10.2021

διαΝΕΟσις

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ & ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Ενσωματώνοντας την κλιματική αλλαγή στον μετασχηματισμό του αναπτυξιακού μοντέλου της Ελλάδας

Κων/νος Καρτάλης
Χάρης Κοκκώσης, Κων/νος Φιλιππόπουλος, Αναστάσιος Πολύδωρος, Καλλιρόη Λάππα, Θάλεια Μαυράκου

Οκτώβριος 2021

VERSION 04.11.2021

Ομάδα έργου

Συντονιστής

Κωνσταντίνος Καρτάλης
Καθηγητής στον Τομέα Φυσικής Περιβάλλοντος του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Μέλη

Χάρης Κοκκώσης
Ομότιμος Καθηγητής στο Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Περιβάλλοντος και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Κων/νος Φιλιππόπουλος
Φυσικός, Ερευνητής στο Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Αναστάσιος Πολύδωρος
Φυσικός, Ερευνητής στο Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Καλλιρόη Λάππα
Ερευνήτρια στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Θάλεια Μαυράκου
Φυσικός, Ερευνήτρια στο Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Η ομάδα έργου ευχαριστεί τη διαΝΕΟσις για την ανάθεση της μελέτης και την άριστη συνεργασία που αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια της εκπόνησής της.

Περιεχόμενα

Ευρετήριο Σχημάτων **5**

Ευρετήριο Πινάκων **6**

Πίνακας Επεξήγησης Συντμήσεων **17**

Επιτελική Σύνοψη **18**

1 Κλιματικές προσομοιώσεις και μεθοδολογία ανάλυσης επιπτώσεων κλιματικής αλλαγής **21**

2 Προσαρμογή της ελληνικής γεωργίας και κτηνοτροφίας στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής **28**

2.1 Εισαγωγή 29

2.2 Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής και οι κίνδυνοι που προκύπτουν για τη γεωργία και την κτηνοτροφία 33

2.3 Κλιματικοί δείκτες για τη γεωργία και την κτηνοτροφία 36

2.3.1 Μέσες κλιματικές συνθήκες 37

2.3.2 Κλιματικοί δείκτες 64

2.4 Επίδραση κλιματικής αλλαγής σε επιλεγμένες γεωργικές και κτηνοτροφικές περιοχές 95

2.4.1 Μέσες κλιματικές συνθήκες 98

2.4.2 Ακραίες κλιματικές συνθήκες 102

2.5 Προσαρμογή της γεωργίας και κτηνοτροφίας στην κλιματική αλλαγή 107

3 Προσαρμογή του αστικού περιβάλλοντος στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής **121**

3.1 Εισαγωγή 122

3.2 Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής και οι κίνδυνοι που προκύπτουν για το αστικό περιβάλλον 123

3.3 Κλιματικοί δείκτες για το αστικό περιβάλλον 125

3.4 Επίδραση κλιματικής αλλαγής σε επιλεγμένες πόλεις 174

3.5 Προτάσεις για έξυπνες αστικές παρεμβάσεις για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στις πόλεις 181

4 Προσαρμογή του τουρισμού στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής 193

4.1 Εισαγωγή ... 194

4.2 Επίδραση της κλιματικής αλλαγής και οι κίνδυνοι που προκύπτουν για τον τομέα του τουρισμού ... 197

4.3 Κλιματικοί δείκτες που επηρεάζουν τον τομέα του τουρισμού ... 199

4.4 Ακραίες κλιματικές συνθήκες ... 210

4.5 Εξεταζόμενες παράκτιες τουριστικές περιοχές ... 234

4.6 Τουριστικές περιοχές ελέγχου και δείκτες κλιματικής αλλαγής ... 238

4.7 Αναπτυγμένες τουριστικές περιοχές και δείκτες κλιματικής αλλαγής ... 242

4.8 Αναπτυσσόμενες τουριστικές περιοχές και δείκτες κλιματικής αλλαγής ... 243

4.9 Άξονες δράσεων προσαρμογής του τουρισμού στην κλιματική αλλαγή ... 244

4.10 Μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή των περιοχών ελέγχου του τουρισμού ... 245

5 Ενέργεια και μεταφορές ... 251

5.1 Υφιστάμενη κατάσταση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα ... 252

5.1.1 Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και διοξειδίου του άνθρακα ... 254

5.1.2 Εκπομπές μεθανίου και υποξειδίου του αζώτου ... 261

5.1.3 Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα ... 266

5.2 Ο τομέας της ενέργειας στην Ελλάδα ... 281

5.3 Ενεργειακό μείγμα και ηλεκτρική ενέργεια ... 285

5.3.1 Ηλεκτρική ενέργεια ... 287

5.4 Η δυναμική των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) ... 291

5.4.1 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ... 291

5.4.2 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ ... 293

5.4.3 Παραγωγή ΑΠΕ ανά πηγή ... 295

5.5 Ενεργειακή αποδοτικότητα ... 299

5.6 Συνοπτική αποτύπωση μεγεθών αναφορικά με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην Ελλάδα ... 302

6 Περιπτώσεις μελέτης ... 303

7 Προτάσεις ... 320

Γλωσσάρι ... 328

Βιβλιογραφικές αναφορές ... 330

Ευρετήριο Σχημάτων

Σχήμα 1. Περιοχή ολοκλήρωσης για τη βάση κλιματικών προσομοιώσεων EURO-CORDEX 22

Σχήμα 2. Μεταβολή της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου έως το 2100 για τα σενάρια RCP 23

Σχήμα 3. Διαδικασία διόρθωσης μεροληψίας (bias correction) 27

Σχήμα 4α. Εξέλιξη της συμμετοχής του πρωτογενή τομέα στο ΑΕΠ στην Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή Ένωση 29

Σχήμα 4β. Εξέλιξη της συμμετοχής της γεωργίας στην απασχόληση στην Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή Ένωση 30

Σχήμα 5. Εξέλιξη των δεικτών γεωργικής και κτηνοτροφικής παραγωγής για την Ελλάδα 32

Σχήμα 6. Δείκτης ευαισθησίας στην κλιματική αλλαγή για 26 περιοχές της Γης βάσει προβλέψεων από 20 μοντέλα γενικής κυκλοφορίας και για τα τρία σενάρια εκπομπών 33

Σχήμα 7. Χωρική κατανομή της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 37

Σχήμα 8. Μεταβολές της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000 38

Σχήμα 9. Διαφορές της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας μεταξύ των υποπεριόδων 2046-2065 και 2026-2045 για τα σενάρια RCP 4.5 και RCP 8.5 41

Σχήμα 10. Μεταβολές της μέσης θερμοκρασίας κατά τους θερινούς μήνες για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ της περιόδου 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000 42

Σχήμα 11. Μεταβολές της θερμοκρασίας κατά τη χειμερινή περίοδο για τα σενάρια RCP 4.5 και 8.5 για τη μελλοντική περίοδο 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000 44

Σχήμα 12. Γεωγραφική κατανομή του ύψους βροχής στον ελλαδικό χώρο κατά την περίοδο αναφοράς (1971-2000) 46

Σχήμα 13. Ποσοστιαίες μεταβολές της ετήσιας βροχόπτωσης για τα σενάρια RCP 4.5 και 8.5 για τις μελλοντικές περιόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000 47

Σχήμα 14. Ποσοστιαίες μεταβολές της βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια των χειμερινών και των καλοκαιρινών μηνών για τα σενάρια RCP 4.5 και 8.5 και για τη μελλοντική περίοδο 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000 49

Σχήμα 15. Χωρική κατανομή της εδαφικής υγρασίας στην Ελλάδα κατά την περίοδο αναφοράς 1971-2000 51

Σχήμα 16. Μεταβολή της ετήσιας εδαφικής υγρασίας για το σενάριο RCP 8.5 για τη μελλοντική περίοδο 2026-2045 σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και διαφορά της εδαφικής υγρασίας για το RCP 8.5 μεταξύ των δύο μελλοντικών υποπεριόδων 52

Σχήμα 17. Εποχιακή κύμανση της εδαφικής υγρασίας για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 53

Σχήμα 18. Μεταβολές της εδαφικής υγρασίας ανά εποχή για τη μεσοπρόθεσμη περίοδο 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς για τα σενάρια RCP 4.5 και 8.5 54

Σχήμα 19. Μεταβολή των βαθμοημερών ανάπτυξης για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000 56

Σχήμα 20. Μεταβολή της βλαστικής περιόδου για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000 60

Σχήμα 21. Μεταβολή του αριθμού των ημερών παγετού για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000 64

Σχήμα 22. Μεταβολή του αριθμού των ημερών ολικού παγετού για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000 68

Σχήμα 23. Μεταβολή των ημερών ψυχρών επεισοδίων για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000 72

Σχήμα 24. Μεταβολή των εξαιρετικά θερμών ημερών για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000 76

Σχήμα 25. Μεταβολή του αριθμού των συνεχόμενων υγρών ημερών για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000 80

Σχήμα 26. Μεταβολή του αριθμού των ημερών υψηλής βροχόπτωσης για τα σενάρια RCP 2.6 και RCP 4.5 μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000 84

Σχήμα 27. Μεταβολή του αριθμού του δείκτη τυποποιημένης βροχόπτωσης για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000 88

Σχήμα 28. Μεταβολή του αριθμού του δείκτη τυποποιημένης βροχόπτωσης-εξατμισοδιαπνοής για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000 91

Σχήμα 29. Δημοφιλέστερες κατηγορίες καλλιεργειών πανελλαδικώς 95

Σχήμα 30α. Χρησιμοποιούμενη γεωργική έκταση ανά Περιφέρεια 96

Σχήμα 30β. Χρησιμοποιούμενη γεωργική έκταση ανά Περιφερειακή Ενότητα 96

Σχήμα 31. Επιλεγμένες Περιφερειακές Ενότητες (πράσινο χρώμα) για τη μελέτη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία και στην κτηνοτροφία 97

Σχήμα 32α. Μεταβολές της ετήσιας θερμοκρασίας ανά Περιφερειακή Ενότητα για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000 99

Σχήμα 32β. Μεταβολές της μέσης θερμοκρασίας κατά το καλοκαίρι ανά Περιφερειακή Ενότητα για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000 99

Σχήμα 33. Μεταβολή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης για το σενάριο RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000 100

Σχήμα 34. Μεταβολές της ετήσιας εδαφικής υγρασίας ανά Περιφερειακή Ενότητα για το δυσμενές σενάριο RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000 101

Σχήμα 35. Ποσοστιαίες μεταβολές των βαθμοημερών ανάπτυξης ανά Περιφερειακή Ενότητα για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000 102

Σχήμα 36α. Μεταβολές των ημερών παγετού ανά Περιφερειακή Ενότητα για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000 103

Σχήμα 36β. Μεταβολές των ημερών ψυχρών επεισοδίων ανά Περιφερειακή Ενότητα για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000 104

Σχήμα 37α. Μεταβολή του δείκτη των συνεχόμενων ημερών βροχόπτωσης σε ποσοστό για το σενάριο RCP 4.5 για τις για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000..... 104

Σχήμα 37β. Μεταβολή των ημερών ανά έτος με ημερήσια βροχόπτωση άνω των 20mm για το σενάριο RCP 4.5 για τις για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000..... 104

Σχήμα 38. Μεταβολές του δείκτη βροχόπτωσης-εξατμισοδιαπνοής ανά ΠΕ για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000..... 105

Σχήμα 39. Πλαίσιο μέτρων προσαρμογής..... 108

Σχήμα 40α. Σύγκριση της τρωτότητας των επιλεγμένων γεωργικών και κτηνοτροφικών περιοχών ως προς την κλιματική αλλαγή για το σενάριο RCP 2.6 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 .. 112

Σχήμα 40β. Σύγκριση της τρωτότητας των επιλεγμένων γεωργικών και κτηνοτροφικών περιοχών ως προς την κλιματική αλλαγή για το σενάριο RCP 4.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 .. 113

Σχήμα 40γ. Σύγκριση της τρωτότητας των επιλεγμένων γεωργικών και κτηνοτροφικών περιοχών ως προς την κλιματική αλλαγή για το σενάριο RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065.... 114

Σχήμα 41. Ποσοστά των κυριότερων καλλιεργειών ανά ΠΕ..... 115

Σχήμα 42. Μεταβολές της μέσης θερμοκρασίας κατά τους θερινούς μήνες για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ της περιόδου 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000..... 126

Σχήμα 43. Μεταβολή της βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια του χειμώνα και των μεταβατικών εποχών για τα σενάρια RCP 4.5 και 8.5 και για τη μελλοντική περίοδο 2026-2045 σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000..... 129

Σχήμα 44. Χωρική κατανομή της μέσης ετήσιας σχετικής υγρασίας κατά την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και για τη μεσοπρόθεσμη περίοδο 2046-2065 για το σενάριο RCP 8.5..... 134

Σχήμα 45. Μεταβολή της μέσης ετήσιας σχετικής υγρασίας και μέσης σχετικής υγρασίας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού για το σενάριο RCP 8.5 και τις μελλοντικές περιόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000..... 135

Σχήμα 46. Μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης μεταξύ των περιόδων 2026-2045 και 2046-2065 και της περιόδου 1971-2000 για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5 σε ποσοστά..... 139

Σχήμα 47. Μεταβολή των βαθμοημερών θέρμανσης μεταξύ των περιόδων 2026-2045 και 2046-2065 και της περιόδου 1971-2000 για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5 σε ποσοστά..... 143

Σχήμα 48. Μεταβολή του ετήσιου αριθμού ψυχρών επεισοδίων μεταξύ των περιόδων 2026-2045 και 2046-2065 και της περιόδου 1971-2000 για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5. 147

Σχήμα 49. Μεταβολή της διάρκειας των ψυχρών επεισοδίων μεταξύ των περιόδων 2026-2045 και 2046-2065 και της περιόδου 1971-2000 για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5 151

Σχήμα 50. Μεταβολή του ετήσιου αριθμού θερμών επεισοδίων μεταξύ των περιόδων 2026-2045 και 2046-2065 και της περιόδου 1971-2000 για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5 155

Σχήμα 51. Μεταβολή των πολύ θερμών ημερών μεταξύ των περιόδων 2026-2045 και 2046-2065 και της περιόδου 1971-2000 για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5..... 159

Σχήμα 52. Μεταβολή των εξαιρετικά θερμών ημερών μεταξύ των περιόδων 2026-2045 και 2046-2065 και της περιόδου 1971-2000 για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5..... 162

Σχήμα 53. Μεταβολή των τροπικών νυχτών μεταξύ των περιόδων 2026-2045 και 2046-2065 και της περιόδου 1971-2000 για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5..... 166

Σχήμα 54. Μεταβολή των γεγονότων με τρεις συνεχόμενες θερμές ημέρες και νύχτες μεταξύ των περιόδων 2026-2045 και 2046-2065 και της περιόδου 1971-2000 για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5..... 170

Σχήμα 55. Επιλεγμένες αστικές περιοχές..... 174

Σχήμα 56α. Μεταβολές της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας ανά πόλη για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000..... 175

Σχήμα 56β. Μεταβολές της μέσης θερμοκρασίας κατά το καλοκαίρι ανά πόλη για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000 176

Σχήμα 57. Μεταβολές της μέσης ταχύτητας του ανέμου κατά το καλοκαίρι στην Αθήνα, στην Καλαμάτα και στο Ηράκλειο για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000 177

Σχήμα 58α. Μεταβολές των βαθμοημερών ψύξης ανά πόλη για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000 178

Σχήμα 58β. Μεταβολές των βαθμοημερών θέρμανσης ανά πόλη για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065, σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000..... 178

Σχήμα 59. Μεταβολές του αριθμού ψυχρών επεισοδίων ανά πόλη για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000..... 179

Σχήμα 60. Μεταβολές του αριθμού θερμών επεισοδίων ανά πόλη για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000 180

Σχήμα 61. Μεταβολές του αριθμού των γεγονότων με τρεις συνεχόμενες θερμές ημέρες και νύχτες ανά πόλη για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000 180

Σχήμα 62. Κατανομή του ευρύτερου πολεοδομικού συγκροτήματος της Αθήνας σε Αστικές Κλιματικές Ζώνες 181

Σχήμα 63. Συσχέτιση του δείκτη Αστικής Θερμικής Έκθεσης με το οικογενειακό εισόδημα νοικοκυριών στο ευρύτερο πολεοδομικό συγκρότημα της Αθήνας 182

Σχήμα 64. Κατανομή του δείκτη Αστικής Θερμικής Έκθεσης για το ευρύτερο πολεοδομικό συγκρότημα της Αθήνας για το έτος 2019 (από το μηδέν προς το 10 εντείνεται η θερμική έκθεση) 183

Σχήμα 65. Συμβολή των πράσινων οροφών στη μείωση της θερμοκρασίας αέρα και επιφάνειας 184

Σχήμα 66. Συσχέτιση της δροσιστικής επίδρασης ενός πάρκου σε ό,τι αφορά στη θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους (κάθετος άξονας, σε βαθμούς Κελσίου) με την έκταση πάρκων με εμβαδόν μέχρι 16 εκτάρια 185

Σχήμα 67. Συσχέτιση της δροσιστικής επίδρασης ενός πάρκου σε ό,τι αφορά στη θερμοκρασία επιφάνειας (κάθετος άξονας, σε βαθμούς Κελσίου) συμπεριλαμβανομένων και πάρκων με έκταση άνω των 16 εκταρίων 186

Σχήμα 68. Η αρχική θερμοκρασιακή κατανομή στο σχολείο (15:00) για μια τυπική ημερομηνία του Ιουνίου 187

Σχήμα 69. Η νέα (προσομοιωμένη) κατανομή μετά την εφαρμογή των παρεμβάσεων στη σχολική αυλή και το σχολικό κτήριο 187

Σχήμα 70. Περιοχές (με κίτρινο χρώμα) στις οποίες μειώνεται η θερμοκρασία του αέρα κατά περίπου 1-3 °C λόγω της μετατροπής των σχολικών αυλών σε μικρά πάρκα 188

Σχήμα 71. Χρωματική αποτύπωση της αστικής μορφολογίας, ειδικότερα σε ό,τι αφορά στον λόγο του ύψους κτηρίων προς το πλάτος του δρόμου (aspect ratio) 189

Σχήμα 72. Αποτύπωση δρόμων με ικανοποιητικό και προβληματικό λόγο ύψους κτηρίων προς πλάτος δρόμου (με πράσινο και κόκκινο χρώμα αντίστοιχα) 190

Σχήμα 73. Διαμόρφωση super blocks στη Βαρκελώνη για την αύξηση των πράσινων χώρων και την απομάκρυνση πηγών θερμότητας (κυκλοφορία οχημάτων) 191

Σχήμα 74. Λεπτομερής απεικόνιση των super blocks 191

Σχήμα 75. Ετήσιος αριθμός διεθνών αφίξεων 194

Σχήμα 76. Ποσοστό συμμετοχής του τουρισμού στις εξαγωγές 195

Σχήμα 77. Μεταβολή της θερμοκρασίας των καλοκαιρινών μηνών για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000 200

Σχήμα 78. Μεταβολή της ετήσιας βροχόπτωσης για την περίοδο 2026-2045 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς (1971-2000) για τα τρία σενάρια εκπομπών 204

Σχήμα 79. Ποσοστιαία μεταβολή της ετήσιας βροχόπτωσης για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000 206

Σχήμα 80. Μεταβολή του αριθμού των θερμών ημερών για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000 210

Σχήμα 81. Μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000 214

Σχήμα 82. Ποσοστιαία μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000 218

Σχήμα 83. Μεταβολή του αριθμού των τροπικών νυχτών για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000 222

Σχήμα 84. Μεταβολή του αριθμού των καυσωνικών επεισοδίων για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000 226

Σχήμα 85. Μεταβολή του αριθμού των γεγονότων με τρεις συνεχόμενες θερμές ημέρες και νύχτες για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000 230

Σχήμα 86. Περιοχές ελέγχου τουρισμού 236

Σχήμα 87. Αναπτυγμένες τουριστικές περιοχές 237

Σχήμα 88. Αναπτυσσόμενες τουριστικές περιοχές 237

Σχήμα 89. Μεταβολή θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5 για τις περιόδους 2026-2045 και 2046-2065 για τις περιοχές ελέγχου 239

Σχήμα 90. Μεταβολή ετήσιας βροχόπτωσης για το σενάριο RCP 8.5 για τις περιόδους 2026-2045 και 2046-2065 για τις περιοχές ελέγχου 239

Σχήμα 91. Μεταβολή βαθμοημερών ψύξης για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5 για τις περιόδους 2026-2045 και 2046-2065 για τις περιοχές ελέγχου 239

Σχήμα 92. Μεταβολή θερμών ημερών για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5 για τις περιόδους 2026-2045 και 2046-2065 για τις περιοχές ελέγχου 240

Σχήμα 93. Μεταβολή τροπικών νυχτών για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5 για τις περιόδους 2026-2045 και 2046-2065 για τις περιοχές ελέγχου 240

Σχήμα 94. Μεταβολή αριθμού καυσωνικών επεισοδίων για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5 για τις περιόδους 2026-2045 και 2046-2065 για τις περιοχές ελέγχου 240

Σχήμα 95. Μεταβολή γεγονότων τριών συνεχόμενων θερμών ημερών και νυχτών για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5 για τις περιόδους 2026-2045 και 2046-2065, για τις περιοχές ελέγχου 241

Σχήμα 96. Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά αέριο του θερμοκηπίου 252

Σχήμα 97. Πηγές αερίων του θερμοκηπίου για την Ελλάδα 253

Σχήμα 98. Εξέλιξη της τιμής δικαιωμάτων εκπομπών CO_2 254

Σχήμα 99. Διαχρονική εξέλιξη συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου . 255

Σχήμα 100. Ετήσια μεταβολή συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου 256

Σχήμα 101. Ποσοστιαία μεταβολή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με το 1990 256

Σχήμα 102. Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά κάτοικο 257

Σχήμα 103. Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά κάτοικο σε σχέση με το 1990 257

Σχήμα 104. Διαχρονική εξέλιξη εκπομπών CO_2 ανά κάτοικο 258

Σχήμα 105. Συνολικές αθροιστικές εκπομπές CO_2 258

Σχήμα 106. Ποσοστό συμμετοχής της Ελλάδας στις παγκόσμιες εκπομπές CO_2 ανά έτος 259

Σχήμα 107. Ετήσια μεταβολή εκπομπών CO_2 259

Σχήμα 108. Μεταβολή εκπομπών CO_2 σε σύγκριση με το 1990 στην Ελλάδα, την Ευρώπη και σε παγκόσμιο επίπεδο 260

Σχήμα 109. Μεταβολή εκπομπών CO_2 ανά κάτοικο στην Ελλάδα, την Ευρώπη και σε παγκόσμιο επίπεδο 260

Σχήμα 110. Μεταβολή εκπομπών CO_2 ανά κάτοικο σε σχέση με το 1990 στην Ελλάδα, την Ευρώπη και σε παγκόσμιο επίπεδο 261

