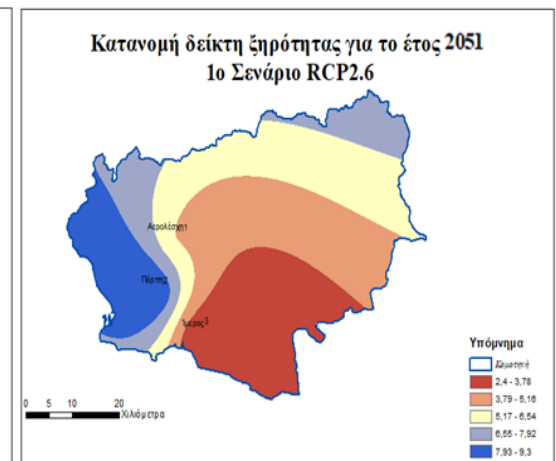
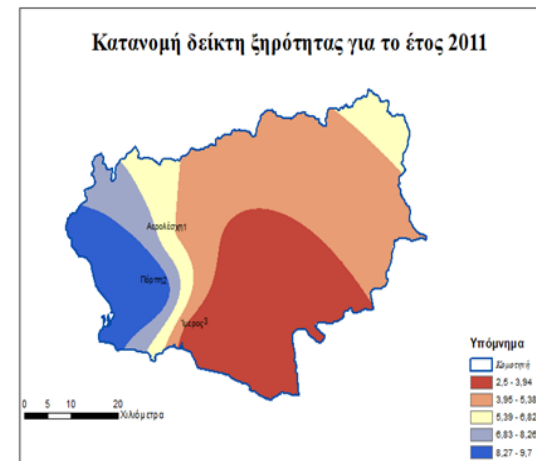
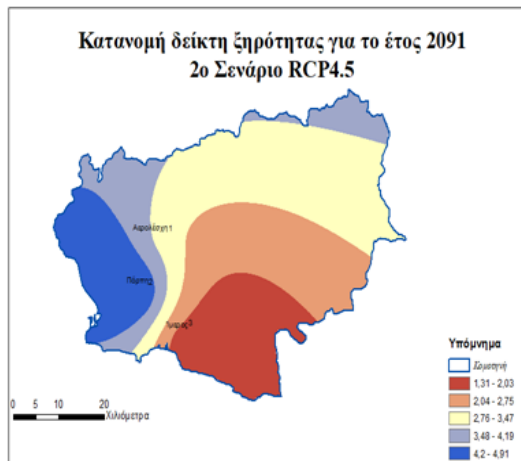
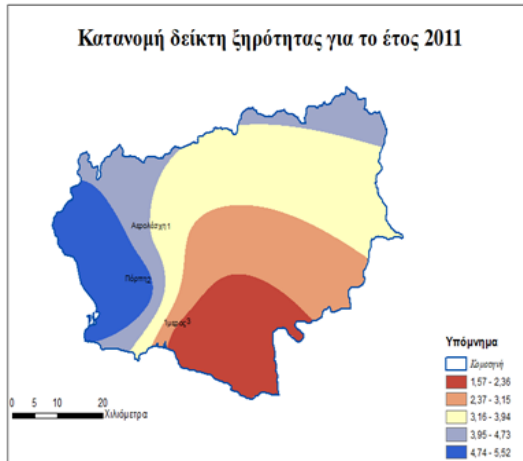
Στη συνέχεια, οι χάρτες που ακολουθούν απεικονίζουν τη χωρική κατανομή της ανάλυσης του δείκτη ξηρότητας για την επιλεγμένη περιοχή μελέτης, με δεδομένα από τους σταθμούς Πόρπης, Ίμερου και Αερολέσχης Κομοτηνής σε σύγκριση με τα μελλοντικά σενάρια RCPs. Επιλέχθηκαν οι χάρτες με τις πιο δυσμενείς συνθήκες ξηρότητας για κάθε εποχή ξεχωριστά (Φθινόπωρο/2011, Χειμώνας/2019, Άνοιξη/2011 και Καλοκαίρι/2012). Επίσης τα μελλοντικά σενάρια RCPs συγκρίθηκαν ενδεικτικά με την χρονιά 2011 καθώς τότε σημειώθηκαν οι πιο δυσμενείς συνθήκες ξηρότητας για την περιοχή μελέτης. Τέλος, παρουσιάζονται και συγκεντρωτικοί χάρτες ξηρότητας για τις περιόδους 2000-2019 (περίοδος αναφοράς), 2046-2065 (RCP 2.6) και 2081-2100 (RCP 8.5), με σκοπό την ένδειξη μεταβολής των δεικτών ξηρότητας μέσω μελλοντικών περιόδων αναφοράς.