Σχήμα 111. Διαχρονική εξέλιξη των ποσοστών συμμετοχής στις εκπομπές CO_2 ανά καύσιμο και κύριες βιομηχανίες 261
Σχήμα 112. Διαχρονική εξέλιξη εκπομπών μεθανίου 262
Σχήμα 113. Ετήσια μεταβολή εκπομπών μεθανίου 262
Σχήμα 114. Μεταβολή εκπομπών μεθανίου σε σύγκριση με το 1990 263
Σχήμα 115. Εκπομπές μεθανίου ανά κάτοικο 263
Σχήμα 116. Μεταβολή μεθανίου ανά κάτοικο σε σχέση με το 1990 264
Σχήμα 117. Διαχρονική εξέλιξη υποξειδίου του αζώτου 264
Σχήμα 118. Ετήσια μεταβολή υποξειδίου του αζώτου 265
Σχήμα 119. Μεταβολή εκπομπών υποξειδίου του αζώτου σε σύγκριση με το 1990 265
Σχήμα 120. Εκπομπές υποξειδίου του αζώτου ανά κάτοικο 266
Σχήμα 121. Μεταβολή υποξειδίου του αζώτου ανά κάτοικο σε σχέση με το 1990 266
Σχήμα 122. Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα 267
Σχήμα 123. Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα και ανά κάτοικο 267
Σχήμα 124. Εκπομπές CO_2 ανά τομέα και ανά κάτοικο 268
Σχήμα 125. Εκπομπές CH_4 ανά τομέα και ανά κάτοικο 268
Σχήμα 126. Εκπομπές N_2O ανά τομέα και ανά κάτοικο 269
Σχήμα 127. Εξέλιξη εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θέρμανσης, από τη γεωργία, στα κτήρια και στις μεταφορές ανά κάτοικο 269
Σχήμα 128. Εξέλιξη εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θέρμανσης στα κτήρια και στις μεταφορές ανά κάτοικο 270
Σχήμα 129. Εξέλιξη εκπομπών μεθανίου από τη γεωργία ανά κάτοικο 270
Σχήμα 130. Εξέλιξη εκπομπών υποξειδίου του αζώτου από τη γεωργία ανά κάτοικο 271
Σχήμα 131. Εξάρτηση εκπομπών CO_2 με τον πληθυσμό και το ΑΕΠ 272
Σχήμα 132. Ενεργειακή ένταση για την Ελλάδα και παγκόσμια 272
Σχήμα 133. Ένταση άνθρακα για την Ελλάδα, την Ευρώπη και παγκόσμια 273
Σχήμα 134. Εκπομπές CO_2 από μονάδες παραγωγής ενέργειας και μεταφορές 274
Σχήμα 135. Εκπομπές CH_4 από μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και μεταφορές 274
Σχήμα 136. Εκπομπές CO_2 και CH_4 για θέρμανση σε κατοικίες 275

Σχήμα 137. Εκπομπές CO_2 για θέρμανση σε εμπορικά κτήρια και οργανισμούς.... 275
Σχήμα 138. Εκπομπές CO_2 και CH_4 από τον τομέα των μεταφορών 276
Σχήμα 139. Εκπομπές CO_2 και CH_4 από οδικές μεταφορές..... 276
Σχήμα 140. Εκπομπές CO_2 στον τομέα της εγχώριας ναυσιπλοΐας..... 277
Σχήμα 141. Εκπομπές CO_2 στον τομέα των εγχώριων αερομεταφορών..... 278
Σχήμα 142. Εκπομπές CO_2 στον τομέα των σιδηροδρομικών μεταφορών..... 278
Σχήμα 143. Εκπομπές CO_2eq στον τομέα των διεθνών αερομεταφορών 279
Σχήμα 144. Εκπομπές CO_2eq στον τομέα της διεθνούς ναυσιπλοΐας..... 279
Σχήμα 145. Ημερήσια μεταβολή των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε εκατ. tCO_2 μεταξύ 2019 και 2020 ανά τομέα 280
Σχήμα 146. Συνολική κατανάλωση ενέργειας..... 281
Σχήμα 147. Ετήσια μεταβολή κατανάλωσης ενέργειας..... 282
Σχήμα 148. Ετήσια μεταβολή κατανάλωσης ενέργειας ανά κάτοικο στην Ελλάδα, στην Ευρώπη και σε παγκόσμιο επίπεδο 282
Σχήμα 149. Πρόγραμμα διασυνδέσεων για τα έτη 2024 και 2030..... 283
Σχήμα 150. Εθνικοί ενεργειακοί και περιβαλλοντικοί στόχοι για την περίοδο 2021-2030, στο πλαίσιο των ευρωπαϊκών πολιτικών..... 284
Σχήμα 151. Συνολική κατανάλωση ανά πηγή ενέργειας..... 286
Σχήμα 152. Ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας ανά πηγή 286
Σχήμα 153. Μεταβολή της κατανάλωσης ενέργειας από ορυκτά καύσιμα και ανανεώσιμες πηγές ανά έτος 287
Σχήμα 154. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας..... 288
Σχήμα 155. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κάτοικο στην Ελλάδα, στην Ευρώπη και σε παγκόσμιο επίπεδο 288
Σχήμα 156. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανά πηγή ενέργειας..... 289
Σχήμα 157. Ένταση άνθρακα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας..... 290
Σχήμα 158. Ετήσιο ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές 291
Σχήμα 159. Ετήσια μεταβολή παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές..... 292
Σχήμα 160. Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.... 293
Σχήμα 161. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (KWh) παραγόμενης από ανανεώσιμες πηγές ανά κάτοικο (έτος 2019)..... 294
Σχήμα 162. Σύγκριση εκπομπών CO_2 (σε τόνους) ανά κάτοικο και ποσοστού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές..... 295
Σχήμα 163. Διαχρονική εξέλιξη παραγωγής αιολικής ενέργειας..... 296

Σχήμα 164. Ετήσια μεταβολή παραγωγής αιολικής ενέργειας 296
Σχήμα 165. Παραγωγή ηλιακής ενέργειας 297
Σχήμα 166. Ετήσια μεταβολή παραγωγής ηλιακής ενέργειας 297
Σχήμα 167. Εξέλιξη παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας 298
Σχήμα 168. Ετήσια μεταβολή παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας 298
Σχήμα 169. Συνολικό ποσοστό βελτίωσης ενεργειακής αποδοτικότητας 300
Σχήμα 170. Διαχρονική εξέλιξη της βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας ανά τομέα (μεταφορές, κτήρια, βιομηχανία και υπηρεσίες) 300
Σχήμα 171. Κατανάλωση ενέργειας/m^2 για θέρμανση, για σταθερές κλιματικές συνθήκες 301
Σχήμα 172. Μέση κατανάλωση καυσίμου σε οχήματα 301
Σχήμα 173. Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 στην Ελλάδα 305
Σχήμα 174. Μέση ετήσια μηνιαία ταχύτητα του ανέμου στα 10m για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και για τη μεσοπρόθεσμη περίοδο 2046-2065, για τα σενάρια RCP 2.6, RCP4.5 και RCP 8.5 307
Σχήμα 175. Μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης για την περίοδο 2026-2045 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς (1971-2000) για τα τρία σενάρια εκπομπών 309
Σχήμα 176. Μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης για την περίοδο 2046-2065 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς (1971-2000) για τα τρία σενάρια εκπομπών 311
Σχήμα 177. Μέγιστη θερμοκρασία που αναμένεται να ξεπεραστεί τουλάχιστον μία φορά για τα επόμενα 5, 10 και 25 έτη 315
Σχήμα 178. Διαγράμματα επιπέδου επανεμφάνισης ακραίων τιμών θερμοκρασίας 316
Σχήμα 179. Τρέχων (προσεγγιστικά) και μελλοντικά απαιτούμενος μέσος όρος εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ανά κάτοικο και ανά έτος 317

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1. Μοντέλα γενικής κυκλοφορίας και περιοχικά μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την ανάλυση και τον υπολογισμό των ensembles 26

Πίνακας 2. Κλιματικές παράμετροι και δείκτες για την περιγραφή των μέσων και ακραίων κλιματικών συνθηκών 36

Πίνακας 3. Δημοφιλέστερες κατηγορίες εκτροφής πανελλαδικώς 96

Πίνακας 4. Δημοφιλέστερες καλλιέργειες ανά επιλεγμένη Περιφερειακή Ενότητα 98

Πίνακας 5. Δημοφιλέστερες κατηγορίες εκτροφής ανά επιλεγμένη Περιφερειακή Ενότητα (ΠΕ) 98

Πίνακας 6. Κλιματικές παράμετροι και δείκτες για την περιγραφή των μέσων και ακραίων κλιματικών συνθηκών στο αστικό περιβάλλον 125

Πίνακας 7. Φυσικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον τουρισμό 198

Πίνακας 8. Οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον τουρισμό 198

Πίνακας 9. Δείκτες της κλιματικής αλλαγής που επηρεάζουν τον τουρισμό 199

Πίνακας 10. Κατηγοριοποίηση παράκτιων τουριστικών περιοχών σε περιοχές ελέγχου, αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες περιοχές 234

Πίνακας 11. Εκτιμήσεις κόστους ανάπτυξης (ευρώ/kW) ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ και μεταβολή σε σχέση με το κόστος το 2020 292

Πίνακας 12. Εγκατεστημένη ισχύς αιολικών και ηλιακών πάρκων στην Ελλάδα σε GW 295

Πίνακας 13. Συνοπτική αποτύπωση μεγεθών για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην Ελλάδα 302

Πίνακας 14. Εκπομπές ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα (σε μετρικούς τόνους) για διάφορα μέσα μεταφοράς για τη διαδρομή Αθήνα-Θεσσαλονίκη-Αθήνα 318

Πίνακας 15. Εκπομπές ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα για ένα αρχικό και ένα τελικό σενάριο 319

Πίνακας Επεξήγησης Συντμήσεων

Ελληνικοί όροι

ΑΔΜΗΕ	Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενεργείας
ΑΕΠ	Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν
ΑΘΝ	Αστική Θερμική Νησίδα
ΑΠΑ	Ακαθαριστη Προστιθέμενη Αξία
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΑτΘ	Αέρια του Θερμοκηπίου
ΔΕΗ	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΚ	Ευρωπαϊκή Κοινότητα
ΕΛΣΤΑΤ	Ελληνική Στατιστική Αρχή
ΕΣΧΑΣΕ	Ειδικά Σχέδια Χωρικής Ανάπτυξης Στρατηγικών Επενδύσεων
ΙΧ	Ιδιωτικής Χρήσης
ΟΟΣΑ	Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης
ΠΕ	Περιφερειακή Ενότητα
ΥΠΕΝ	Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας

Ξενόγλωσσοι όροι

GPS	Global Positioning System
IoT	Internet of Things
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
RCM	Regional Circulation Models
RCP	Representative Concentration Pathways
SPEI	Standardized Precipitation – Evapotranspiration Index
SPI	Standardized Precipitation Index
UNWTO	United Nations' World Tourism Organization
WMO	World Meteorological Organization

Επιτελική Σύνοψη

Η πρόσφατη έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή των Ηνωμένων Εθνών (2021) αποτυπώνει με τον πλέον κατηγορηματικό τρόπο, χωρίς δηλαδή αστερίσκους και επιφυλάξεις, την ανθρώπινη συμβολή στην κλιματική αλλαγή. Αναφέρει επίσης κλιματικές παραμέτρους που βρίσκονται κοντά στα σημεία καμπής (tipping points), δηλαδή στα όρια των οποίων η υπέρβαση θα σηματοδοτήσει εντονότερη αστάθεια στο κλιματικό σύστημα αλλά και αδυναμία επιστροφής σε προηγούμενα επίπεδα. Ένα νέο κλίμα διαμορφώνεται σε παγκόσμια κλίμακα, διαφορετικό από το σημερινό ή αυτό των προηγούμενων δεκαετιών, περισσότερο ασταθές και με εντονότερες επιπτώσεις για τη φύση, τους παραγωγικούς τομείς, τις οικονομίες και εντέλει τις κοινωνίες. Η κλιματική αλλαγή είναι πλέον μία κρίση, που εξελίσσεται μεν με αργό ρυθμό, αν και ταχύτερα από ό,τι είχε αρχικά εκτιμηθεί, πλην όμως είναι συνεχής και σταδιακά επιδεινώνεται.

Το 2017, η διαΝΕΟσις δημοσίευσε, σε συνεργασία με διεπιστημονική ομάδα υπό τον συντονισμό του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, την έκθεση «Οι Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στην Ανάπτυξη». Στην έκθεση παρουσιάζονταν οι εκτιμήσεις για τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα (σε επίπεδο περιφερειών) για μελλοντικές δεκαετίες και στη βάση σεναρίων των Ηνωμένων Εθνών για τις εκπομπές των αερίων θερμοκηπίου (SRES). Η μελέτη αναδείκνυε με σαφήνεια τις επιπτώσεις σε παραγωγικούς τομείς της χώρας αλλά και στο φυσικό περιβάλλον και υποδείκνυε την ανάγκη (α) έγκαιρης προληπτικής δράσης στο επίπεδο της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή και (β) λήψης μέτρων για τον μετασχηματισμό της ελληνικής οικονομίας με στόχο τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

Τέσσερα έτη μετά, η νέα μελέτη της διαΝΕΟσις σε συνεργασία με το Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, επικαιροποιεί τις εκτιμήσεις για τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα, σε καλύτερη χωρική ανάλυση και με τη χρήση των νεότερων σεναρίων των Ηνωμένων Εθνών για τις εκπομπές των αερίων θερμοκηπίου (RCP).

Η μελέτη με τίτλο «Ενσωματώνοντας την Κλιματική Αλλαγή στον Μετασχηματισμό του Αναπτυξιακού Μοντέλου της Ελλάδος» επιχειρεί να αναδείξει

νέες ανάγκες αλλά και νέες προτεραιότητες όπως διαμορφώνονται λόγω της κλιματικής αλλαγής και των επιπτώσεών της. Οι ανάγκες και οι προτεραιότητες αυτές διασταυρώνονται με κρίσιμους οικονομικούς και κοινωνικούς τομείς, επηρεάζοντας κατά συνέπεια άμεσα το αναπτυξιακό μοντέλο της Ελλάδος. Παράλληλα επιβάλλουν ένα νέο μοντέλο σχεδιασμού που θα αναπτύσσεται μεν σε βάθος τριακονταετίας, όπως άλλωστε απαιτείται προς αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, αλλά και θα απαντά σε πιέσεις που ήδη καταγράφονται. Μαγική λύση ή λύσεις που θα επέτρεπαν τον, σε σύντομο χρόνο ή/και χωρίς συστηματική προσπάθεια, μετασχηματισμό δεν υπάρχουν. Όσο νωρίτερα εντοπιστούν και δρομολογηθούν οι αναγκαίες παρεμβάσεις, τόσο ηπιότερες θα είναι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και τόσο ισχυρότερες οι αντοχές της κοινωνίας και της εθνικής οικονομίας.

Τα αποτελέσματα της μελέτης αποτυπώνουν με ολοκληρωμένο τρόπο και με υψηλή (για κλιματικές μελέτες) χωρική λεπτομέρεια τις εκτιμήσεις πλήθους κλιματικών παραμέτρων για τις περιόδους 2026-2045 και 2046-2065 και αναδεικνύουν τις πιέσεις που διαμορφώνονται στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον. Στη συντριπτική πλειοψηφία των κλιματικών παραμέτρων και γεωγραφικών περιοχών που εξετάζονται, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα είναι αρνητικές, αν και δεν είναι πάντα της ίδιας έντασης και δεν αποτυπώνονται ισότιμα σε όλες τις παραμέτρους ή σε όλες τις περιοχές της χώρας. **Όμως ο οριζόντιος άξονας που συνδέει όλες τις εκτιμήσεις είναι ανησυχητικός: η χώρα αποκτά σταδιακά θερμότερο και ξηρότερο κλίμα, με ακραία καιρικά φαινόμενα που θα είναι εντονότερα, συχνότερα και με μεγαλύτερη διάρκεια.**

Η εξέλιξη αυτή δεν αφορά μόνο την Ελλάδα και θα ήταν λάθος να αποδοθεί στη χώρα και μόνο. Στην πραγματικότητα αποτελεί κοινό τόπο για τις χώρες της Μεσογείου, στην οποία πρόσφατες επιστημονικές μελέτες αποδίδουν τον τίτλο του «κλιματικού hot spot», δηλαδή μίας περιοχής που θα δεχθεί εντονότερα τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, ακόμα και αν για την πρόκληση των επιπτώσεων αυτών ευθύνονται κυρίως χώρες που βρίσκονται χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά της (Κίνα, ΗΠΑ, Ρωσία, Ινδία, Βραζιλία).

Παράλληλα η μελέτη συνδέει τις επιπτώσεις με συγκεκριμένους θεματικούς τομείς, είτε στην κατεύθυνση της προσαρμογής (γεωργία-κτηνοτροφία, τουρισμός, πόλεις) ή σε αυτή του μετριασμού (μεταφορές και ενέργεια). Για να το κάνει αυτό, ακτινογραφεί σε βάθος τις χωροχρονικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, χωρίς όμως να περιορίζεται σε τυπικές κλιματικές παραμέτρους αλλά αξιοποιώντας και σύνθετους κλιματικούς δείκτες που αναδεικνύουν τη συνδυαστική ισχύ επιμέρους επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.

Η μελέτη επιχειρεί επίσης να αναδείξει ότι υπάρχουν λύσεις που θα επιτρέψουν να αντιμετωπίσουμε τις επιπτώσεις αποτελεσματικότερα και με

χαμηλότερο κόστος, αρκεί πάντα ο σχεδιασμός να είναι ολοκληρωμένος, έγκαιρος και με συνέχεια στον χρόνο, δηλαδή στις δύο ή και τρεις δεκαετίες που ακολουθούν. Και αν ένα τέτοιο στοίχημα μοιάζει δύσκολο για κάθε χώρα, ίσως για την Ελλάδα να είναι ακόμη δυσκολότερο καθώς η παράδοση μάλλον παραπέμπει σε σχεδιασμούς που προτάσσουν βραχυπρόθεσμα αποτελέσματα και δρομολογούνται όταν το πρόβλημα έχει ήδη προλάβει να εξελιχθεί.

Ο μεσοπρόθεσμος και μακροπρόθεσμος σχεδιασμός για την αντιμετώπιση της κλιματικής κρίσης είναι η νέα πραγματικότητα, ανεξάρτητα αν η σκοπιά είναι αυτή της προσαρμογής ή του μετριασμού. Σχεδιασμός που οφείλει να συναντηθεί με τους αντίστοιχους, αν και με εγγύτερο ορίζοντα ολοκλήρωσης, του ΕΣΠΑ 2021-2027 και του Ταμείου Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας ώστε η συμπληρωματικότητα δράσεων και πιστώσεων να πολλαπλασιάσει τη δυναμική και να υποστηρίξει θεσμικές αλλαγές που αντέχουν στον χρόνο. Υπό αυτό το πρίσμα, ένα κατάλληλο μήκος κύματος είναι αυτό του Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα καθώς το Σχέδιο διαμορφώνει έναν σοβαρό βηματισμό προς το 2050, με ενδιάμεσους στόχους το 2030 και το 2040, πάνω δε στη βασική προϋπόθεση ότι στην πορεία αυτή οι στόχοι θα παραμείνουν το ίδιο απαιτητικοί και φιλόδοξοι ώστε το στοίχημα –δηλαδή μία οικονομία σχεδόν μηδενικού άνθρακα– να επιτευχθεί.

Τέλος, η μελέτη επιχειρεί στο καταληκτικό κεφάλαιό της να συνδέσει τα ευρήματα της ως προς τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, με συγκεκριμένους άξονες ή τομείς παρέμβασης στην Ελλάδα. Για να το επιτύχει αυτό αναδεικνύει και την κοινή λογική (common sense) που χρειάζεται στις δύσκολες προκλήσεις. Άλλωστε πολλές λύσεις είναι μπροστά μας, αυτό που χρειάζεται είναι να οργανωθούν σωστά και να θωρακιστούν ώστε να αντέξουν στον χρόνο και στις πολυποίκιλες πιέσεις.

ΕΝΣΩΜΑΤΩΝΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΟΝ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ ΤΟΥ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Οκτώβριος 2021

Κλιματικές προσομοιώσεις και μεθοδολογία ανάλυσης επιπτώσεων κλιματικής αλλαγής

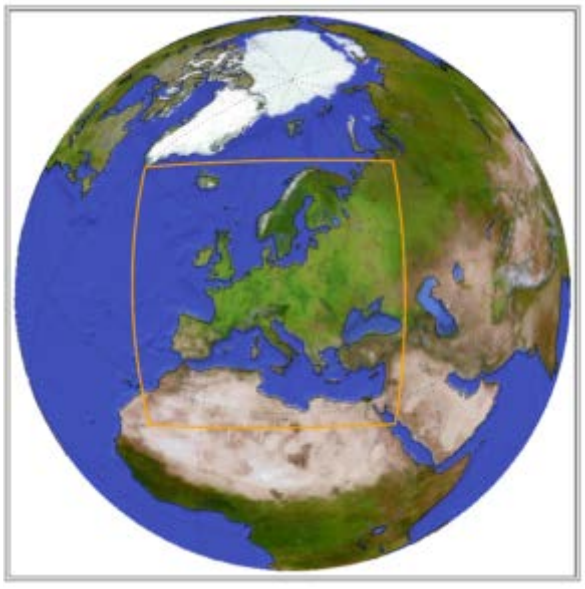
1

Στο Κεφάλαιο 1 παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στους τομείς της γεωργίας και κτηνοτροφίας, στο αστικό περιβάλλον καθώς και στον τουρισμό. Η μεθοδολογία προβλέπει την εξαγωγή εκτιμήσεων για κλιματικές παραμέτρους και κλιματικούς δείκτες όπως προκύπτουν από κλιματικές προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση περιοχικών κλιματικών μοντέλων (Regional Climate Models). Ειδικότερα, σε κάθε υπό μελέτη τομέα, αναπτύχθηκε ειδική ομάδα δεικτών που περιγράφει τόσο τη μέση κλιματική κατάσταση όσο και τις ακραίες κλιματικές συνθήκες.

Στη μελέτη, οι επιπτώσεις εξετάστηκαν για τις χρονικές περιόδους 2026-2045 (βραχυπρόθεσμη εκτίμηση) και 2046-2065 (μεσοπρόθεσμη εκτίμηση) σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000, που χρησιμοποιείται ως τριακονταετία αναφοράς για την περιγραφή του παρόντος κλίματος.

Ειδικότερη αναφορά γίνεται στη διαδικασία υποβιβασμού κλίμακας όπως αυτή επιτυγχάνεται από την εφαρμογή ενός περιοχικού κλιματικού μοντέλου σε μια περιοχή ενδιαφέροντος. Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιεί ως πλευρικές οριακές συνθήκες τα αποτελέσματα μοντέλου γενικής κυκλοφορίας της ατμόσφαιρας (General Circulation Model) για την παροχή κλιματικής πληροφορίας σε περιοχική κλίμακα. Η παρούσα μελέτη βασίζεται σε αποτελέσματα κλιματικών προσομοιώσεων υψηλής χωρικής ανάλυσης (0,11° που αντιστοιχούν περίπου σε 12,5km για την περιοχή της Ευρώπης), σύμφωνα με την ευρωπαϊκή δράση EURO-CORDEX (βλ. Σχήμα 1), που υποστηρίζεται από το Παγκόσμιο Πρόγραμμα Έρευνας του Κλίματος.

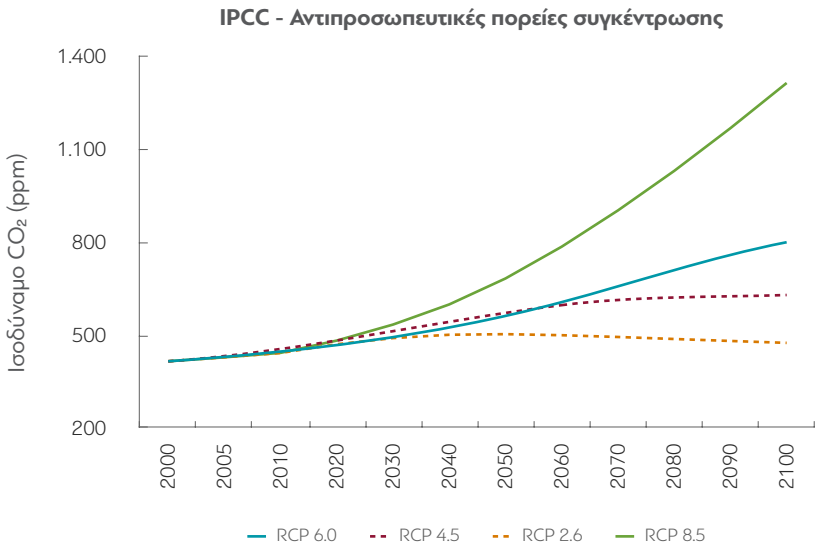
Σχήμα 1. Περιοχή ολοκλήρωσης για τη βάση κλιματικών προσομοιώσεων EURO-CORDEX



Πηγή: https://cordex.org/domains/cordex-region-euro-cordex/.

Οι προσομοιώσεις που χρησιμοποιήθηκαν, πραγματοποιήθηκαν για τα σενάρια συγκεντρώσεων RCP (Representative Concentration Pathways) που αποτελούν τα νέα κλιματικά σενάρια που έχουν υιοθετηθεί από τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC) και έχουν ως σκοπό τη διερεύνηση της επίδρασης της ανθρωπογενούς δραστηριότητας στο κλιματικό σύστημα, βάσει της μεταβολής των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου λόγω των ανθρωπογενών πηγών εκπομπών και της συνεπαγόμενης διαταραχής που επέρχεται στο ενεργειακό ισοζύγιο (radiative forcing). Ο όρος radiative forcing εκφράζει τη μεταβολή της καθαρής ακτινοβολίας (εισερχόμενη–εξερχόμενη) στην κορυφή της τροπόσφαιρας σε σχέση με μια τιμή αναφοράς, η οποία είναι αυτή της προ-βιομηχανικής εποχής (προ του 1750) και εκφράζεται σε W/m^2. Ουσιαστικά χρησιμοποιείται για να εκφραστεί η διαταραχή/επίδραση που επέρχεται στο ενεργειακό ισοζύγιο του πλανήτη από μεταβολές παραμέτρων όπως η αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου. Η διαταραχή υπολογίζεται, για κάθε ένα από τα σενάρια, με ορίζοντα το 2100 (π.χ. το radiative forcing για το RCP 8.5 είναι για το 2100: 8,5 W/m^2), και αντιστοιχίζεται σε ισοδύναμο διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) σε μέρη ανά εκατομμύριο όγκο (ppm) σε συνάρτηση με το έτος, πλην όμως με διαφοροποίηση του radiative forcing σε συνάρτηση με το έτος (Σχήμα 2). Το κάθε σενάριο βασίζεται, επίσης, σε ένα ευρύ φάσμα υποθέσεων σχετικά με την αύξηση του πληθυσμού, την οικονομική ανάπτυξη, την τεχνολογική καινοτομία καθώς και θέματα κοινωνικής και περιβαλλοντικής βιωσιμότητας.

Σχήμα 2. Μεταβολή της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου έως το 2100 για τα σενάρια RCP



Σημείωση: Ο όρος ppm (parts per million) εκφράζει μέρη στο εκατομμύριο.
Πηγή: https://tntcat.iiasa.ac.at/RcpDb

Σενάρια παγκόσμιας εξέλιξης συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου – Representative Concentration Pathways[1]

Τα σενάρια RCP που έχουν αναπτυχθεί καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος πιθανών καταστάσεων υπερθέρμανσης του πλανήτη και ποσοτικοποιούν τις μελλοντικές συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου καθώς και την επίδρασή τους στο ενεργειακό ισοζύγιο του συστήματος Γη-ατμόσφαιρα. Οι μελλοντικές εκπομπές και συγκεντρώσεις των αερίων θερμοκηπίου εξαρτώνται από εξελίξεις όπως η αύξηση του πληθυσμού, η οικονομική ανάπτυξη, η κατανάλωση ενέργειας, η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, οι τεχνολογικές αλλαγές, η αποψίλωση των δασών και οι χρήσεις γης.

Σενάριο πολύ χαμηλών εκπομπών – RCP 2.6
Οι εκπομπές του CO_2 παραμένουν σταθερές στις αρχές του 21ου αιώνα και στη συνέχεια μειώνονται και γίνονται αρνητικές έως τα τέλη του αιώνα. Το σενάριο αυτό υποθέτει απότομη μείωση στη χρήση ορυκτών καυσίμων, αυξημένη χρήση καλλιεργήσιμων εκτάσεων για βιοκαύσιμα και μείωση των εκπομπών μεθανίου κατά 40%.

Σενάριο χαμηλών έως ήπιων εκπομπών – RCP 4.5
Παρατηρείται σχετικά περιορισμένη αύξηση των εκπομπών του CO_2 έως τα μέσα του αιώνα, οι οποίες στη συνέχεια μειώνονται. Η κατανάλωση ενέργειας μειώνεται σημαντικά και παρατηρείται μεγάλης κλίμακας αναδάσωση. Το μέγεθος της καλλιεργήσιμης γης μειώνεται λόγω αύξησης της απόδοσης των καλλιεργειών και παρατηρείται σημαντικά χαμηλότερη κατανάλωση κρέατος. Εισάγονται αυστηρές πολιτικές για το κλίμα και οι εκπομπές μεθανίου παραμένουν σταθερές.

Σενάριο πολύ υψηλών εκπομπών – RCP 8.5
Οι εκπομπές του CO_2 το 2100 θα είναι τρεις φορές υψηλότερες από τις σημερινές και επιπλέον εκτιμάται μεγάλη αύξηση των εκπομπών μεθανίου. Η κατανάλωση ενέργειας θα αυξηθεί περαιτέρω κυρίως λόγω της χρήσης ορυκτών καυσίμων. Η εισαγωγή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα θα είναι περιορισμένη, όπως και η εφαρμογή πολιτικών για το κλίμα.

Κατά την επιλογή των RCP είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι μέχρι τα μέσα του 21ου αιώνα οι διαφορές στα αποτελέσματα μεταξύ των RCP είναι συχνά περιορισμένες. Ο λόγος για αυτό είναι ότι το κλιματικό σύστημα ανταποκρίνεται σχετικά αργά στις αλλαγές στη συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου. Το RCP 8.5 δίνει πολύ πιο γρήγορη θέρμανση και πιο έντονες αλλαγές σε σημαντικούς δείκτες ενώ οι διαφορές μεταξύ RCP 2.6 και 4.5 είναι μέχρι τα μέσα του αιώνα σχετικά μικρές και για τον λόγο αυτό στη συνέχεια της παρούσας μελέτης θα παρουσιάζονται μόνο οι εκτιμήσεις για τα σενάρια που παρουσιάζουν αξιόλογες διαφοροποιήσεις.

1 https://climate.copernicus.eu/sites/default/files/2021-01/infosheet3.pdf.

Στη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν σε μηνιαία χρονική κλίμακα προσομοιώσεις για τα κλιματικά σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις κλιματικές παραμέτρους της θερμοκρασίας του αέρα, της βροχόπτωσης, της σχετικής υγρασίας, της ταχύτητας του ανέμου και της εδαφικής υγρασίας, ενώ σε ημερήσια χρονική κλίμακα χρησιμοποιήθηκαν η μέγιστη και η ελάχιστη θερμοκρασία του αέρα καθώς και η βροχόπτωση. Οι κλιματικοί δείκτες που υπολογίστηκαν βασίστηκαν στις ημερήσιες προσομοιώσεις των κλιματικών παραμέτρων και συμπεριλαμβάνουν τους 27 βασικούς κλιματικούς δείκτες θερμοκρασίας και βροχόπτωσης που έχουν καθοριστεί από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό για τη μελέτη του κλίματος (Klein Tank et al., 2009 και Zhang et al., 2011) καθώς επίσης και των ειδικών κλιματικών δεικτών που προτείνονται από την ειδική ομάδα του Οργανισμού Expert Team on Climate Risk and Sector-Specific Indices, οι οποίοι περιλαμβάνουν και συνδυαστικούς κλιματικούς δείκτες (Alexander and Herold, 2021).

Με στόχο τη μείωση της αβεβαιότητας των εκτιμήσεων χρησιμοποιήθηκε η τεχνική του «σμήνους προσομοιώσεων» (ensemble), σύμφωνα με την οποία για κάθε χρονική στιγμή λαμβάνεται η μέση τιμή των εκτιμήσεων από ένα πλήθος προσομοιώσεων από διαφορετικά κλιματικά μοντέλα. Στην παρούσα μελέτη για την εκτίμηση των διάφορων μεταβλητών χρησιμοποιήθηκε το σύνολο των διαθέσιμων δεδομένων για κάθε σενάριο. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τόσο τα μοντέλα γενικής κυκλοφορίας (GCM) όσο και τα περιοχικά κλιματικά μοντέλα (RCM) που χρησιμοποιήθηκαν στο πλαίσιο της μελέτης για τον δυναμικό υποβιβασμό κλίμακας. Πρέπει να σημειωθεί πως για κάθε μεταβλητή και κλιματικό σενάριο το πλήθος των προσομοιώσεων που χρησιμοποιήθηκε στην τεχνική του «σμήνους προσομοιώσεων» είναι διαφορετικό. Ειδικότερα για το σενάριο RCP 2.6 το πλήθος των διαθέσιμων προσομοιώσεων είναι περιορισμένο σε σχέση με τα σενάρια RCP 4.5 και RCP 8.5 (μεταξύ των οποίων υπάρχουν επίσης διαφοροποιήσεις στο διαθέσιμο πλήθος προσομοιώσεων).

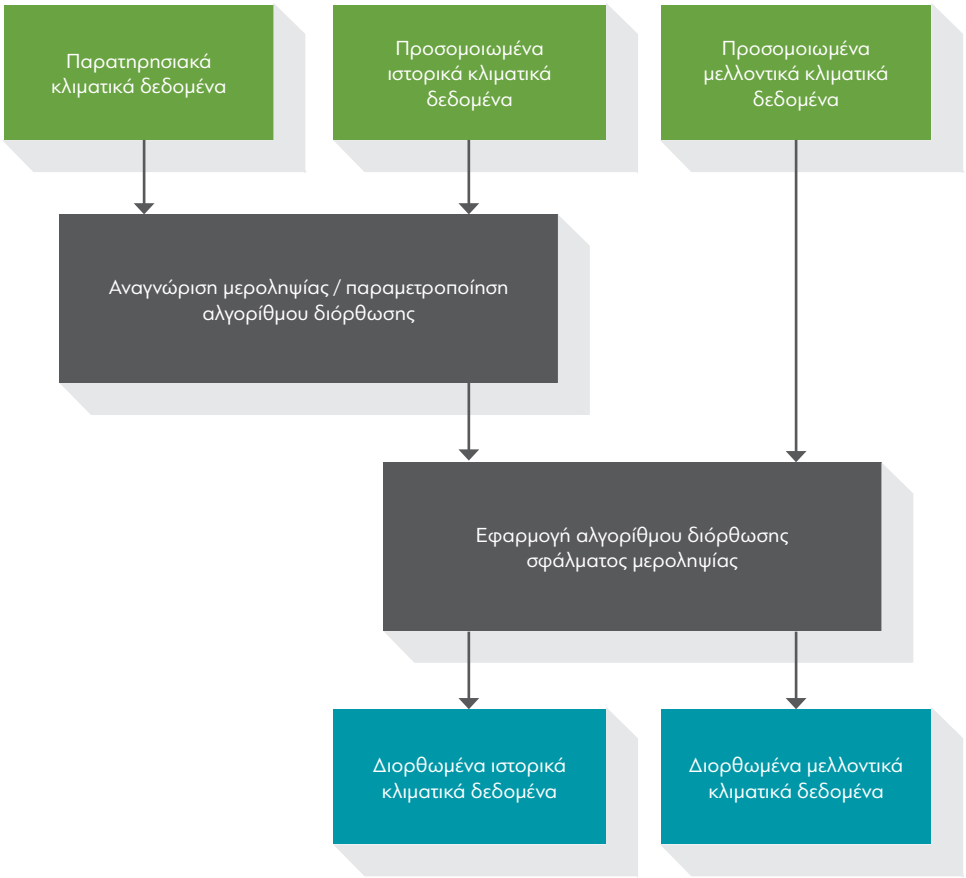
Πίνακας 1. Μοντέλα γενικής κυκλοφορίας και περιοχικά μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την ανάλυση και τον υπολογισμό των ensembles

Μοντέλα γενικής κυκλοφορίας	Περιοχικά κλιματικά μοντέλα
CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	CCLM4-8-17
ICHEC-EC-EARTH	ALADIN53
IPSL-IPSL-CM5A-LR	HIRHAM5
MOHC-HadGEM2-ES	RACMO22E
MPI-M-MPI-ESM-LR	ALARO-0
NCC-NorESM1-M	RCA4
NOAA-GFDL-GFDL-ESM2G	HIRHAM5
MIROC-MIROC5	RACMO22E
IPSL-IPSL-CM5A-MR	COSMO-crCLIM-v1-1
	ALADIN63
	HadREM3-GA7-05
	REMO2009
	REMO2015
	WRF361H
	WRF381P

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Με στόχο τη διόρθωση του σφάλματος μεροληψίας των αποτελεσμάτων των κλιματικών προσομοιώσεων χρησιμοποιήθηκαν προσομοιώσεις ύστερα από διόρθωση μεροληψίας (bias correction) όπως περιγράφεται στο Σχήμα 3. Σημειώνεται ότι η διόρθωση είναι απολύτως απαραίτητη αφού οι κλιματικές προσομοιώσεις παρουσιάζουν διαφορετικά στατιστικά χαρακτηριστικά από τις παρατηρήσεις, γεγονός που οδηγεί σε συστηματικά σφάλματα εκτίμησης της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής.

Σχήμα 3. Διαδικασία διόρθωσης μεροληψίας (bias correction)



Πηγή: Μετάφραση από https://swat.tamu.edu/media/115265/bias_cor_man.pdf.

Για την παρούσα μελέτη εξετάστηκε η διόρθωση του σφάλματος μεροληψίας με τη χρήση της μέθοδου quantile mapping και πραγματοποιήθηκε σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα αντιστοιχα του CORDEX-Adjust. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν τα πιο πρόσφατα αποτελέσματα για τις ημερήσιες τιμές των μεταβλητών της μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας καθώς και της βροχόπτωσης σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ερευνητικού έργου CORDEX Adjust (https://cordex.org/data-access/bias-adjusted-rcm-data/), λαμβάνοντας υπόψη ότι χρησιμοποιεί ένα πλήθος από μεθοδολογίες διόρθωσης σφάλματος για τη μείωση της αβεβαιότητας της παρεχόμενης κλιματικής πληροφορίας.

ΕΝΣΩΜΑΤΩΝΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΟΝ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ ΤΟΥ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Οκτώβριος 2021

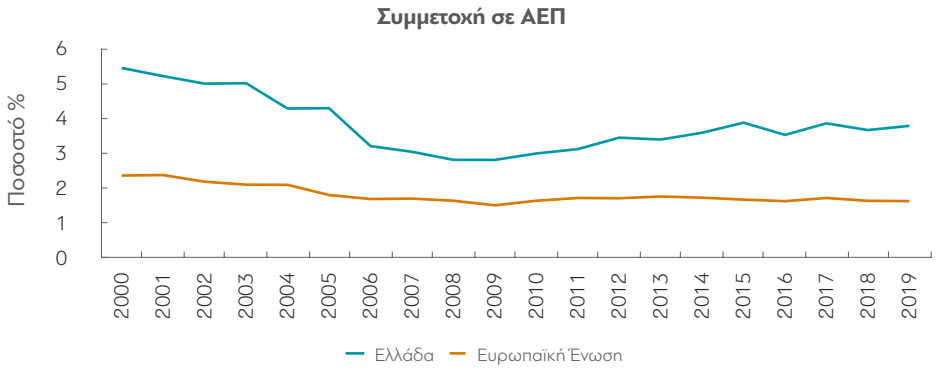
Προσαρμογή της ελληνικής γεωργίας και κτηνοτροφίας στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής

2

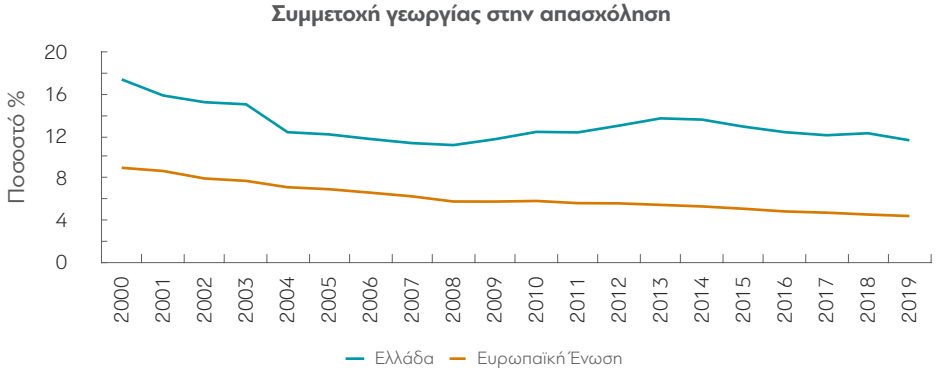
2.1 Εισαγωγή

Ο πρωτογενής τομέας στην Ελλάδα κατέχει σημαντική θέση στη διαμόρφωση του ΑΕΠ της χώρας (3,65% το 2019) με τον τομέα της γεωργίας να συνδράμει στο 11,98% της συνολικής απασχόλησης, ποσοστά σημαντικά υψηλότερα από τους αντίστοιχους μέσους όρους στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Σχήμα 4α και 4β) (World Bank, 2020). Ειδικότερα για τη γεωργία, η σχέση της ποσοστιαίας συμμετοχής της αγροτικής παραγωγής στο ΑΕΠ της Ελλάδας ακολουθεί τις μειωτικές τάσεις της ευρωπαϊκής γεωργίας διατηρώντας όμως υπεροχή έναντι της αντίστοιχης ευρωπαϊκής.

Σχήμα 4α. Εξέλιξη της συμμετοχής του πρωτογενή τομέα στο ΑΕΠ στην Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή Ένωση



Σχήμα 4β. Εξέλιξη της συμμετοχής της γεωργίας στην απασχόληση στην Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή Ένωση



Πηγή: World Bank.

Ο πρωτογενής τομέας στην Ελλάδα εξακολουθεί να κατέχει σημαντική θέση και στην απασχόληση, η συνολική αξία παραγωγής του αγροτικού τομέα πλησίασε το 2018 τα €11 δισ., ενώ το συνολικό εισόδημα από γεωργική επιχειρηματική δραστηριότητα στην Ελλάδα διαμορφώθηκε το 2018 σε €4,8 δισ.

Όμως, οι ακαθάριστες επενδύσεις παγίου κεφαλαίου στον εγχώριο αγροτικό τομέα διαμορφώθηκαν το 2019 σε €1,584 δισ. υποχωρώντας σημαντικά μετά το 2008, ενώ η επενδυτική ένταση στον αγροτικό τομέα είναι στην Ελλάδα περίπου 20%, σε μεγάλη απόσταση από την τιμή που λαμβάνει συνολικά στην ΕΕ-28 (31% το 2018).

Το μέσο μέγεθος της αγροτικής εκμετάλλευσης στην Ελλάδα είναι 6,6 εκτάρια (στοιχεία για το 2016), ενώ το 90% των εκμεταλλεύσεων έχουν μέγεθος μικρότερο των 2 εκταρίων (20 στρέμματα), μέγεθος εξαιρετικά μικρό για τις σύγχρονες συνθήκες παραγωγής.

Η σημασία της γεωργίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση καταδεικνύεται από το γεγονός ότι η Κοινή Αγροτική Πολιτική εμφανίζεται από τα πρώτα βήματα της ευρωπαϊκής ολοκλήρωσης με στόχους την αύξηση της παραγωγικότητας της γεωργίας, την εξασφάλιση δίκαιου βιοτικού επιπέδου στον γεωργικό πληθυσμό, τη σταθεροποίηση των αγορών και την εγγύηση της επισιτιστικής ασφάλειας (άρθρο 33 της συνθήκης της ΕΚ). Παράλληλα, η γεωργία καλείται να συμβάλλει μέσα από τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στην υλοποίηση της Συμφωνίας των Παρισίων και των στρατηγικών της ΕΕ για τη βιωσιμότητα και τη βιοοικονομία.

Τα τελευταία έτη έχει γίνει σε ευρωπαϊκό επίπεδο αισθητή η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στον αγροτικό τομέα όπως επίσης και η δυναμική εξέλιξης αυτής της επίδρασης στο μέλλον. Σε τοπική κλίμακα μπορεί να υπάρξουν και θετικές επιδράσεις όπως η επιμήκυνση των καλλιεργητικών περιόδων, κυρίως σε χώρες της Βόρειας Ευρώπης όπως και η δυνατότητα καλλιέργειας πιο ευαίσθητων φυτών που οι μέχρι τώρα κλιματικές συνθήκες δεν επέτρεπαν. Παράλληλα όμως τα έντονα καιρικά φαινόμενα προβλέπεται ότι θα συνεχιστούν με αυξητική τάση στο μέλλον (Jacobs et al., 2019) και αναμένεται να έχουν σημαντική επίδραση στην αγροτική παραγωγή. Η ελληνική γεωργία έχει επίσης ιδιαιτερότητες σε σχέση με τη γεωργία στον υπόλοιπο ευρωπαϊκό χώρο τόσο στην κατανομή των καλλιεργειών εντός του γεωγραφικού χώρου όσο και στο μέγεθος των εκμεταλλεύσεων. Ενδεικτική είναι η μελέτη της διαΝΕΟσις,[2] στην οποία αναδεικνύεται πως ο μέσος κλήρος στην Ελλάδα είναι 68 στρέμματα, όταν ο μέσος όρος στην ΕΕ είναι 161,2. Την ίδια στιγμή, το 51,4% των εκμεταλλεύσεων έχει μέγεθος

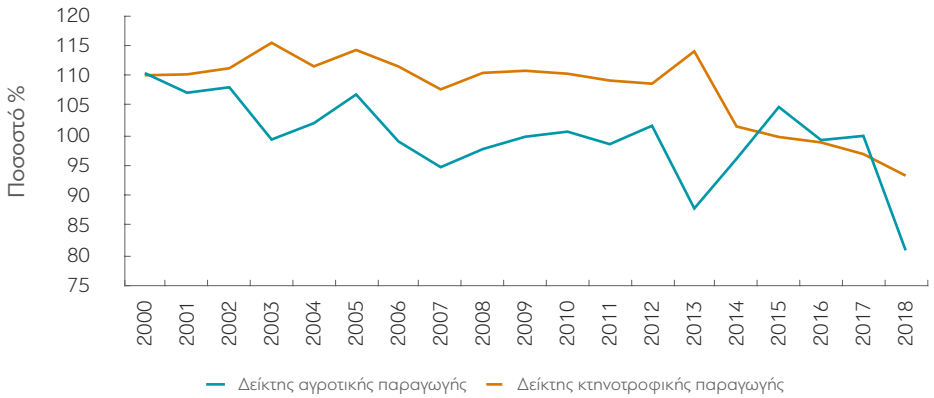
2 https://www.dianeosis.org/wp-content/uploads/2019/05/A_new_agricultural_model_final.pdf.