Χωρική κατανομή δεικτών Ξηρότητας με το εργαλείο GIS

Κατανομή δείκτη ξηρότητας κατά Blaney-Criddle,
Φθινόπωρο του 2011

Κατανομή δείκτη ξηρότητας κατά Hargreaves,
Φθινόπωρο του 2011

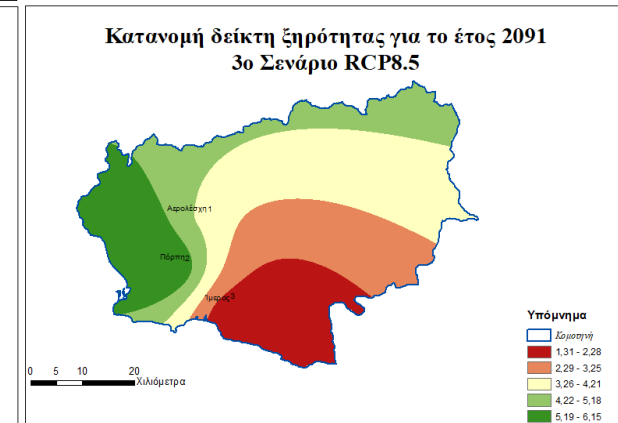
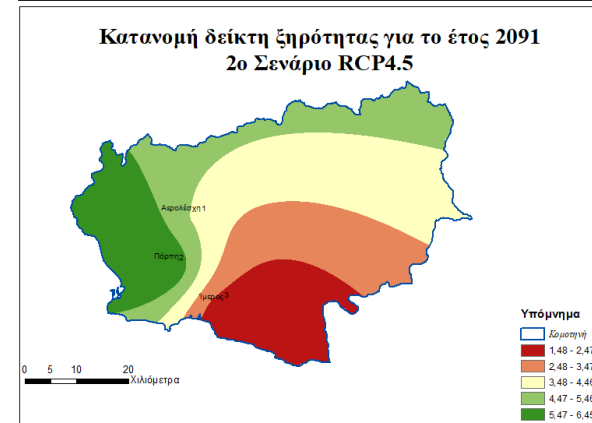