κάτω από 20 στρέμματα, δηλαδή κάτω από αυτό που θεωρείται ως πολύ μικρό σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά δεδομένα. Επιπρόσθετα, το 49,7% των εκμεταλλεύσεων στην Ελλάδα παρουσιάζει οικονομικό μέγεθος κάτω από 4.000 ευρώ, δηλαδή κάτω από αυτό που θεωρείται ως μικρό για οικονομικό μέγεθος στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ποικιλόμορφο του γεωγραφικού ανάγλυφου που δεν επιτρέπει την ανάπτυξη μεγάλων γεωργικών εκμεταλλεύσεων όπως στις πεδιάδες της Κεντρικής Ευρώπης. Κύριες καλλιέργειες είναι το σιτάρι, το αμπέλι, η ελιά, το βαμβάκι ο καπνός και οι δενδροκαλλιέργειες. Από αυτές, άλλες βαίνουν αυξανόμενες (δημητριακά, δενδροκαλλιέργειες) και άλλες μειούμενες (σιτάρι, αραβόσιτος, βαμβάκι) (ΕΛΣΤΑΤ, 2018), ενώ δεν θα πρέπει να παραβλεφθεί ότι η γεωργική παραγωγή έχει προοπτικές μεγαλύτερης αποδοτικότητας στο πλαίσιο ενίσχυσης σύγχρονων γεωργικών πρακτικών.

Η κτηνοτροφία στην Ελλάδα παρουσιάζει επίσης ιδιομορφίες σε σχέση με την αντίστοιχη δραστηριότητα στην υπόλοιπη ΕΕ. Εκτρέφονται βοοειδή, αιγοπρόβατα, χοίροι, πουλερικά, ιπποειδή, μέλισσες και μεταξοσκώληκες, ενώ χαρακτηριστικό και εδώ είναι οι μικρότερες εκμεταλλεύσεις έναντι των ευρωπαϊκών (κυρίως στα βοοειδή) καθώς η ιστορική παράδοση στην ελληνική κτηνοτροφία ήταν πάντα η κινούμενη κτηνοτροφία κυρίως των αιγοπροβάτων. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τις τελευταίες δεκαετίες οι εκμεταλλεύσεις κλειστού τύπου (κτηνοτροφικές κατασκευές) κερδίζουν έδαφος ποσοτικά αλλά κυρίως ποιοτικά.

Η σημαντική θέση που κατέχει διαχρονικά η γεωργική και κτηνοτροφική παραγωγή αντικατοπτρίζεται από τις υψηλές τιμές των δεικτών γεωργικής και κτηνοτροφικής παραγωγής που συγκρίνουν την τρέχουσα παραγωγή χρησιμοποιώντας ως έτη αναφοράς την περίοδο 2014-2016 (Σχήμα 5). Θα πρέπει όμως να επισημανθεί ότι τα τελευταία έτη στην περιοχή της Ελλάδας παρατηρούνται τάσεις μείωσης και των δύο αυτών δεικτών, γεγονός που αν και δεν οφείλεται στην κλιματική αλλαγή, εντούτοις αναδεικνύει τη σημασία της αύξησης της ανθεκτικότητας και την προσαρμογή των τομέων αυτών στην κλιματική αλλαγή.

Σχήμα 5. Εξέλιξη των δεικτών γεωργικής και κτηνοτροφικής παραγωγής για την Ελλάδα



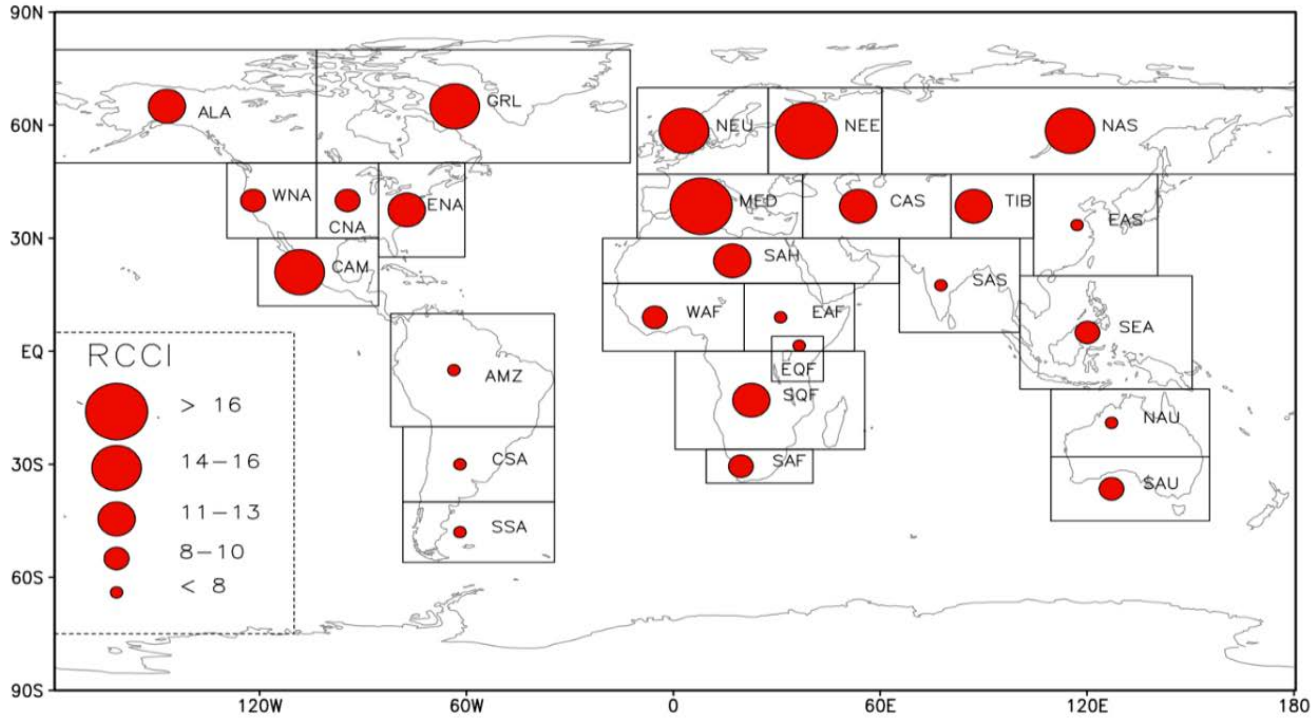
Σημείωση: Το ποσοστό 100% ορίζεται ως ο μέσος όρος της παραγωγής κατά την περίοδο αναφοράς 2014-2016.
Πηγή: World Bank.

2.2 Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής και οι κίνδυνοι που προκύπτουν για τη γεωργία και την κτηνοτροφία

Η ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου από την ανθρωπογενή δραστηριότητα και την αύξηση των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων των θερμοκηπικών αερίων έχει άμεση επίδραση στην ανάπτυξη των καλλιεργειών. Οι ανθρωπογενείς εκπομπές θερμοκηπικών αερίων αυξάνουν την ικανότητα της κατώτερης ατμόσφαιρας να απορροφά την υπέρυθρη ακτινοβολία που οδηγεί σε μεταβολές στα επίπεδα της θερμοκρασίας και των βροχοπτώσεων που επηρεάζουν σημαντικά τη γεωργική και την κτηνοτροφική παραγωγή.

Η Μεσόγειος και συνεπώς ο ελλαδικός χώρος είναι διεθνώς αναγνωρισμένες ως περιοχές ευαίσθητες στις κλιματικές αλλαγές (Σχήμα 6), με σημαντικές επιπτώσεις στον τομέα της γεωργίας και της κτηνοτροφίας.

Σχήμα 6. Δείκτης ευαισθησίας στην κλιματική αλλαγή για 26 περιοχές της Γης βάσει προβλέψεων από 20 μοντέλα γενικής κυκλοφορίας και για τα τρία σενάρια εκπομπών



Πηγή: Georgi, 2006.

Το στοιχείο που είναι ευρύτερα αντιληπτό και που ορίζει στο ευρύ κοινό την κλιματική αλλαγή είναι η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη οφειλόμενη στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Για τη γεωργία και την κτηνοτροφία τα χαρακτηριστικά που, κυρίως, επηρεάζουν την παραγωγή και την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος είναι η βροχόπτωση, τα έκτακτα και εξαιρετικής έντασης καιρικά φαινόμενα, η ξηρασία και η διάβρωση του εδάφους. Όλοι αυτοί οι παράγοντες δρουν ταυτόχρονα, επηρεάζοντας αρνητικά ο ένας τον άλλο. Μειωμένες βροχοπτώσεις οδηγούν σε περιόδους ξηρασίας που σε συνδυασμό με την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας επιφέρουν τη μείωση των αποθεμάτων των υδροφόρων στρωμάτων του υπεδάφους. Αυτό μπορεί να είναι ένα απλουστευμένο σχήμα που κάνει όμως αντιληπτή τη δυναμική της εξέλιξης του προβλήματος. Ο συνδυασμός της διάρκειας των περιόδων ξηρασίας με την έντασή τους προβλέπεται να έχει αυξητική εξέλιξη, ακολουθούμενη από σημαντική μείωση της εδαφικής υγρασίας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, γεγονός που συνεπάγεται κινδύνους για τις καλλιέργειες (Georgopoulou et al., 2017).

Σύμφωνα με τους Iglesias et al. (2007) οι κίνδυνοι για τη γεωργική παραγωγή και την κτηνοτροφία που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή οφείλονται σε μεταβολές στους ακόλουθους παράγοντες:

α. υδάτινοι πόροι και απαιτήσεις άρδευσης,
β. περιβαλλοντικές συνθήκες ανάπτυξης, παραγωγικότητα και κατανομή των καλλιεργειών,
γ. γονιμότητα εδάφους και διάβρωση,
δ. γεωργικά παράσιτα και ασθένειες και
ε. βέλτιστες συνθήκες για την κτηνοτροφία.

Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να επιφέρει αλλαγές στους διαθέσιμους υδάτινους πόρους και στις ανάγκες άρδευσης μέσω των μεταβολών που επιφέρει στο ετήσιο ύψος υετού και στη μέση θερμοκρασία του αέρα. Οι μεταβολές στον υδρολογικό κύκλο έχουν άμεσες συνέπειες στη χρήση και στη διανομή του νερού στη γεωργία και στην κτηνοτροφία. Επιπρόσθετα, η ενδο-ετήσια μεταβολή στα μοτίβα βροχόπτωσης μπορεί να επιφέρει μεταβολές στη γεωργική παραγωγή, στην ποιότητα των καλλιεργειών καθώς και στην επιλογή της βέλτιστης καλλιέργειας ανά περιοχή. Η βροχόπτωση και η θερμοκρασία του αέρα αποτελούν τις βασικές κλιματικές παραμέτρους που καθορίζουν επίσης την υγρασία του εδάφους, τη διαθεσιμότητα του νερού στα φυτά και την εξατμισοδιαπνοή, μεταβλητές που επηρεάζουν με τη σειρά τους τη γεωργική παραγωγή και τις συνθήκες ανάπτυξης των καλλιεργειών.

Η υποβάθμιση του εδάφους σε συνδυασμό με τον κίνδυνο ερημοποίησης αποτελεί μείζονα κίνδυνο για τη γεωργία και την κτηνοτροφία και η κλιματική αλλαγή αναμένεται ότι θα ασκήσει συμπληρωματική πίεση μέσω της αύξησης στη συχνότητα εμφάνισης ακραίων καιρικών φαινομένων όπως

η ξηρασία, τα πλημμυρικά επεισόδια και η επιμήκυνση της θερμής περιόδου του έτους. Η αύξηση της θερμοκρασίας εκτιμάται ότι θα δημιουργήσει τις κατάλληλες συνθήκες εξάπλωσης για παράσιτα, ζιζάνια και ασθένειες καλλιεργειών που προκαλούν προβλήματα στη γεωργική παραγωγή. Η κτηνοτροφία, ειδικότερα κατά τη θερμή περίοδο, θα επηρεαστεί αρνητικά καθώς θα προκύψουν ανάγκες για μεγαλύτερη κατανάλωση νερού, θα αυξηθούν τα επίπεδα θερμικής δυσφορίας των εκτρεφόμενων ζώων και ο κίνδυνος ασθενειών (Skuras and Psaltopoulos, 2012).

2.3 Κλιματικοί δείκτες για τη γεωργία και την κτηνοτροφία

Οι σημαντικότερες παράμετροι που επηρεάζουν τη γεωργική και κτηνοτροφική παραγωγή σχετίζονται με μεταβολές της θερμοκρασίας, της βροχόπτωσης και της εδαφικής υγρασίας καθώς και με τη συχνότητα εμφάνισης ακραίων καιρικών φαινομένων. Συγκεκριμένα στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται μια ομάδα δεικτών που έχουν διαμορφωθεί ειδικά για τη μελέτη της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία και στην κτηνοτροφία. Οι εν λόγω δείκτες περιγράφουν ειδικότερα την επίδραση της κλιματικής μεταβλητότητας στον πρωτογενή τομέα.

Πίνακας 2. Κλιματικές παράμετροι και δείκτες για την περιγραφή των μέσων και ακραίων κλιματικών συνθηκών

Μέσες κλιματικές συνθήκες	
Θερμοκρασία	°C
Βροχόπτωση	mm/ημέρα
Εδαφική υγρασία	Kg/m^2
Βαθμοημέρες ανάπτυξης	Βαθμοημέρες
Διάρκεια βλαστικής περιόδου	Ημέρες

Ακραίες κλιματικές συνθήκες	
Ημέρες παγετού και ολικού παγετού	Ημέρες ανά έτος
Ημέρες ψυχρών επεισοδίων	Ημέρες ανά έτος
Ημέρες με μέγιστη θερμοκρασία > 37 °C	Ημέρες ανά έτος
Συνεχόμενες ημέρες βροχόπτωσης	Αριθμός ημερών
Ημέρες με βροχόπτωση > 20mm	Ημέρες ανά έτος
Δείκτης τυποποιημένης βροχόπτωσης	-
Δείκτης τυποποιημένης βροχόπτωσης-εξατμισοδιαπνοής	-

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Στα υποκεφάλαια που ακολουθούν παρουσιάζονται οι εκτιμήσεις των κλιματικών μοντέλων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη για τις κλιματικές παραμέτρους του Πίνακα 2, για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5 και για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065. Για ορισμένες κλιματικές παραμέτρους παρουσιάζονται μόνο οι εκτιμήσεις για τα σενάρια

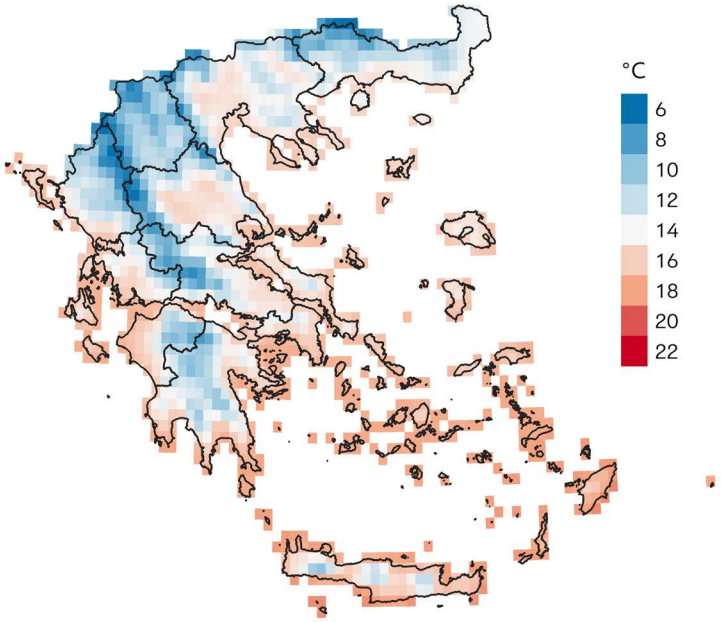
RCP 4.5 και 8.5, καθώς οι αντίστοιχες για το σενάριο RCP 2.6 εμφανίζουν ιδιαίτερα περιορισμένη διαφοροποίηση και για τις δύο υποπεριόδους σε σύγκριση με την κλιματική περίοδο αναφοράς (1971-2000).

2.3.1 Μέσες κλιματικές συνθήκες

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία του αέρα αποτελεί το σημαντικότερο κλιματικό στοιχείο για τον καθορισμό του κλίματος μιας περιοχής και των συνθηκών που καθορίζουν την επιλογή του κατάλληλου είδους αγροτικής καλλιέργειας. Η χωρική κατανομή της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας στην Ελλάδα παρουσιάζει σημαντική μεταβλητότητα λόγω της έντονης τοπογραφίας, με αποτέλεσμα τη διαμόρφωση ενός πλήθους από τύπους κλιμάτων (Σχήμα 7).

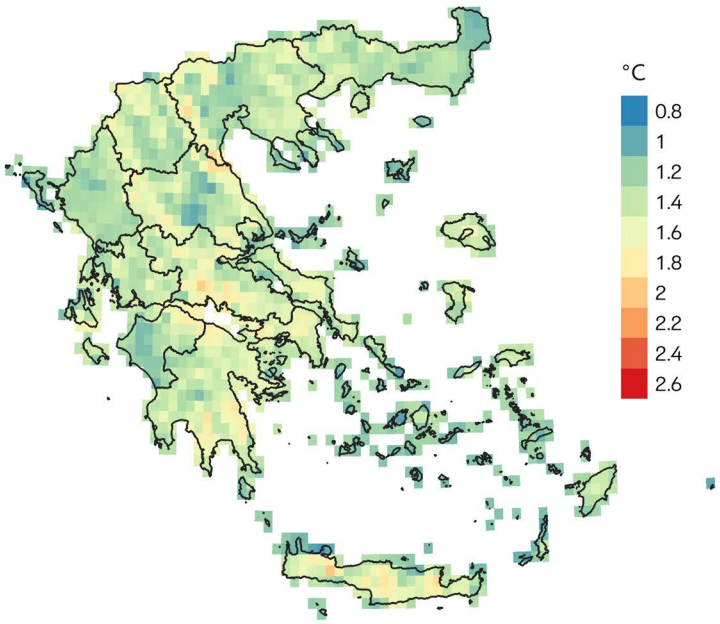
Σχήμα 7. Χωρική κατανομή της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας για την περίοδο αναφοράς 1971-2000



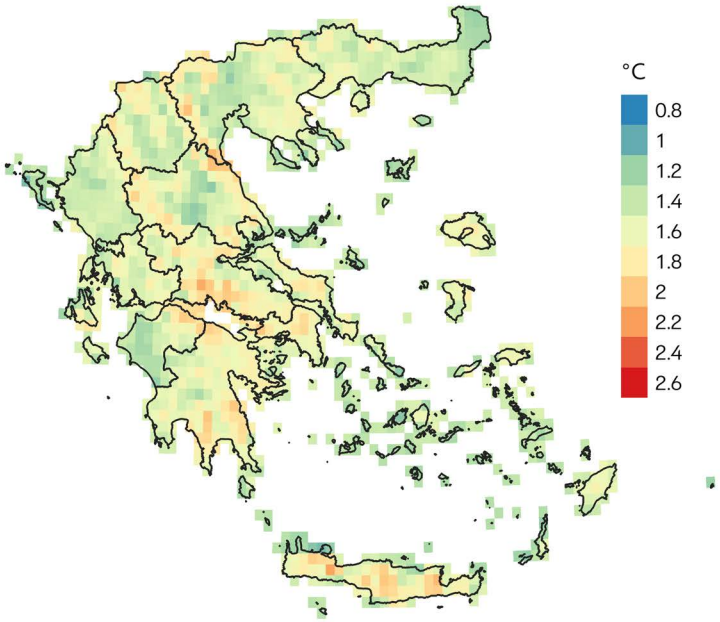
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις από τις κλιματικές προσομοιώσεις των περιοχικών κλιματικών μοντέλων για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων RCP (2.6, 4.5 και 8.5), η μέση ετήσια θερμοκρασία τόσο για τη βραχυπρόθεσμη όσο και για τη μεσοπρόθεσμη μελλοντική περίοδο, αναμένεται να παρουσιάσει αύξηση σε όλη την επικράτεια (Σχήμα 8). Η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρείται για το σενάριο RCP 8.5 την περίοδο 2046-2065 (έως και 2,6 °C).

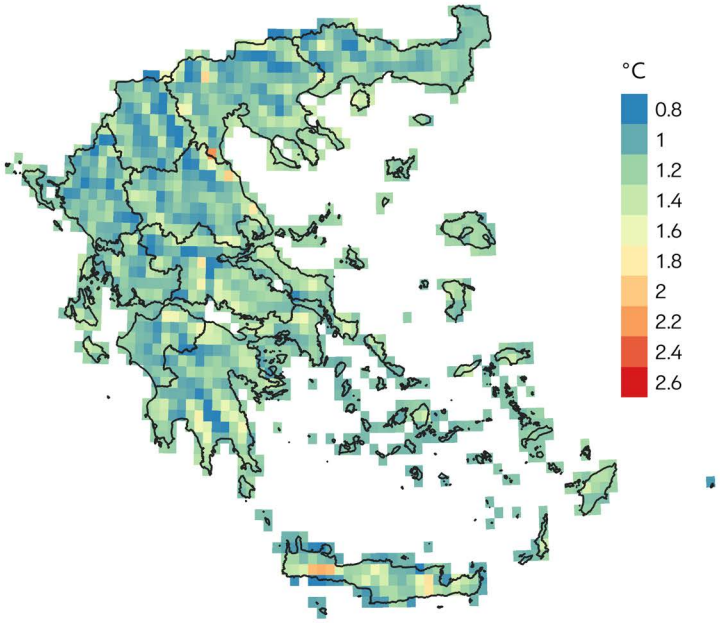
Σχήμα 8. Μεταβολές της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000



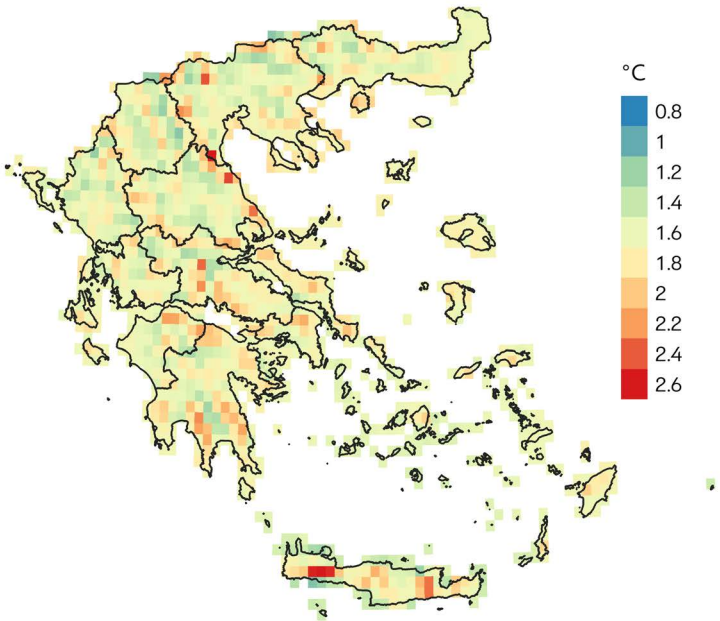
Μεταβολή της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας (°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



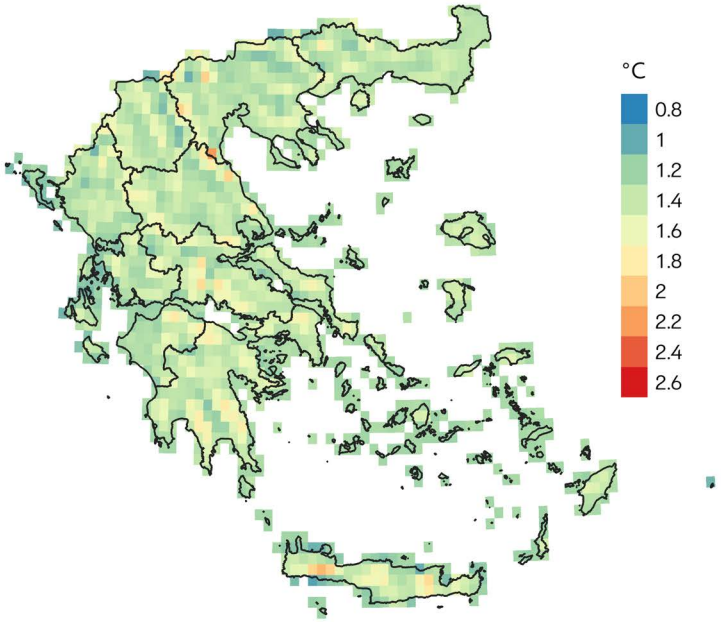
Μεταβολή της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας (°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