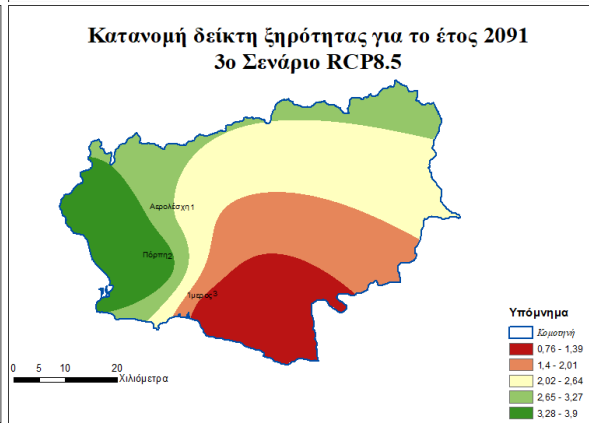
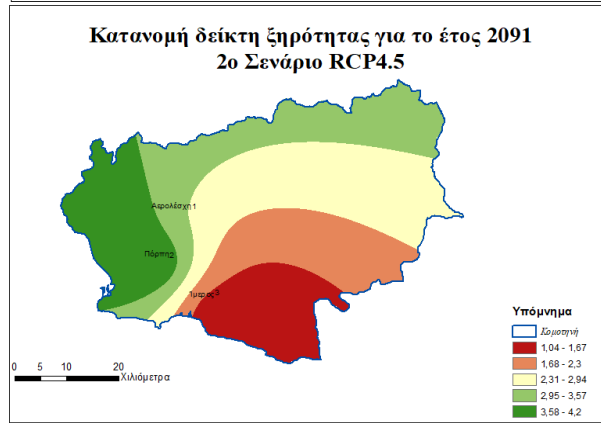
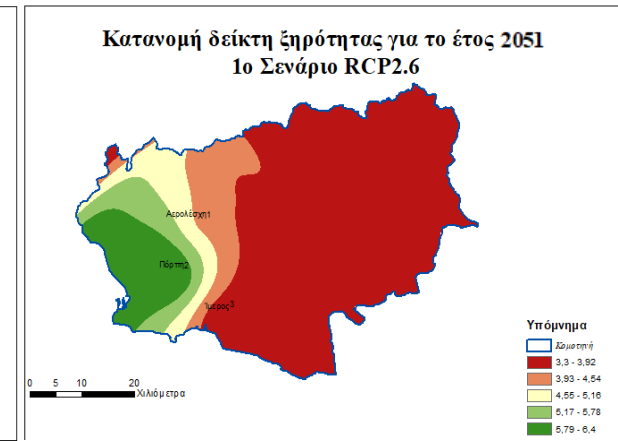
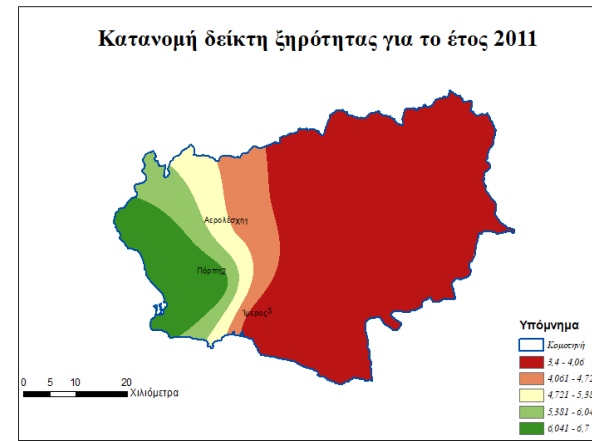
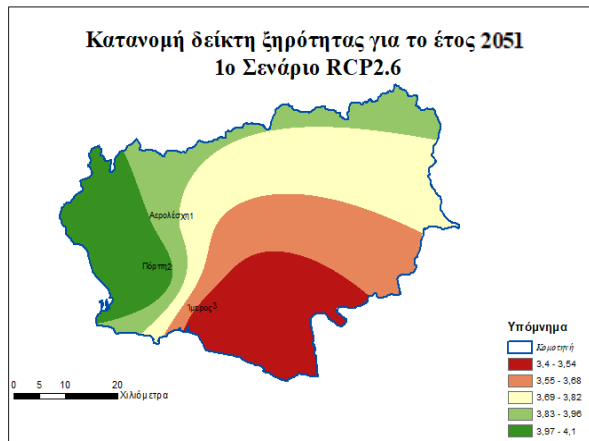
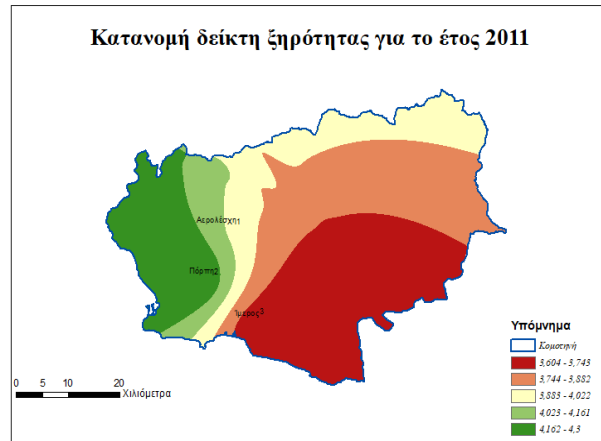