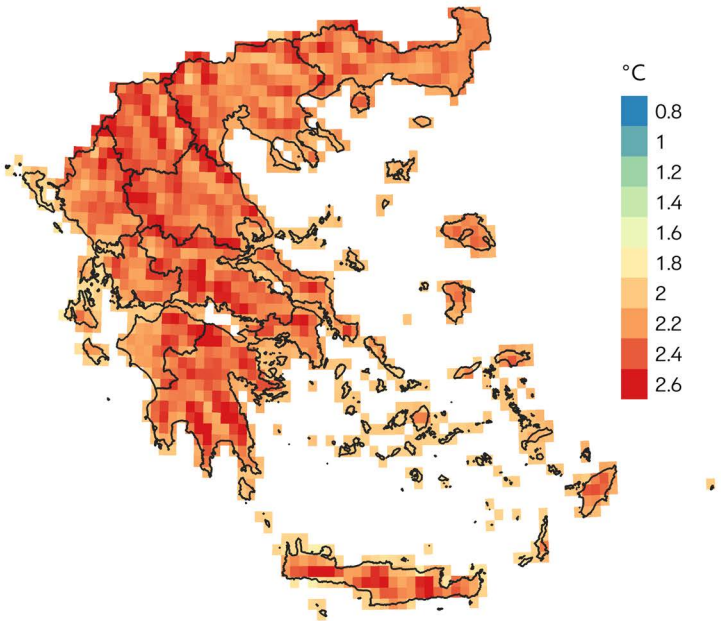
Μεταβολή της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας (°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας (°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας (°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



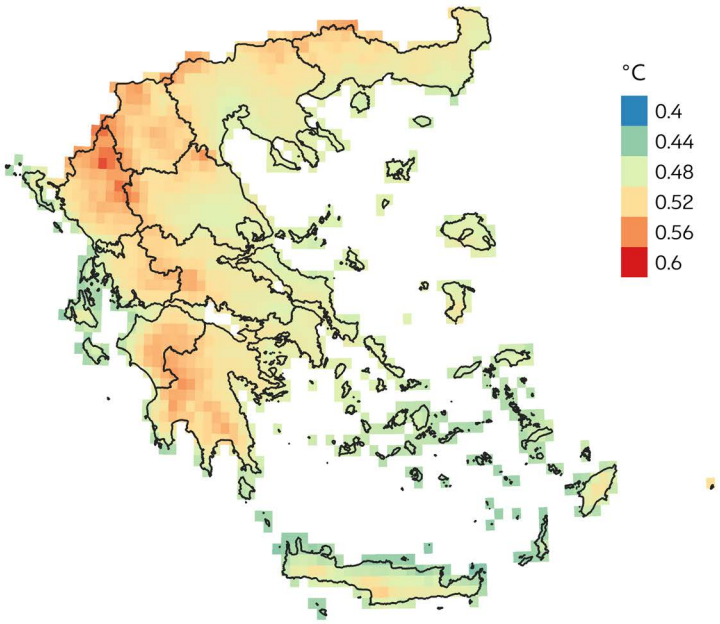
Μεταβολή της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας (°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

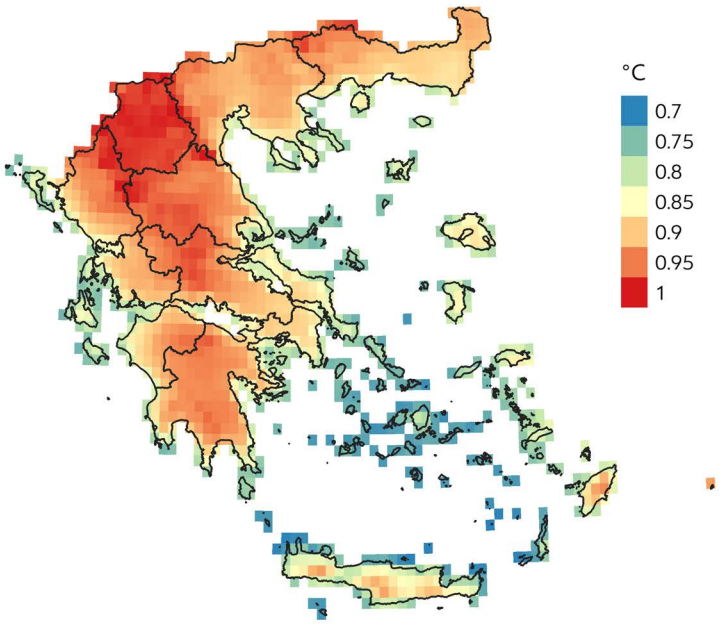
Η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα είναι εμφανής στα αποτελέσματα για όλα τα σενάρια, αν και ειδικότερα για το σενάριο RCP 8.5 και για τις δύο μελλοντικές υποπεριόδους. Στο Σχήμα 9 εμφανίζονται οι διαφορές

στις τιμές της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας για τα σενάρια RCP 4.5 και RCP 8.5 μεταξύ των δύο μελλοντικών υποπεριόδων. Για το σενάριο 2.6 οι αντίστοιχες διαφορές είναι ιδιαίτερα περιορισμένες.

Σχήμα 9. Διαφορές της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας μεταξύ των υποπεριόδων 2046-2065 και 2026-2045 για τα σενάρια RCP 4.5 και RCP 8.5



Διαφορά στη μέση ετήσια θερμοκρασία (°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 2026-2045
Σενάριο: RCP 4.5

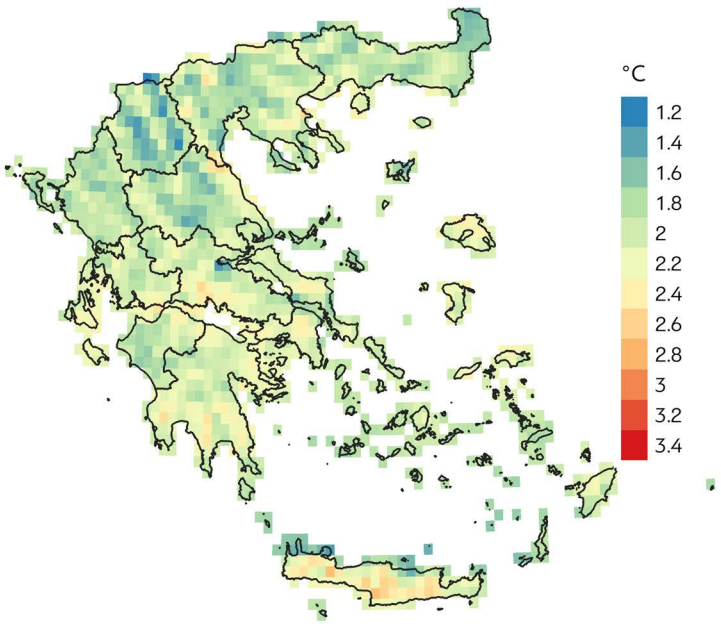


Διαφορά στη μέση ετήσια θερμοκρασία (°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 2026-2045
Σενάριο: RCP 8.5

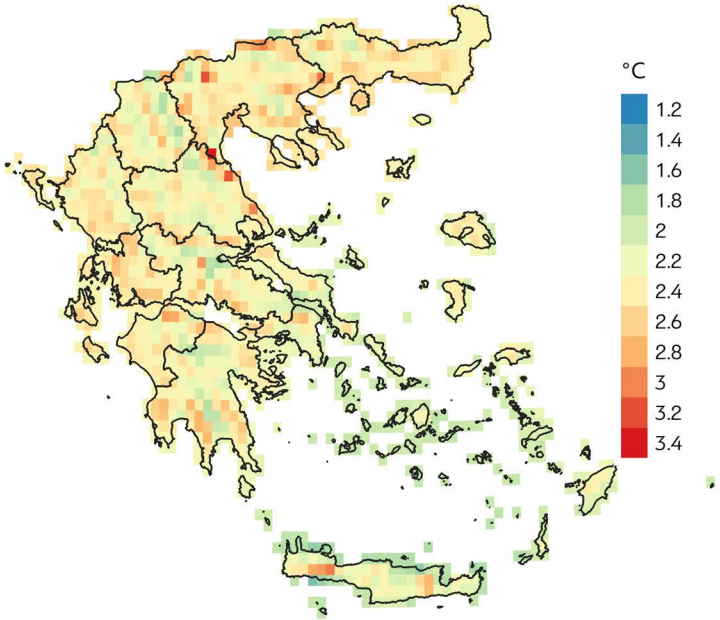
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Σχετικά με τις μεταβολές των εποχιακών τιμών της θερμοκρασίας, οι μεγαλύτερες αυξήσεις εκτιμάται ότι θα παρατηρηθούν κατά τη διάρκεια των εαρινών και καλοκαιρινών μηνών για όλα τα σενάρια συγκεντρώσεων. Συγκεκριμένα, η μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών μεταξύ της περιόδου 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς, εκτιμάται πως θα υπερβεί ανά περιοχές τους 2 °C και τους 2,5 °C για τα σενάρια RCP 2.6 και 4.5 αντίστοιχα, ενώ για το σενάριο RCP 8.5 η θερμοκρασία θα αυξηθεί έως και 3,4 °C στην ηπειρωτική Ελλάδα (Σχήμα 10). Κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και της χειμερινής περιόδου, οι μεταβολές είναι μικρότερες και οι υψηλότερες τιμές εντοπίζονται κυρίως στην ορεινή Ελλάδα, όπου και ταυτίζονται με τις περιοχές χαμηλότερων τιμών της θερμοκρασίας (Σχήμα 11).

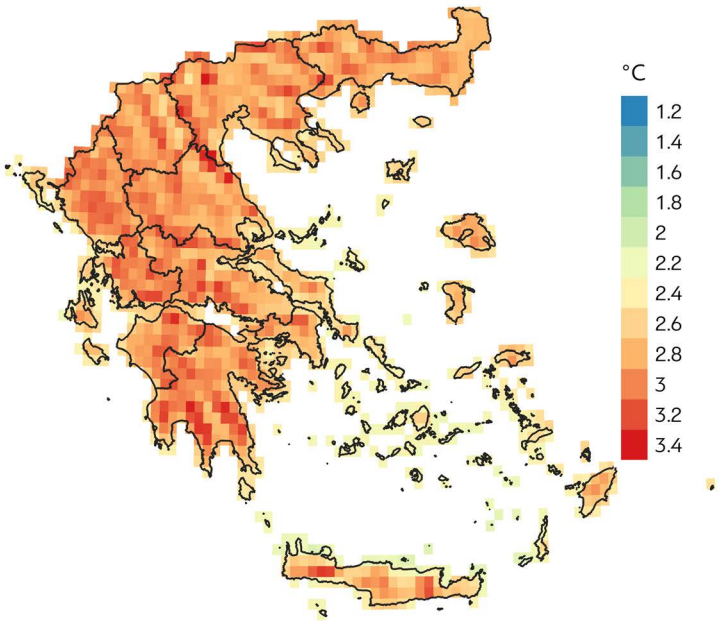
Σχήμα 10. Μεταβολές της μέσης θερμοκρασίας κατά τους θερινούς μήνες για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ της περιόδου 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000



Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας των καλοκαιρινών μηνών (°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



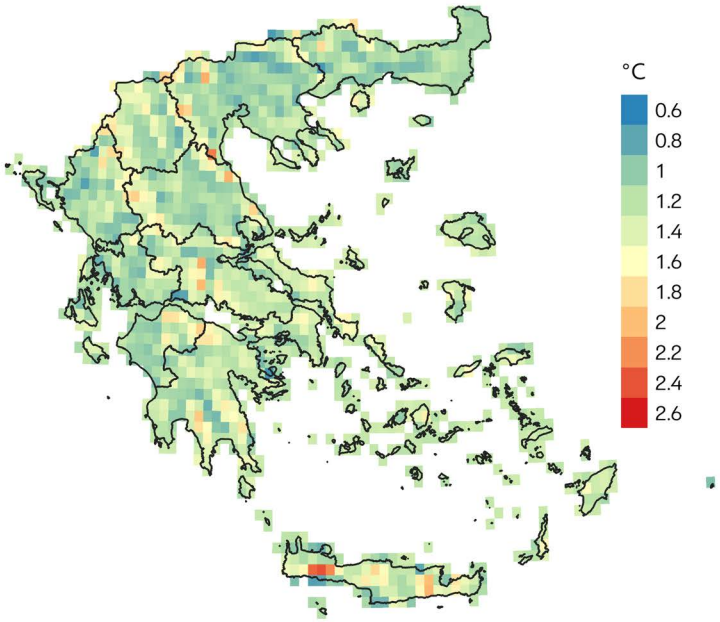
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας των καλοκαιρινών μηνών (°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



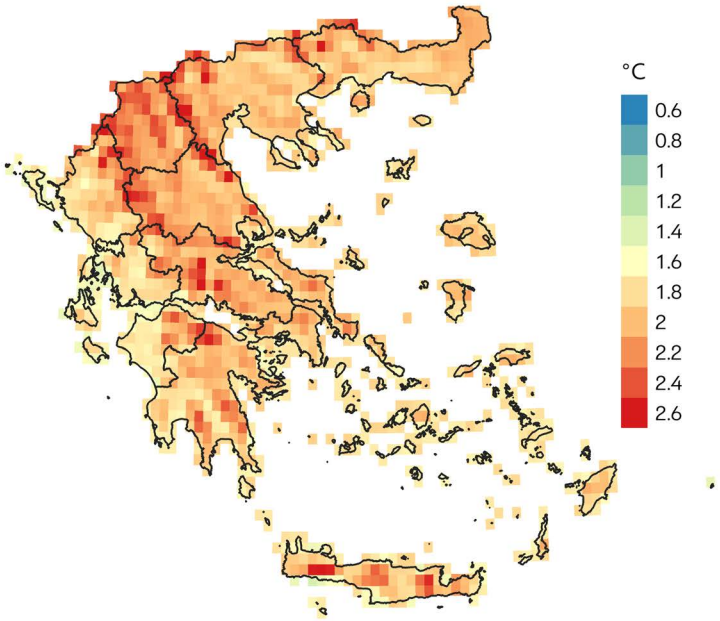
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας των καλοκαιρινών μηνών (°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Σχήμα 11. Μεταβολές της θερμοκρασίας κατά τη χειμερινή περίοδο για τα σενάρια RCP 4.5 και 8.5 για τη μελλοντική περίοδο 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000



Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας των χειμερινών μηνών (°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας των χειμερινών μηνών (°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

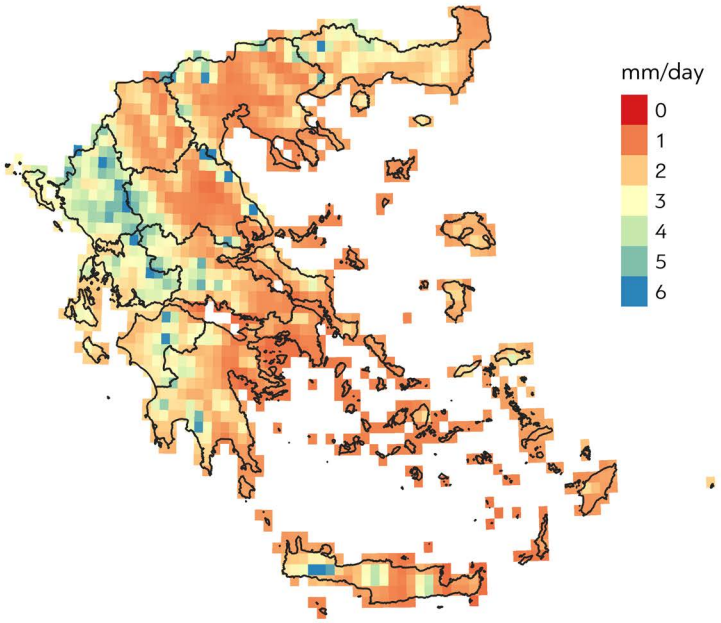
Η κύρια επίδραση της θερμοκρασίας σχετίζεται με την ανάπτυξη των καλλιεργειών που ξεκινά όταν η θερμοκρασία υπερβεί ένα όριο και επηρεάζει επίσης τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να έχει είτε θετική είτε αρνητική συνέπεια στη συγκομιδή και εξαρτάται από το είδος καλλιέργειας. Οι μεταβολές της θερμοκρασίας επιδρούν στο διαθέσιμο ποσό υγρασίας για ανάπτυξη των καλλιεργειών ανεξάρτητα από τις μεταβολές της βροχόπτωσης. Στην κτηνοτροφία η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να μειώσει την ανθεκτικότητα των εκτρεφόμενων ζώων και να οδηγήσει σε μείωση της παραγωγής (Parry, 1990).

Βροχόπτωση

Η χωρική κατανομή του ύψους βροχής καθορίζεται από δυναμικά αίτια και από το ανάγλυφο και παρουσιάζει σημαντική μεταβλητότητα στον ελλαδικό χώρο. Τα υψηλότερα ύψη βροχής εντοπίζονται στη Δυτική Ελλάδα και στις ορεινές περιοχές (ορεινή Πελοπόννησο, Ήπειρο-Θεσσαλία) ενώ χαμηλά ύψη βροχής παρατηρούνται στην Ανατολική Ελλάδα. Χαρακτηριστικά, στα νησιά του Ιονίου Πελάγους παρατηρείται πολύ υψηλότερο ύψος βροχής από το νησιωτικό σύμπλεγμα του Αιγαίου Πελάγους (Σχήμα 12).

Οι κλιματικές προσομοιώσεις για τις μελλοντικές υποπεριόδους σχετίζονται κυρίως με μείωση της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης που εντοπίζεται στην Κρήτη, τη Νοτιοανατολική Πελοπόννησο και τη Στερεά Ελλάδα (Σχήμα 13). Ειδικότερα, για το δυσμενές σενάριο RCP 8.5, παρατηρείται περαιτέρω μείωση για την υποπερίοδο 2046-2065 σε σύγκριση με την υποπερίοδο 2026-2045, ως αποτέλεσμα της συνεχόμενης αύξησης της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου.

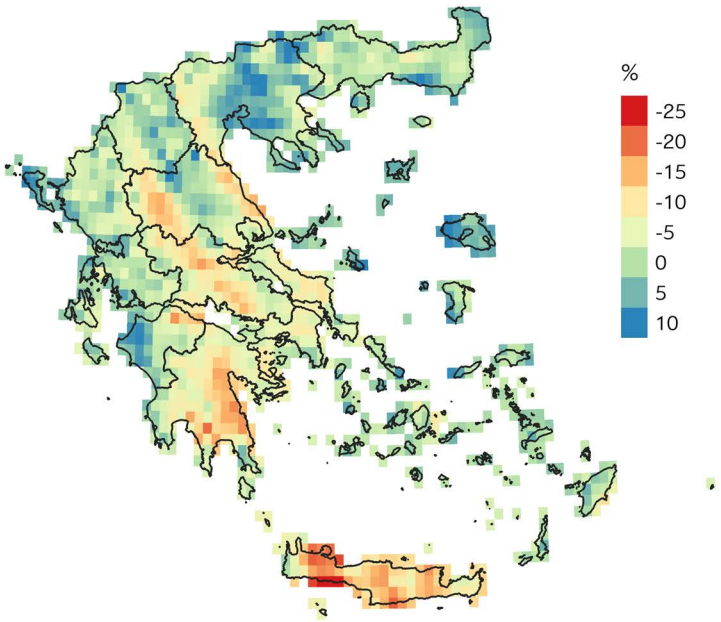
Σχήμα 12. Γεωγραφική κατανομή του ύψους βροχής στον ελλαδικό χώρο κατά την περίοδο αναφοράς (1971-2000)



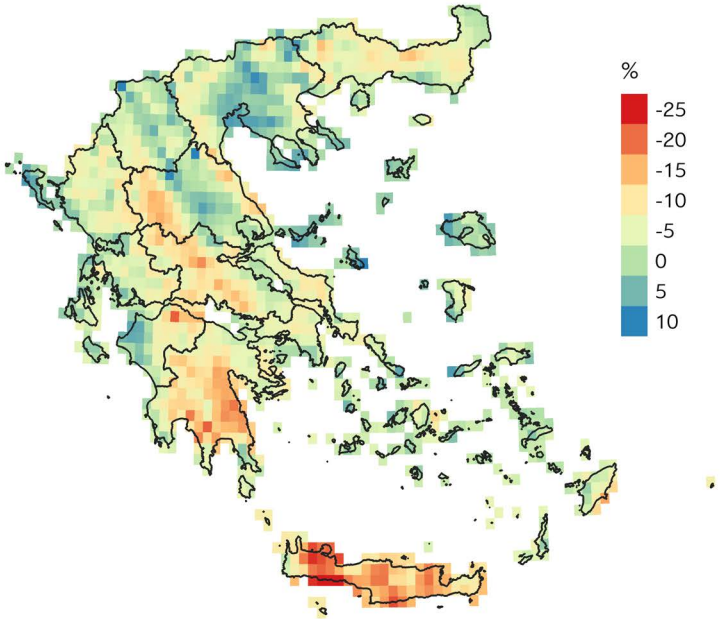
Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm/day)
Περίοδος: 1971-2000

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

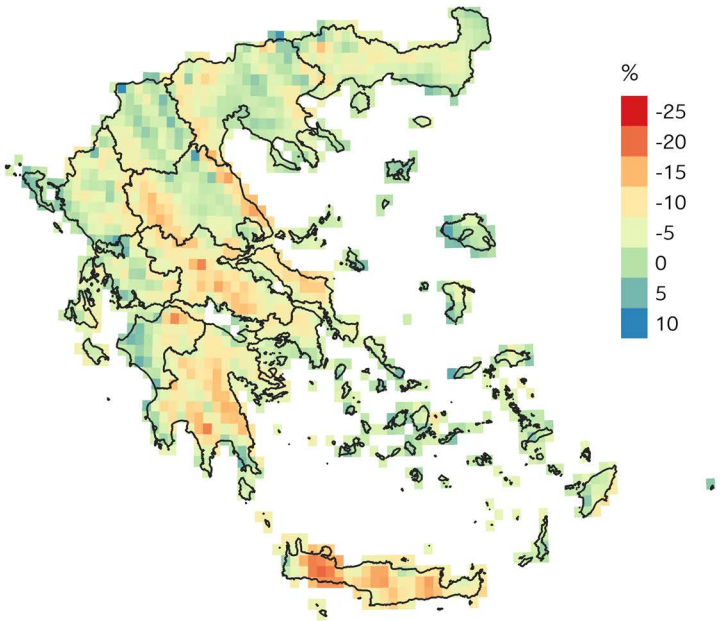
Σχήμα 13. Ποσοστιαίες μεταβολές της ετήσιας βροχόπτωσης για τα σενάρια RCP 4.5 και 8.5 για τις μελλοντικές περιόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000



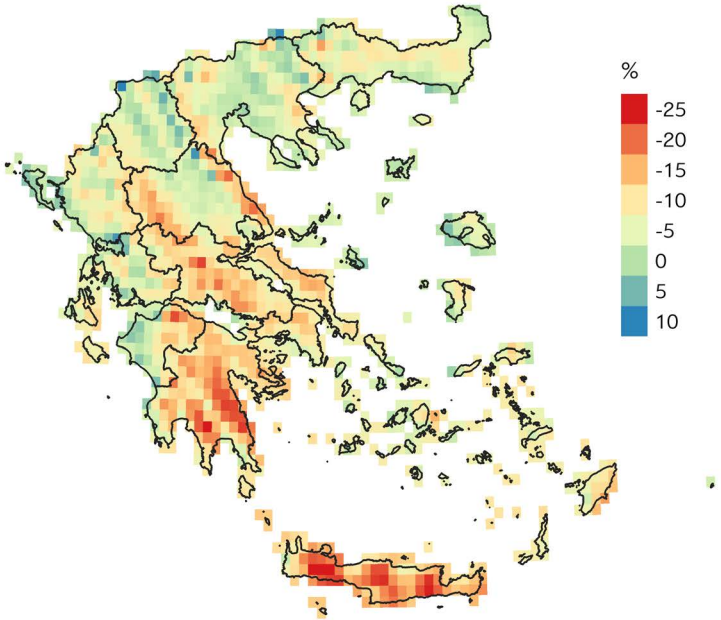
Ποσοστιαία μεταβολή της ετήσιας βροχόπτωσης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Ποσοστιαία μεταβολή της ετήσιας βροχόπτωσης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Ποσοστιαία μεταβολή της ετήσιας βροχόπτωσης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

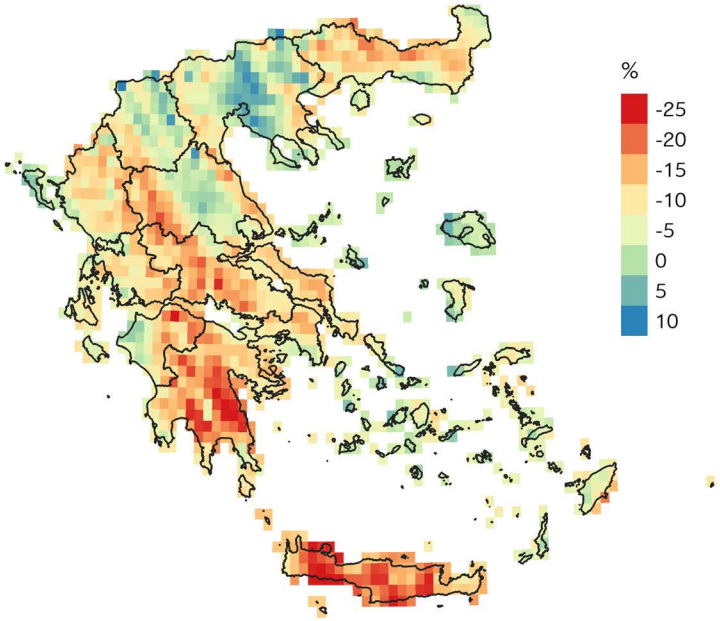


Ποσοστιαία μεταβολή της ετήσιας βροχόπτωσης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

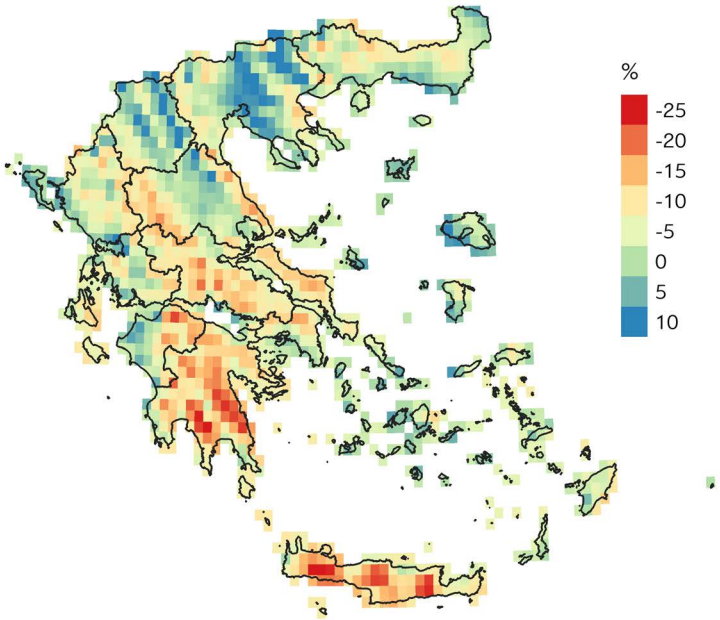
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Σε εποχιακή βάση, η υψηλότερη μείωση του ύψους βροχής σε απόλυτες τιμές παρατηρείται κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ αντίθετα κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου το ύψος βροχής στον ελλαδικό χώρο για όλα τα σενάρια συγκεντρώσεων παρουσιάζει μικρές μεταβολές σε mm ανά ημέρα. Οι αντίστοιχες ποσοστιαίες μεταβολές παρουσιάζονται στο Σχήμα 14. Πρέπει να σημειωθεί, επίσης, ο ρόλος της αύξησης της θερμοκρασίας στο συνολικό ύψος βροχής, καθώς η αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει και τη δυνατότητα της ατμόσφαιρας να συγκρατεί υδρατμούς.

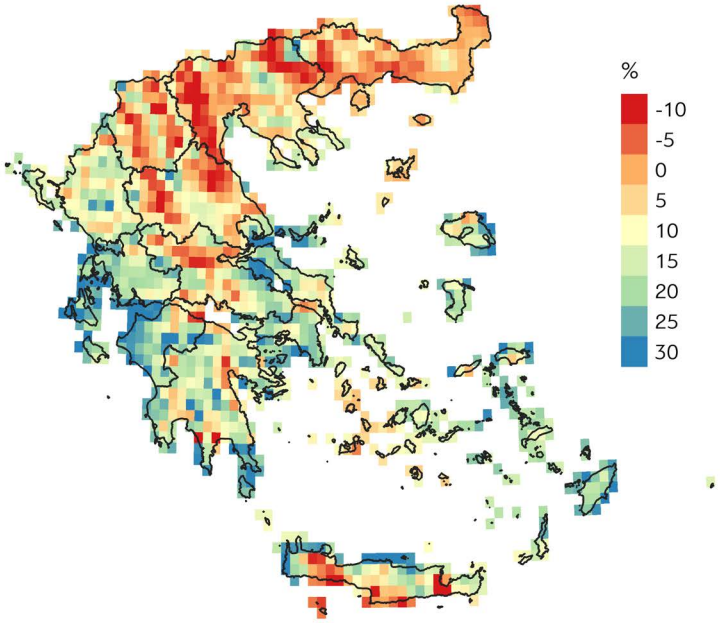
Σχήμα 14. Ποσοστιαίες μεταβολές της βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια των χειμερινών και των καλοκαιρινών μηνών για τα σενάρια RCP 4.5 και 8.5 και για τη μελλοντική περίοδο 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000



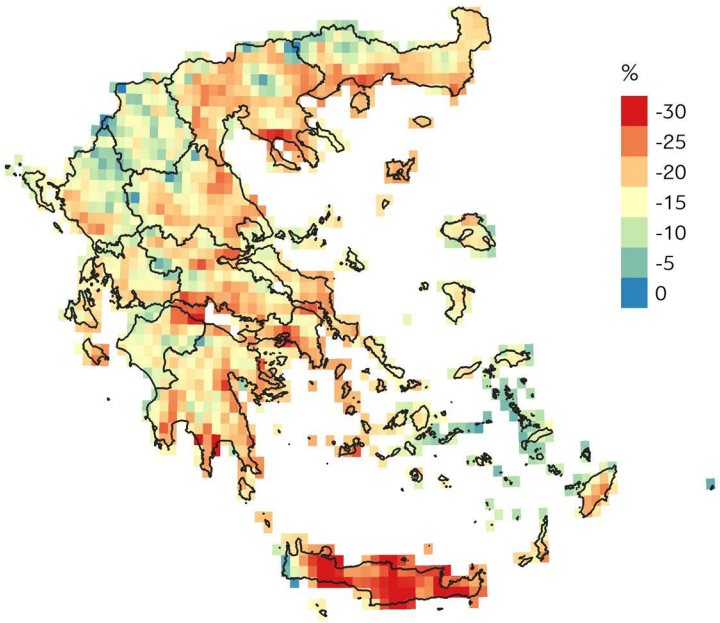
Ποσοστιαία μεταβολή της βροχόπτωσης των χειμερινών μηνών
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Ποσοστιαία μεταβολή της βροχόπτωσης των χειμερινών μηνών
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



Ποσοστιαία μεταβολή της βροχόπτωσης των καλοκαιρινών μηνών
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



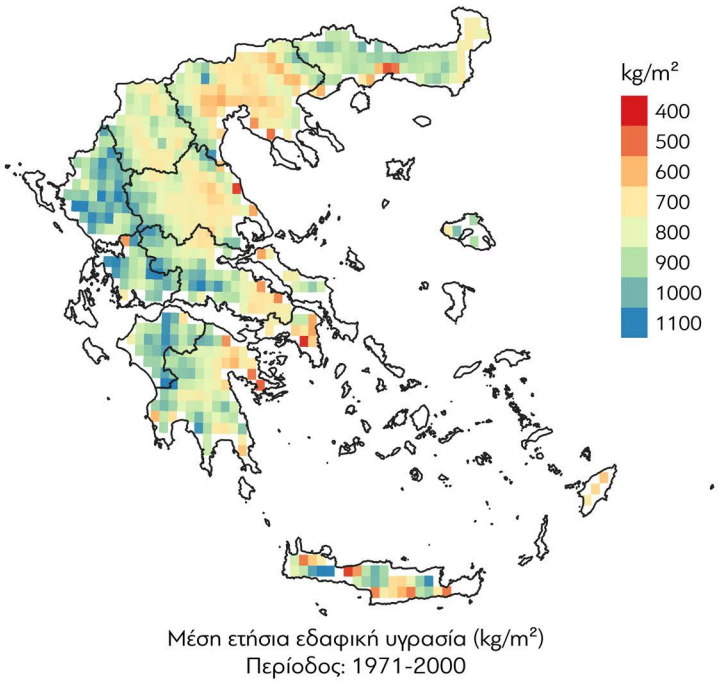
Ποσοστιαία μεταβολή της βροχόπτωσης των καλοκαιρινών μηνών
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Εδαφική υγρασία

Η διαθεσιμότητα του εδαφικού νερού αποτελεί κρίσιμη παράμετρο για τη γεωργική παραγωγή, και σε συνδυασμό με την αύξηση της θερμοκρασίας σχετίζεται με την ευαισθησία των καλλιεργειών. Η χωρική κατανομή της εδαφικής υγρασίας στον ελλαδικό χώρο παρουσιάζει σημαντική μεταβλητότητα, με τις μέγιστες τιμές της να ταυτίζονται με τις περιοχές υψηλής βροχόπτωσης (Δυτική Ελλάδα), ενώ μικρότερες παρατηρούνται στην ανατολική ηπειρωτική χώρα (Σχήμα 15).

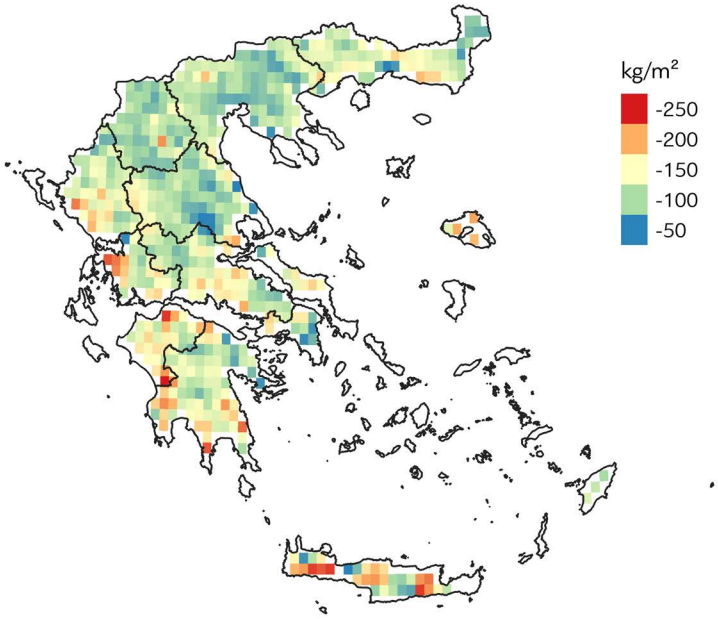
Σχήμα 15. Χωρική κατανομή της εδαφικής υγρασίας στην Ελλάδα κατά την περίοδο αναφοράς 1971-2000



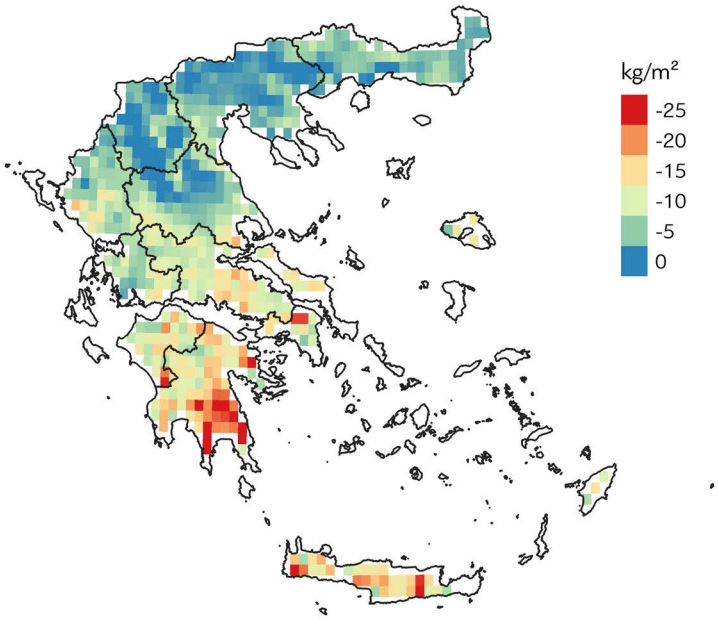
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Οι κλιματικές προσομοιώσεις για το σύνολο των σεναρίων αποτυπώνουν μείωση της εδαφικής υγρασίας κυρίως στη Νότια και Δυτική Ελλάδα. Στο Σχήμα 16 αποτυπώνεται η μεταβολή της εδαφικής υγρασίας για τις δύο υποπεριόδους για το σενάριο RCP 8.5.

Σχήμα 16. Μεταβολή της ετήσιας εδαφικής υγρασίας για το σενάριο RCP 8.5 για τη μελλοντική περίοδο 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και διαφορά της εδαφικής υγρασίας για το RCP 8.5 μεταξύ των δύο μελλοντικών υποπεριόδων



Μεταβολή στη μέση ετήσια εδαφική υγρασία (kg/m²)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

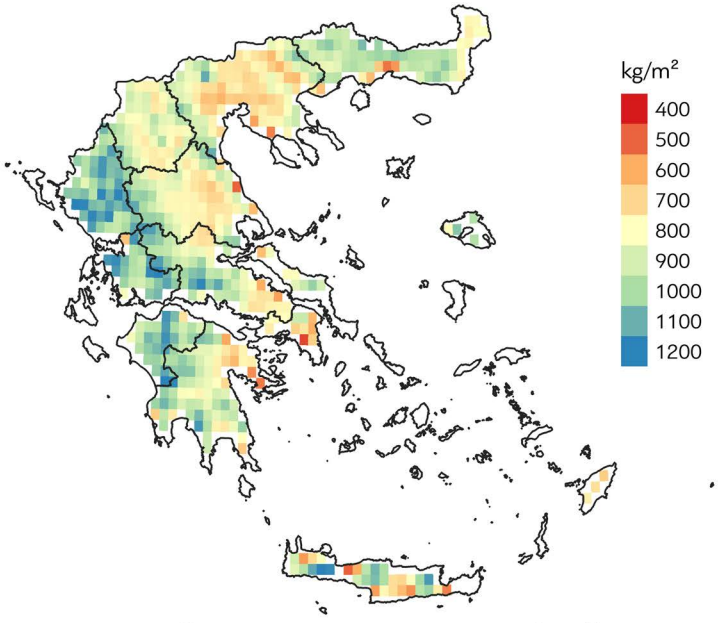


Διαφορά στη μέση ετήσια εδαφική υγρασία (kg/m²)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 2026-2045
Σενάριο: RCP 8.5

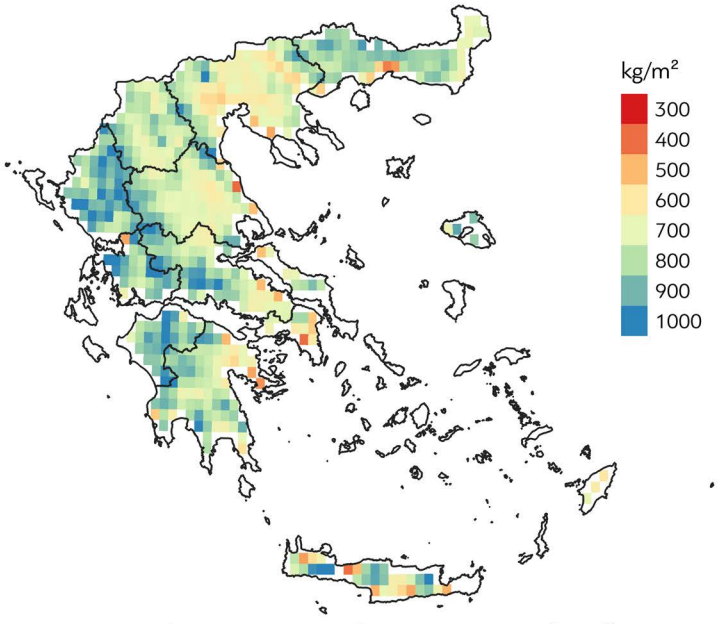
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Η εποχιακή κύμανση της εδαφικής υγρασίας για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 παρουσιάζει τις μικρότερες τιμές κατά τη διάρκεια της θερινής και της φθινοπωρινής περιόδου, ενώ μεγαλύτερες τιμές παρατηρούνται τους χειμερινούς και εαρινούς μήνες (Σχήμα 17).

Σχήμα 17. Εποχιακή κύμανση της εδαφικής υγρασίας για την περίοδο αναφοράς 1971-2000



Μέση εδαφική υγρασία χειμερινών μηνών (kg/m²)
Περίοδος: 1971-2000

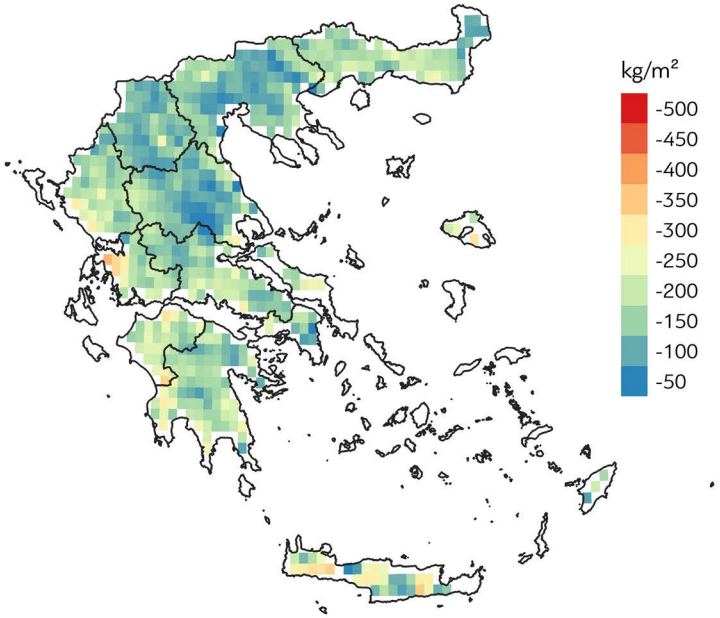


Μέση εδαφική υγρασία καλοκαιρινών μηνών (kg/m²)
Περίοδος: 1971-2000

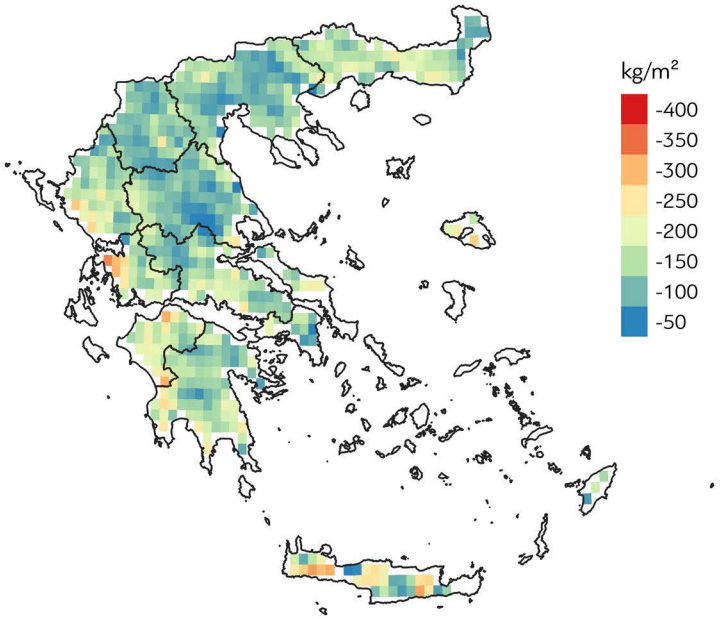
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Οι τιμές της εδαφικής υγρασίας κατά τους εαρινούς και καλοκαιρινούς μήνες σχετίζονται επίσης και με τον κίνδυνο εμφάνισης δασικών πυρκαγιών που θέτουν σε κίνδυνο την αγροτική παραγωγή και την κτηνοτροφία. Σε συμφωνία με τα αποτελέσματα σε ετήσια βάση, οι εποχιακές μεταβολές για όλα τα σενάρια σχετίζονται με μείωση της εδαφικής υγρασίας, με τη μεγαλύτερη μείωση να αναμένεται τη θερινή και εαρινή περίοδο (Σχήμα 18).