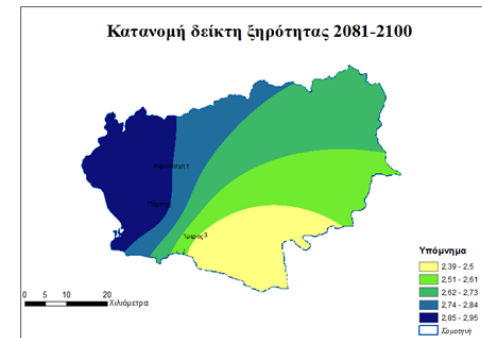
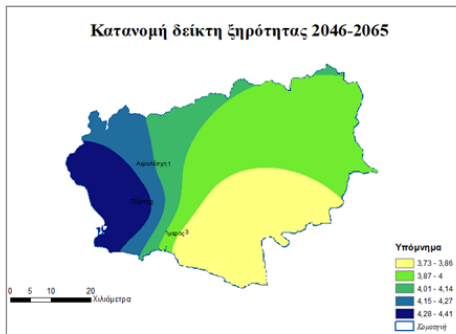
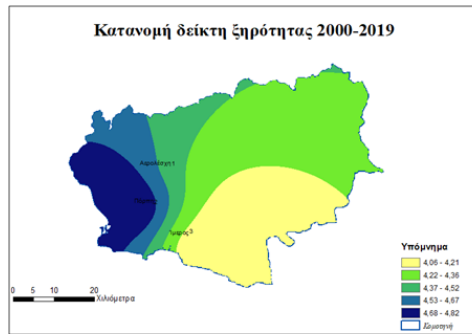
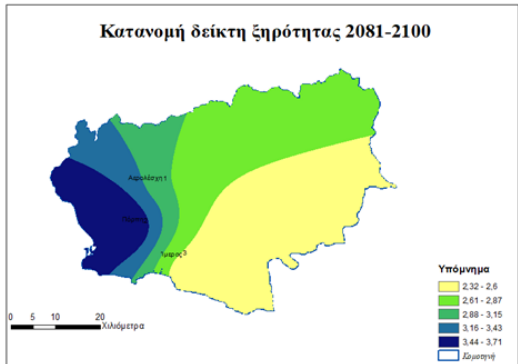
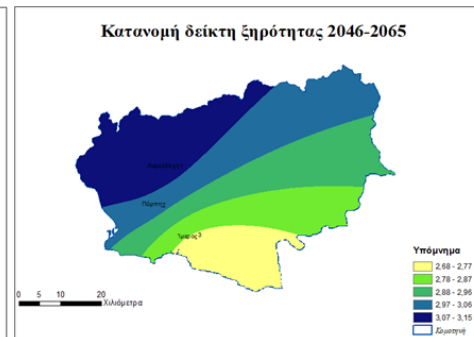
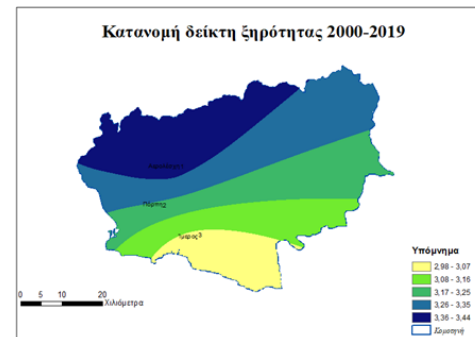
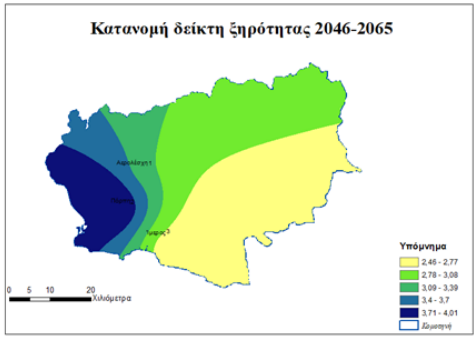
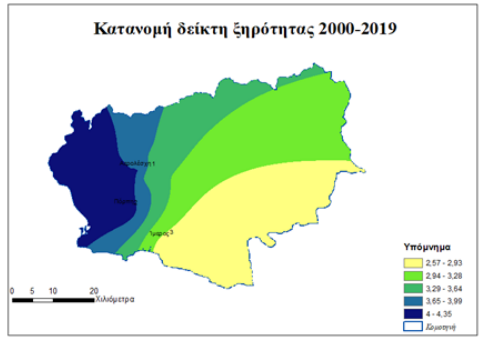