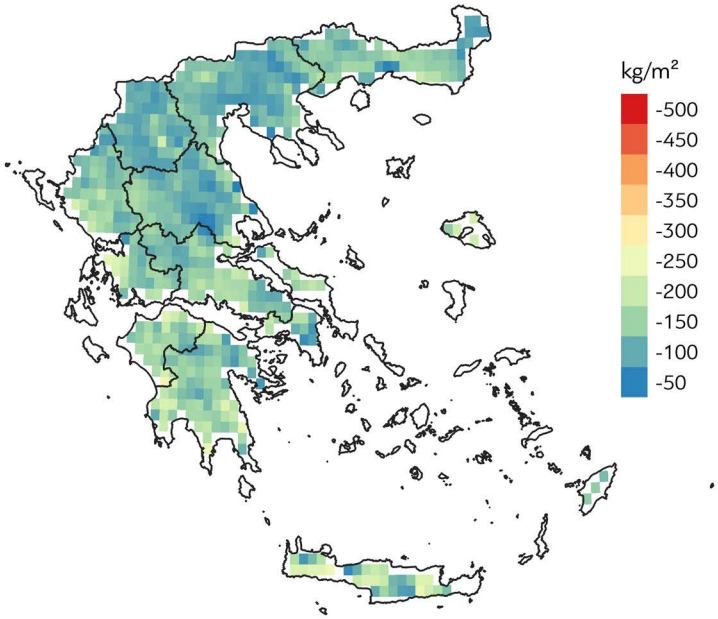
Σχήμα 18. Μεταβολές της εδαφικής υγρασίας ανά εποχή για τη μεσοπρόθεσμη περίοδο 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς για τα σενάρια RCP 4.5 και 8.5



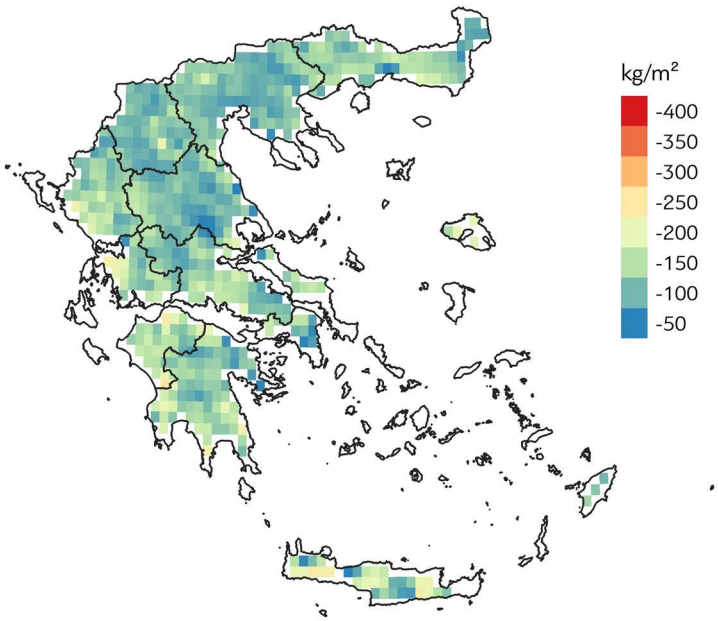
Μεταβολή στην εδαφική υγρασία των εαρινών μηνών (kg/m²)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή στην εδαφική υγρασία των καλοκαιρινών μηνών (kg/m²)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή στην εδαφική υγρασία των εαρινών μηνών (kg/m²)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



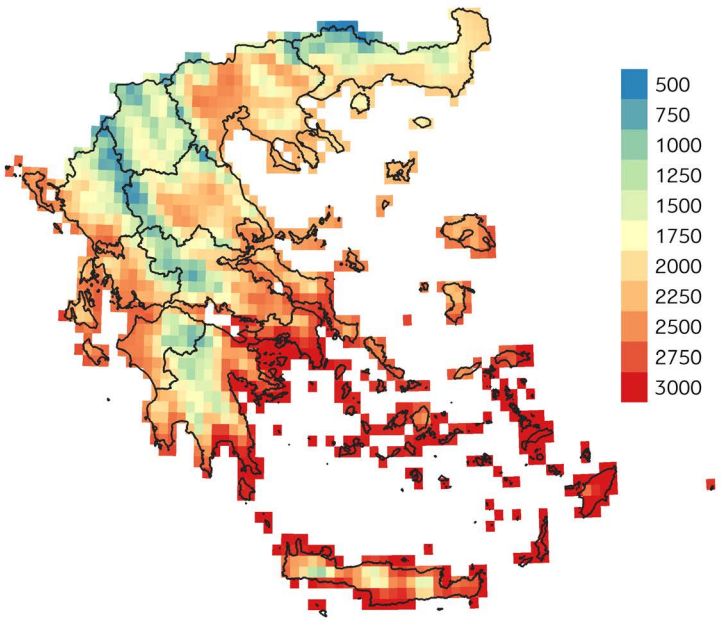
Μεταβολή στην εδαφική υγρασία των καλοκαιρινών μηνών (kg/m²)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

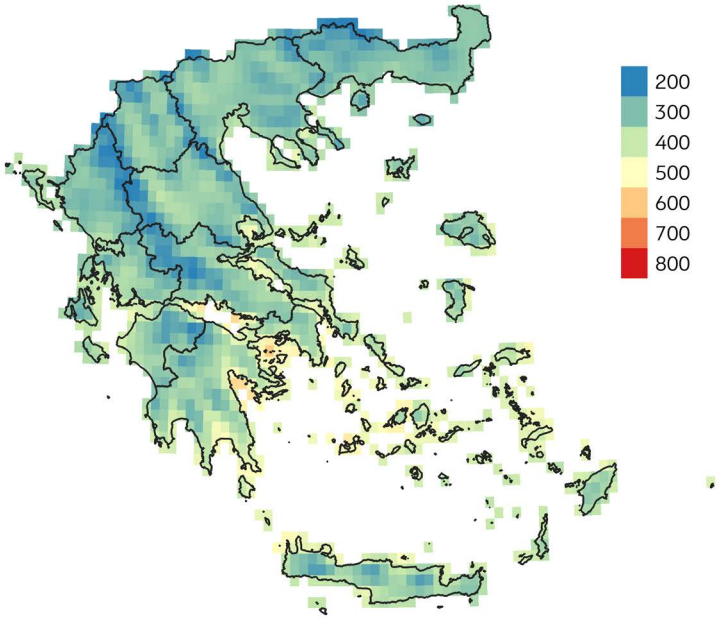
Βαθμονμέρες ανάπτυξης (growing degree days)

Οι βαθμονμέρες ανάπτυξης αποτελούν γεωργικό δείκτη που χρησιμοποιείται για την ποσοτικοποίηση την επίδρασης της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος στην ανάπτυξη των καλλιεργειών και στην αξιολόγηση της καταλληλότητας μιας περιοχής για την παραγωγή μιας συγκεκριμένης καλλιέργειας. Οι βαθμονμέρες ανάπτυξης υπολογίζονται ως το ετήσιο άθροισμα της διαφοράς της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας από μια κρίσιμη τιμή της (η κρίσιμη τιμή εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας, στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιείται η τιμή των 10 °C που χρησιμοποιεί η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία). Στο Σχήμα 19, παρουσιάζεται η μεταβολή των βαθμονμερών ανάπτυξης για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000. Σε όλες τις περιπτώσεις εμφανίζεται αύξηση των βαθμονμερών ανάπτυξης, κάτι που διαμορφώνει ευνοϊκότερες συνθήκες για τις καλλιέργειες στην Ελλάδα, και σε συνδυασμό με την προβλεπόμενη αύξηση των θερμοκρασιών της άνοιξης και του φθινοπώρου θα οδηγήσει επίσης σε μακρύτερες καλλιεργητικές περιόδους.

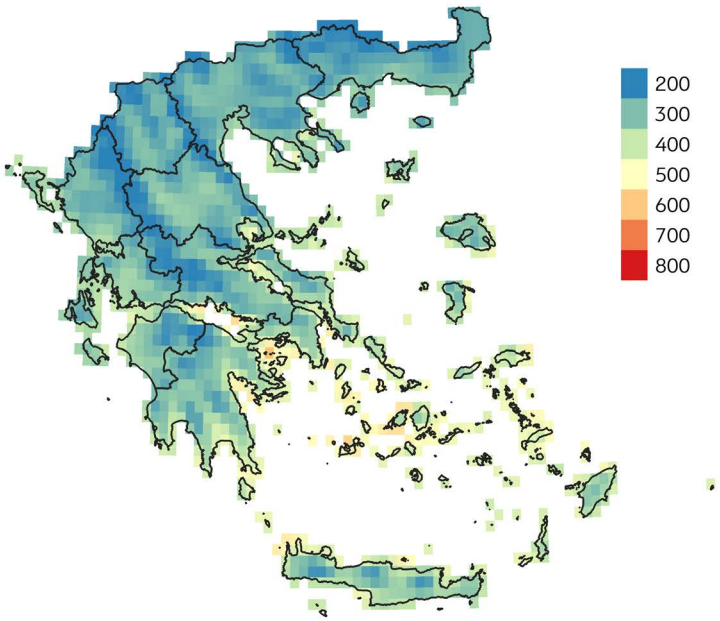
Σχήμα 19. Μεταβολή των βαθμονμερών ανάπτυξης για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000



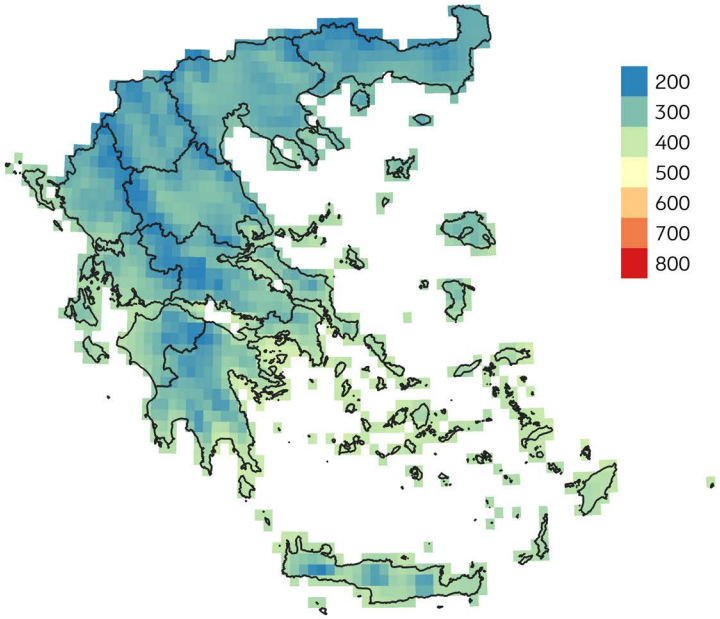
Βαθμονμέρες ανάπτυξης
Περίοδος: 1971-2000



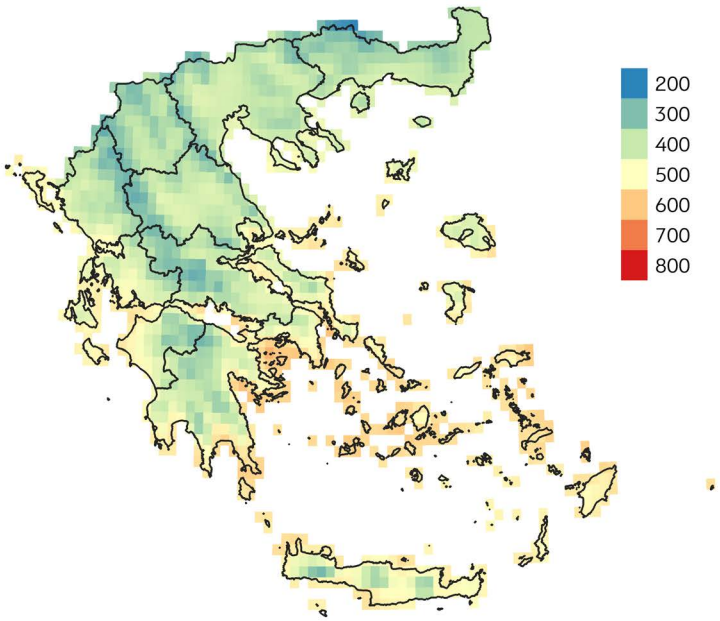
Μεταβολή των βαθμοημερών ανάπτυξης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



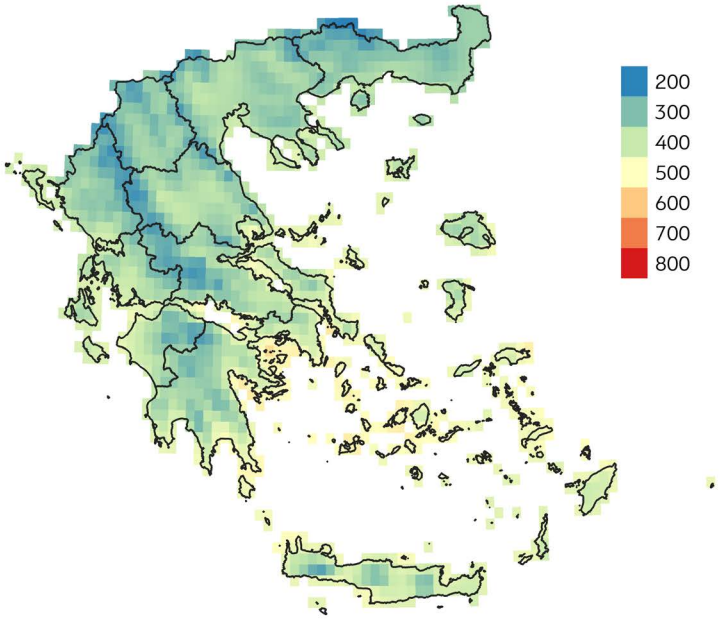
Μεταβολή των βαθμοημερών ανάπτυξης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



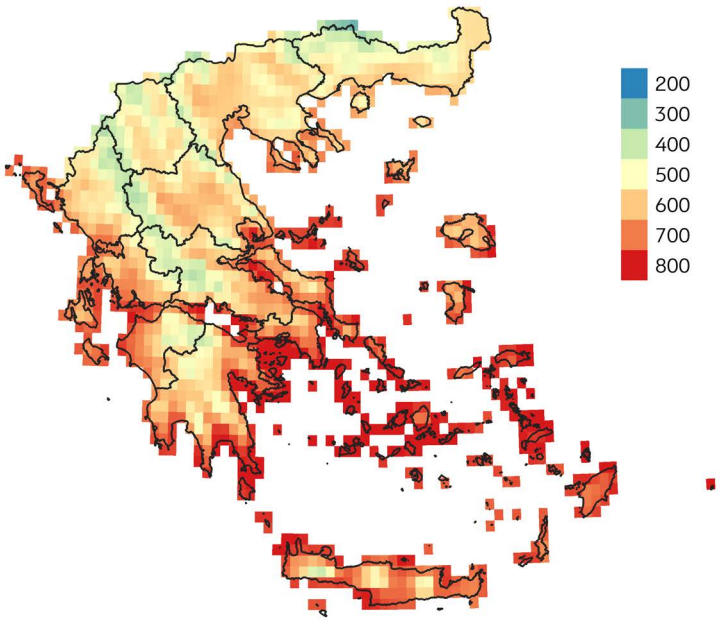
Μεταβολή των βαθμοημερών ανάπτυξης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή των βαθμοημερών ανάπτυξης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή των βαθμοημερών ανάπτυξης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



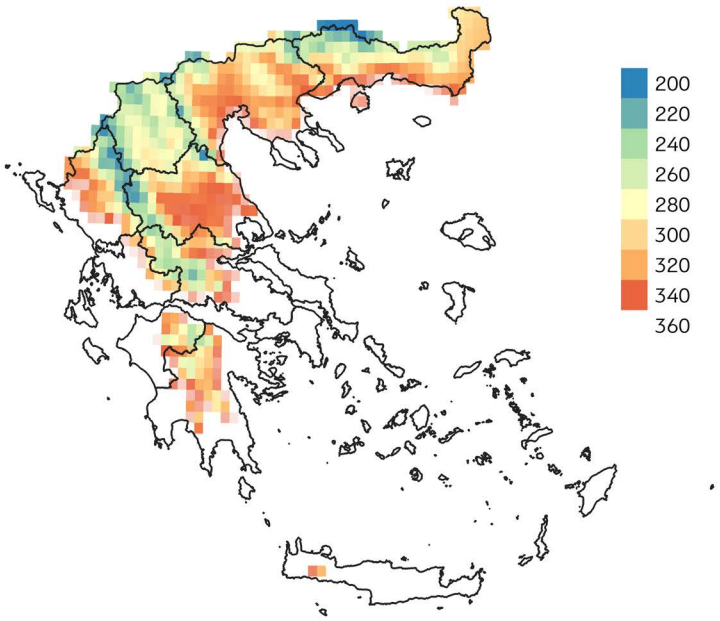
Μεταβολή των βαθμοημερών ανάπτυξης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

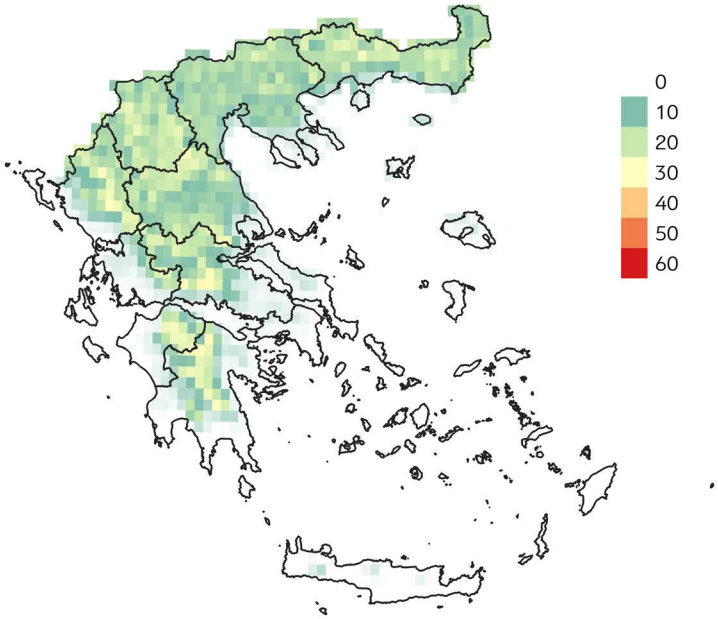
Διάρκεια βλαστικής περιόδου (growing season length)

Η διάρκεια της βλαστικής περιόδου μεταβάλλεται από τόπο σε τόπο και υπολογίζεται ως η διάρκεια ανάπτυξης των καλλιεργειών (EPA, 2016). Ο δείκτης εξαρτάται από τη θερμοκρασία και υπολογίζεται ως ο αριθμός των ημερών μεταξύ της πρώτης περιόδου διάρκειας 6 ημερών με μέση ημερήσια θερμοκρασία άνω των 5 °C, έως την πρώτη περίοδο 6 ημερών με θερμοκρασίες κάτω των 5 °C. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι περισσότερες καλλιέργειες απαιτούν διάρκεια βλαστικής περιόδου τουλάχιστον 90 ημερών. Στο Σχήμα 20 παρουσιάζεται η μεταβολή της βλαστικής περιόδου για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000. Η εκτιμώμενη αύξηση της βλαστικής περιόδου διαμορφώνει ευνοϊκότερες συνθήκες καλλιέργειας σε όλη την Ελλάδα, ενώ είναι πιθανόν ότι θα αυξηθούν οι περιοχές που θα είναι κατάλληλες για καλλιέργεια.

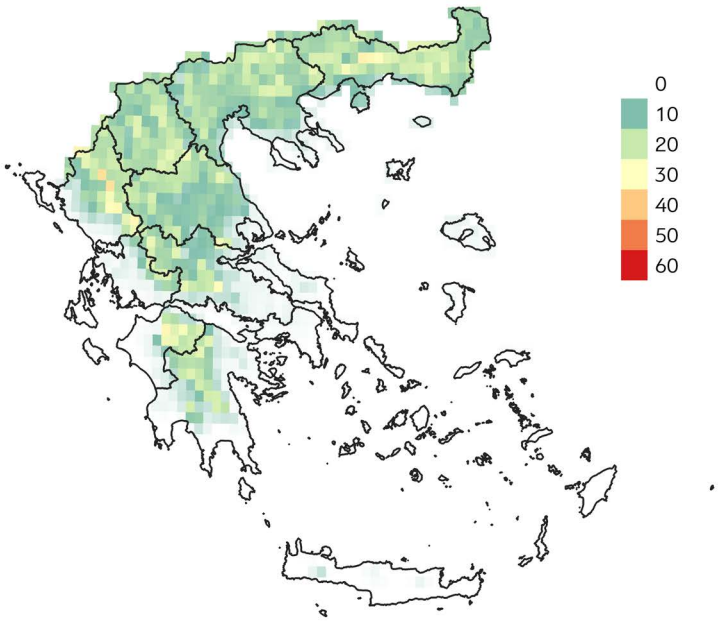
Σχήμα 20. Μεταβολή της βλαστικής περιόδου για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000



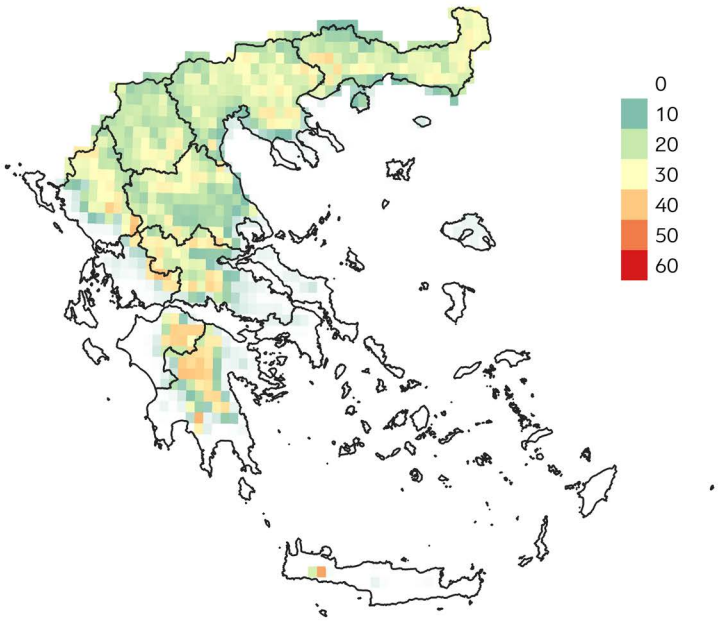
Διαρκεια βλαστικής περιόδου (σε ημέρες)
Περίοδος: 1971-2000



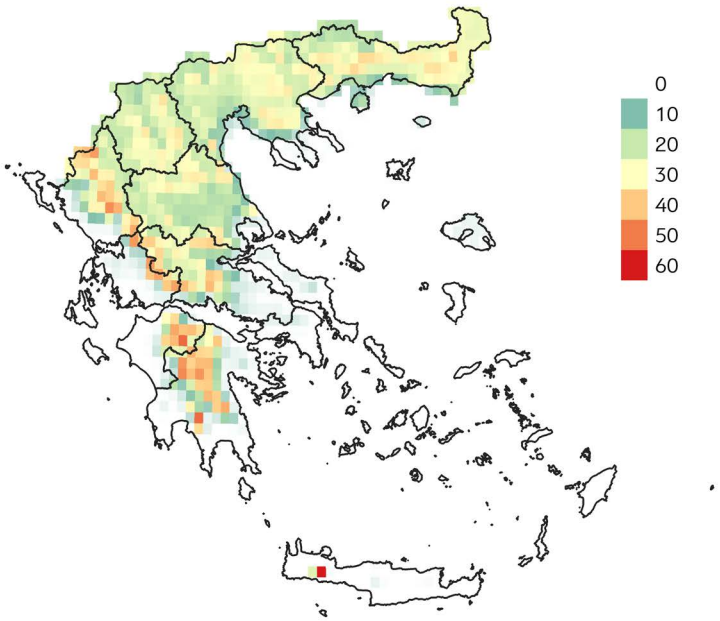
Μεταβολή στη διάρκεια της βλαστικής περιόδου (σε ημέρες)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



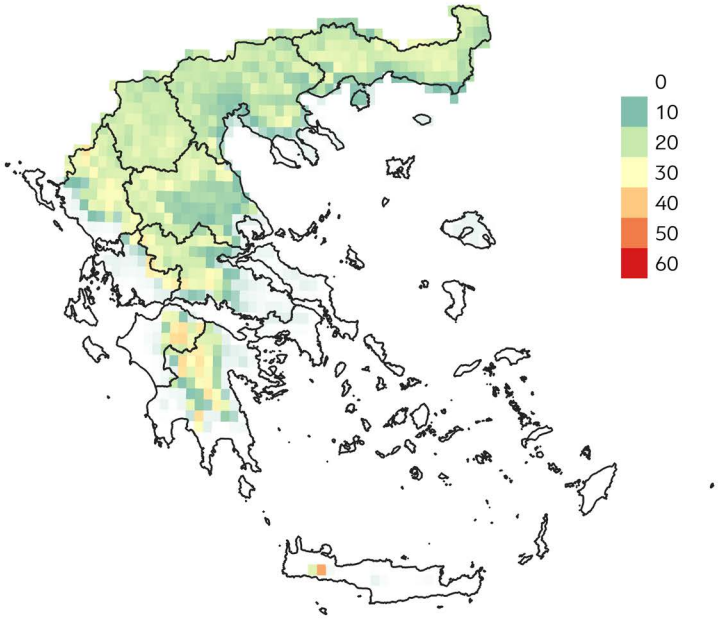
Μεταβολή στη διάρκεια της βλαστικής περιόδου (σε ημέρες)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