Χωρική κατανομή δεικτών Ξηρότητας με το εργαλείο GIS

Κατανομή δείκτη ξηρότητας κατά Blaney-Criddle,
Άνοιξη του 2011

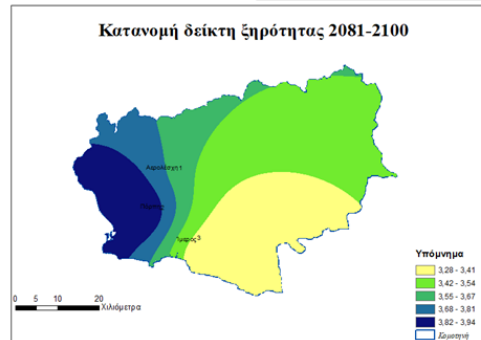
Κατανομή δείκτη ξηρότητας κατά Hargreaves,
Άνοιξη του 2011





Συνολική χωρική κατανομή δείκτη ξηρότητας κατά Hargreaves

Συνολική χωρική κατανομή δείκτη ξηρότητας κατά Blaney-Cridde



Συνολική χωρική κατανομή δείκτη ξηρότητας κατά Hamon 1



Συμπεράσματα

Πραγματοποιώντας αυτή τη συστηματική έρευνα, ελπίζουμε ότι θα βοηθήσει στη στήριξη και την ενημέρωση της μελλοντικής έρευνας σχετικά με τις συνθήκες ξηρότητας, τόσο στην περιοχή μελέτης όσο και στην υπόλοιπη Ελλάδα, και θα δώσει σημαντικές κατευθυντήριες γραμμές για το πώς μπορούν να αξιοποιηθούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο οι φυσικοί πόροι αλλά και πως μπορούμε να μειώσουμε τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής που μαστίζει τον πλανήτη μας, προκειμένου να έχουμε μια πιο ολιστική προσέγγιση. Μέσα από τη λεπτομερή αναφορά και παρουσίαση των χρονοσειρών των κλιματικών δεδομένων και των αποτελεσμάτων για τη περιοχή μελέτης παρατηρήθηκαν τα εξής:

- ❖ Όσον αφορά την ξηρότητα του κλίματος, παρατηρείται ότι ο Ν. Ροδόπης γενικά χαρακτηρίζεται ως *ημίξηρη* προς *υγρή* περιοχή.



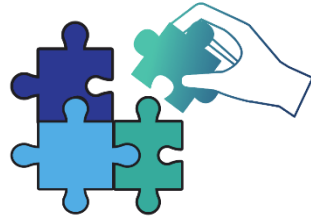
Σύμφωνα με το σενάριο RCP 8.5, το οποίο είναι το λιγότερο αισιόδοξο, από το 2050 και έπειτα η εικόνα της περιοχής μελέτης αλλάζει σημαντικά και είναι πολύ πιθανό η περιοχή μελέτης να μεταβεί σε τουλάχιστον **μία πιο ξηρή κλάση κατηγοριοποίησης**.

- ❖ Σύμφωνα με τη χωρική παρεμβολή του δείκτη ξηρότητας για την εαρινή περίοδο, υπάρχουν τέσσερις κλάσεις ταξινόμησης με συνθήκες που κυμαίνονται από ξηρή (**AI=0,11**) έως πολύ υγρή (**AI=1,75**) κλιματική κατάταξη. Όσον αφορά τα φαινόμενα ξηρότητας, παρατηρείται ότι σταδιακά αυξάνονται τόσο σε ένταση και δριμύτητα αλλά και σε χωρική κατανομή, με το σενάριο RCP 8.5 να προβλέπει τα σημαντικά ξηρά φαινόμενα να αυξάνονται ως και **50%** μέχρι το 2100.
- ❖ Στο Ν. Ροδόπης παρατηρείται μια τάση για γενική **αύξηση** της θερμοκρασίας, εξατμισοδιαπνοής, ξηρότητας και έντασης των φαινομένων αυτών, καθώς και μείωση της βροχοπτώσης στο πέρασμα των χρόνων.
- ❖ Παρατηρώντας τις χρονοσειρές των δεικτών ξηρότητας που εξετάστηκαν, παρατηρείται ότι κατά Blaney-Criddle και Hargreaves εμφανίζουν την ίδια τάση και διάρκεια αλλά διαφορετική ένταση στα φαινόμενα ξηρότητας από ότι κατά Hamon 1.
- ❖ Η αύξηση της ξηρότητας θα προκαλέσει αύξηση των αναγκών άρδευσης, άρα και υδατική καταπόνηση. Με την αύξηση των θερμοκρασιών και τη μεταβολή των βροχοπτώσεων θα μειωθούν τα διαθέσιμα αποθέματα σε νερό που χρειάζονται για την άρδευση, ενώ παράλληλα θα αυξηθούν οι απώλειες των φυτών σε νερό. Συνεπώς λιγότερο νερό θα είναι διαθέσιμο για την άρδευση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων.
- ❖ Τα ξηρά φαινόμενα αυξάνονται καταλαμβάνοντας όλη την έκταση της περιοχής μελέτης συγκριτικά με την περίοδο αναφοράς.





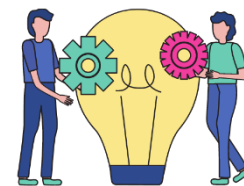
Επόμενα Βήματα



Η γεωργία δεν αποτελεί σήμερα αντικείμενο βέλτιστης διαχείρισης όσον αφορά την τρέχουσα φυσική κλιματική μεταβλητότητα, λόγω των πολιτικών που ακολουθούνται, αλλά και της τεχνολογίας και των πρακτικών που εφαρμόζονται. Μια πιο επικαιροποιημένη επιλογή πολιτικών, πρακτικών και τεχνολογιών αναμένεται να περιορίσει μακροπρόθεσμα την ευπάθεια της γεωργίας στην κλιματική αλλαγή.

Χρειάζεται να διαμορφωθεί μια στρατηγική προσέγγιση που θα προωθεί την έγκαιρη και αποτελεσματική λήψη μέτρων προσαρμογής, διασφαλίζοντας τη συνοχή μεταξύ των διαφόρων τομέων και επιπέδων διακυβέρνησης. Ενδεικτικά, η προσαρμογή της γεωργίας στην ξηρότητα περιλαμβάνει επιλογές όπως:

- Ανάπτυξη και αποδοχή νέων τεχνολογιών
- Προώθηση συμβουλευτικών υπηρεσιών στη γεωργία
- Βελτίωση διαχείρισης υδάτων
- Βελτίωση διαχείρισης αγρού
- Εναλλαγή στις ευκαιρίες απασχόλησης
- Θεσμική σχεδίαση και υλοποίηση
- Βελτίωση υποδομών και προσαρμοστικής ικανότητας



**Ολιστική
Προσέγγιση**

Ευχαριστώ πολύ!