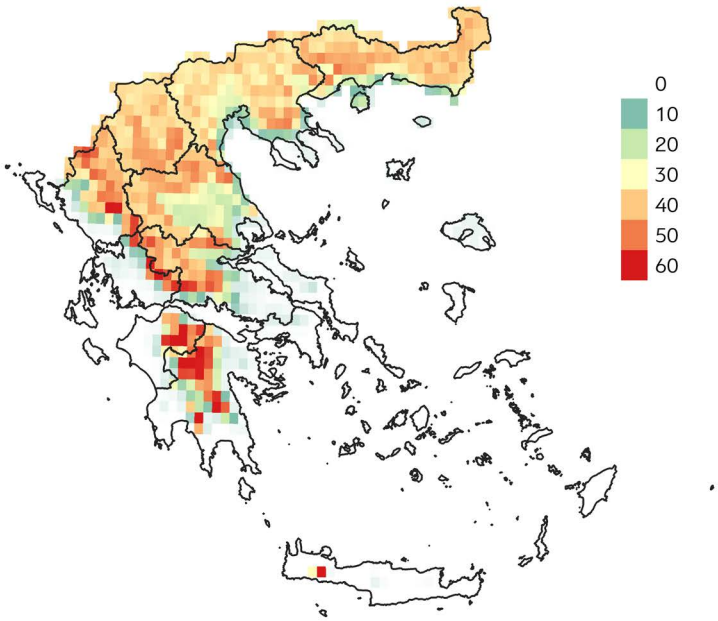
Μεταβολή στη διάρκεια της βλαστικής περιόδου (σε ημέρες)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή στη διάρκεια της βλαστικής περιόδου (σε ημέρες)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή στη διάρκεια της βλαστικής περιόδου (σε ημέρες)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



Μεταβολή στη διάρκεια της βλαστικής περιόδου (σε ημέρες)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

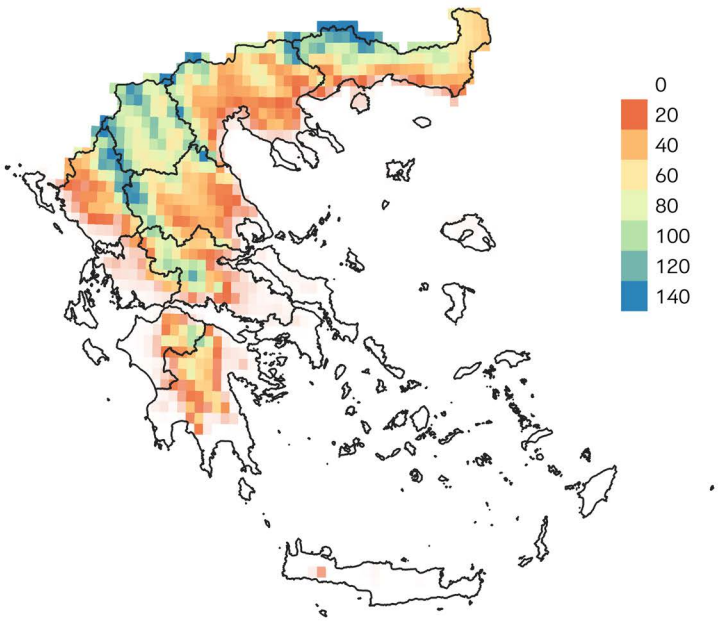
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

2.3.2 Κλιματικοί δείκτες

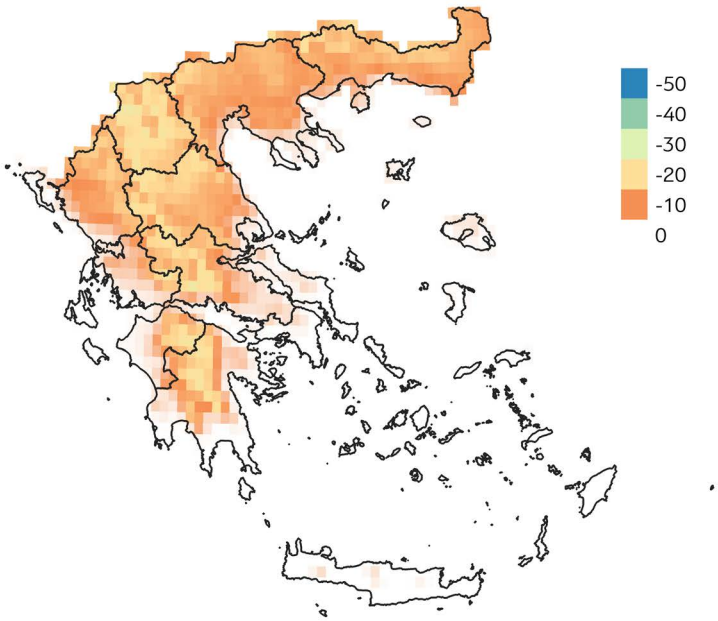
Ημέρες παγετού και ημέρες ολικού παγετού (frost and ice days)

Οι ημέρες παγετού αποτελούν το σύνολο των ημερών κατά τις οποίες η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία δεν υπερβαίνει τους μηδέν βαθμούς Κελσίου. Αντίστοιχα, μια ημέρα χαρακτηρίζεται ως ημέρα ολικού παγετού όταν και η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία δεν υπερβαίνει τους μηδέν βαθμούς Κελσίου. Ο παγετός σχετίζεται με ζημιές στην αγροτική παραγωγή και σημαντικά προβλήματα στην κτηνοτροφία. Οι διαφορές μεταξύ των προσομοιώσεων των περιοχικών κλιματικών μοντέλων για τις δύο μελλοντικές υποπεριόδους (2026-2045 και 2046-2065) σε σύγκριση με την κλιματική περίοδο αναφοράς 1971-2000 για όλα τα σενάρια εκπομπών, παρουσιάζονται στα Σχήματα 21 και 22.

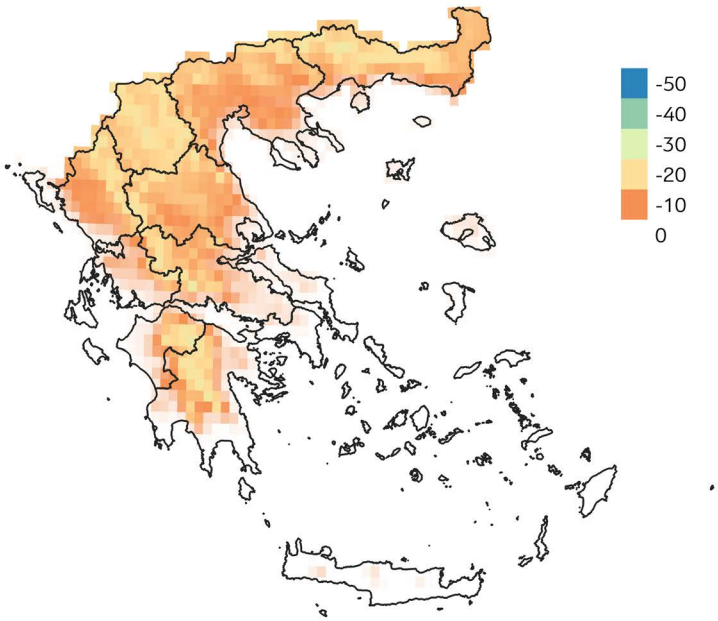
Σχήμα 21. Μεταβολή του αριθμού των ημερών παγετού για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000



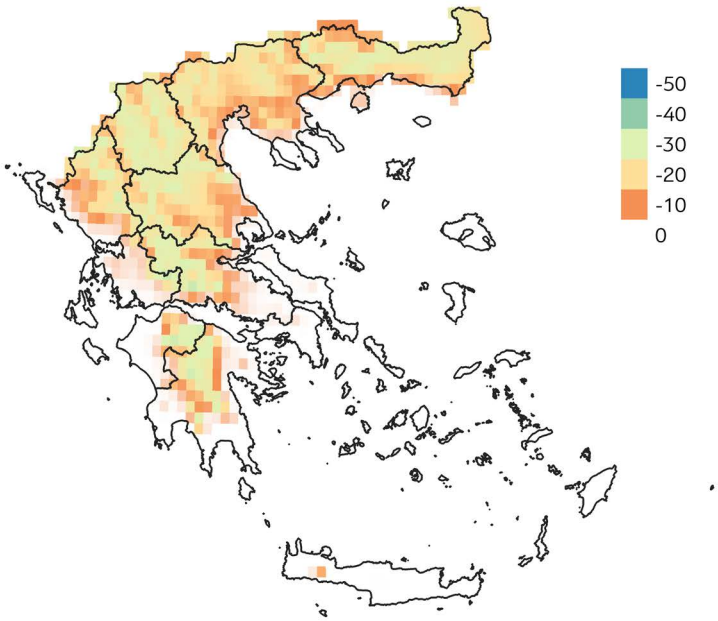
Αριθμός ημερών παγετού
Περίοδος: 1971-2000



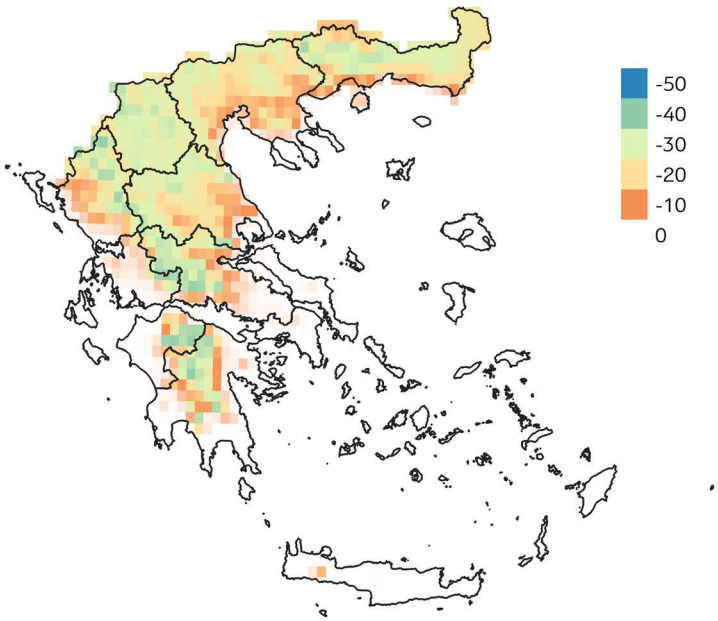
Μεταβολή του αριθμού των ημερών παγετού
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



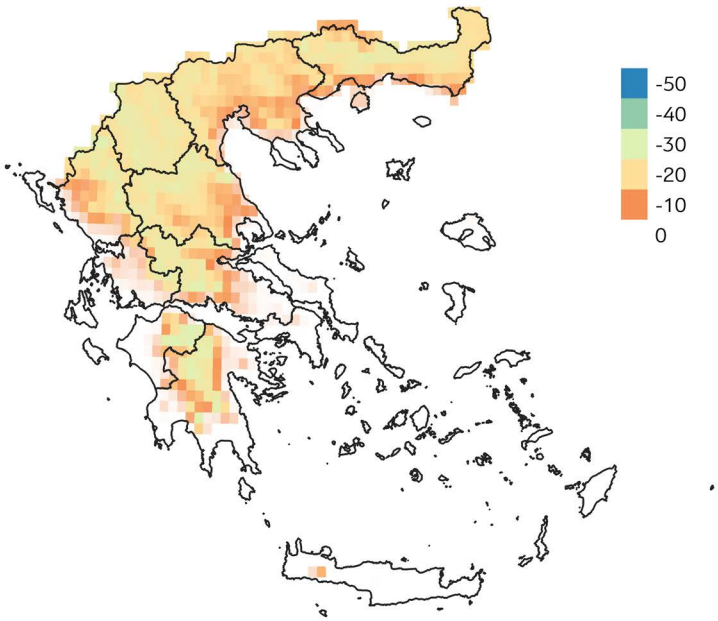
Μεταβολή του αριθμού των ημερών παγετού
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



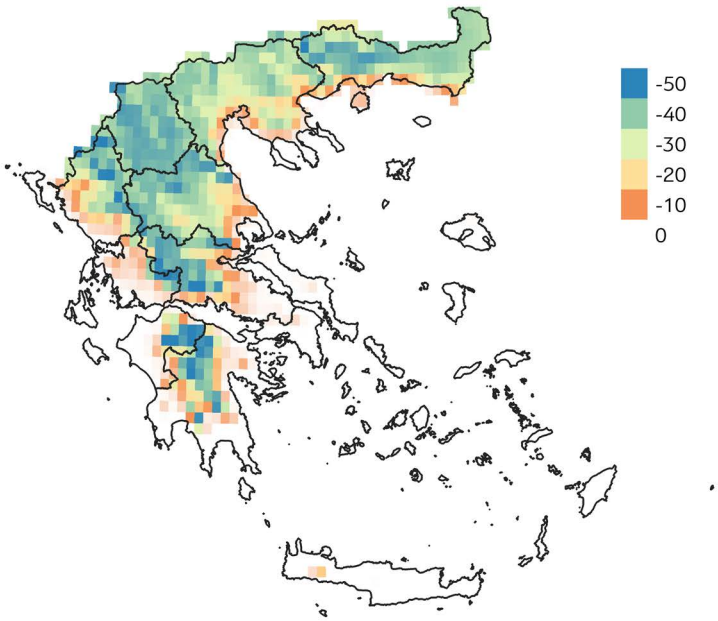
Μεταβολή του αριθμού των ημερών παγετού
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των ημερών παγετού
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



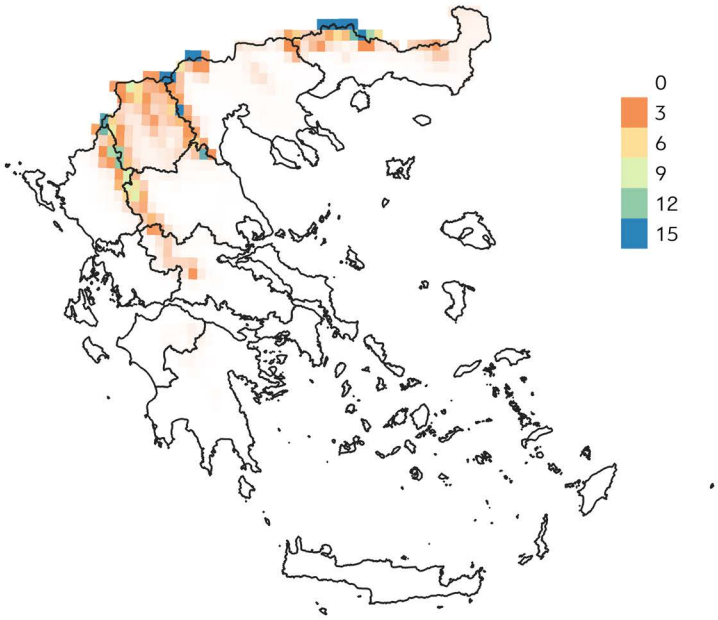
Μεταβολή του αριθμού των ημερών παγετού
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



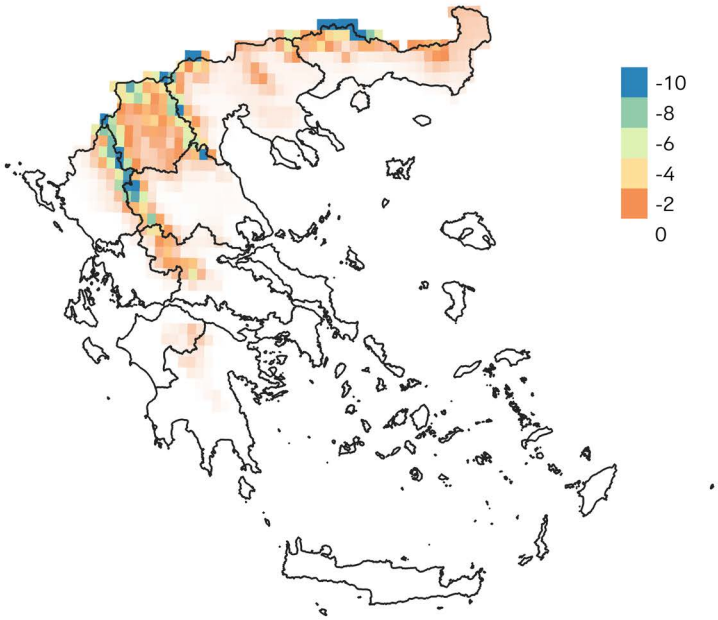
Μεταβολή του αριθμού των ημερών παγετού
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

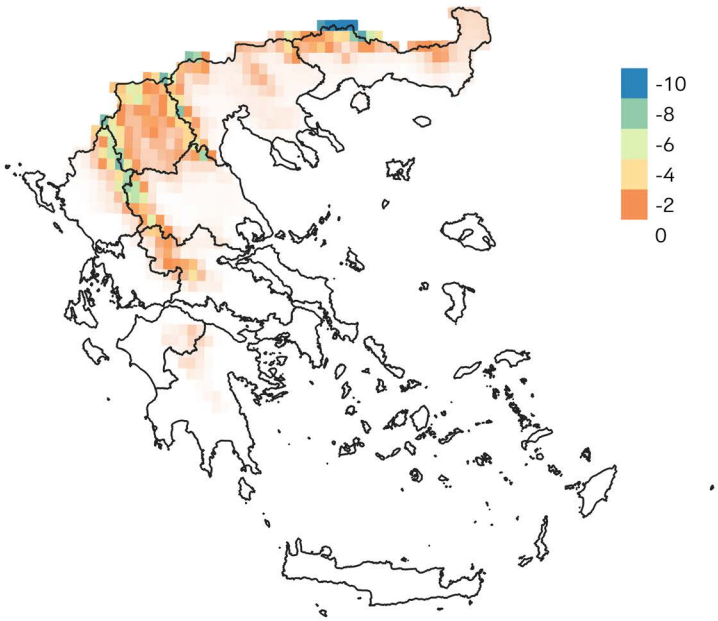
Σχήμα 22. Μεταβολή του αριθμού των ημερών ολικού παγετού για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000



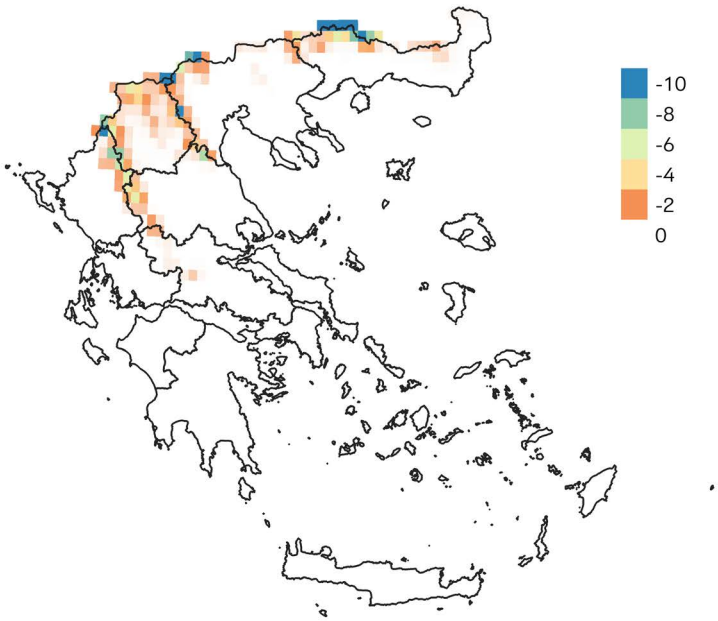
Αριθμός ημερών ολικού παγετού
Περίοδος: 1971-2000



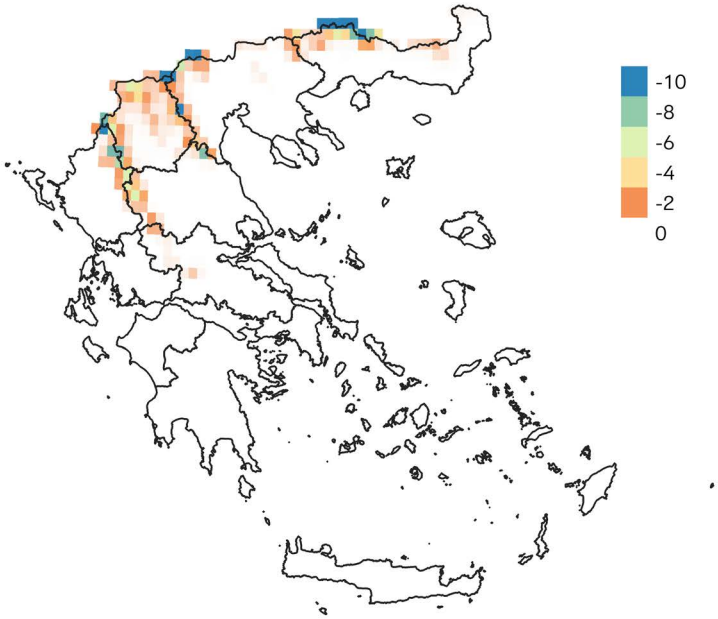
Μεταβολή του αριθμού των ημερών ολικού παγετού
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



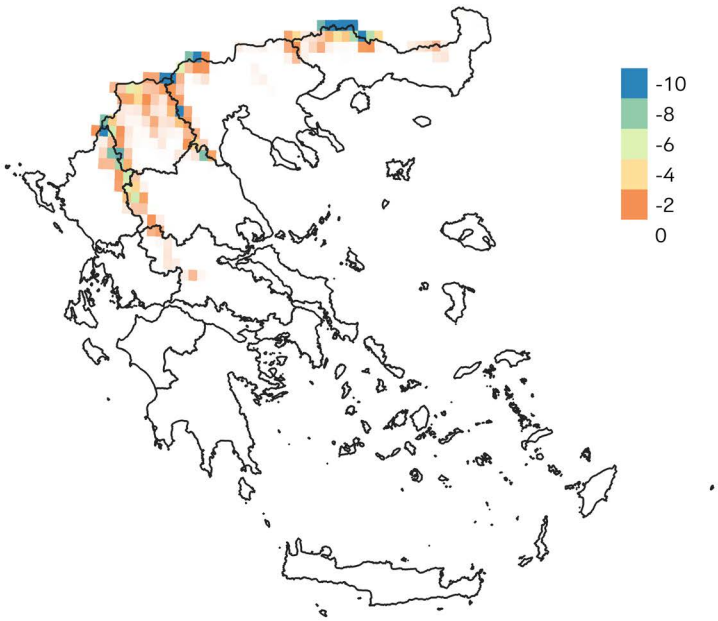
Μεταβολή του αριθμού των ημερών ολικού παγετού
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



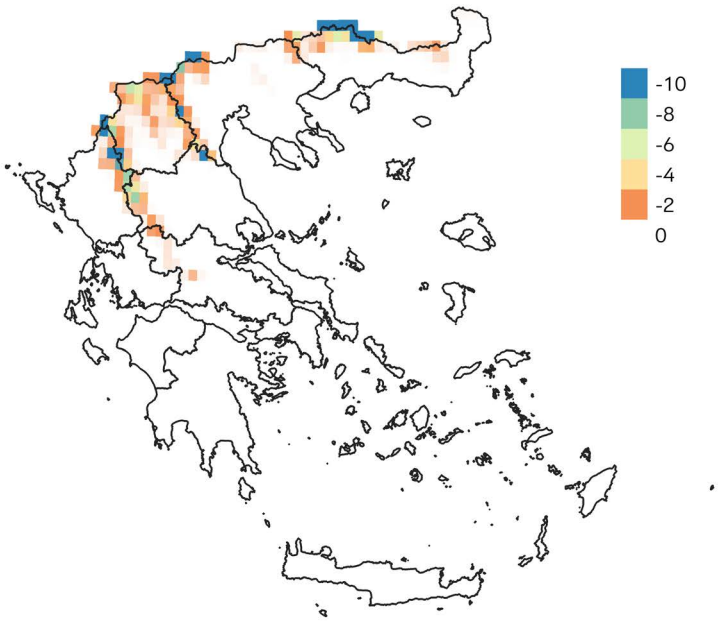
Μεταβολή του αριθμού των ημερών ολικού παγετού
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των ημερών ολικού παγετού
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των ημερών ολικού παγετού
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



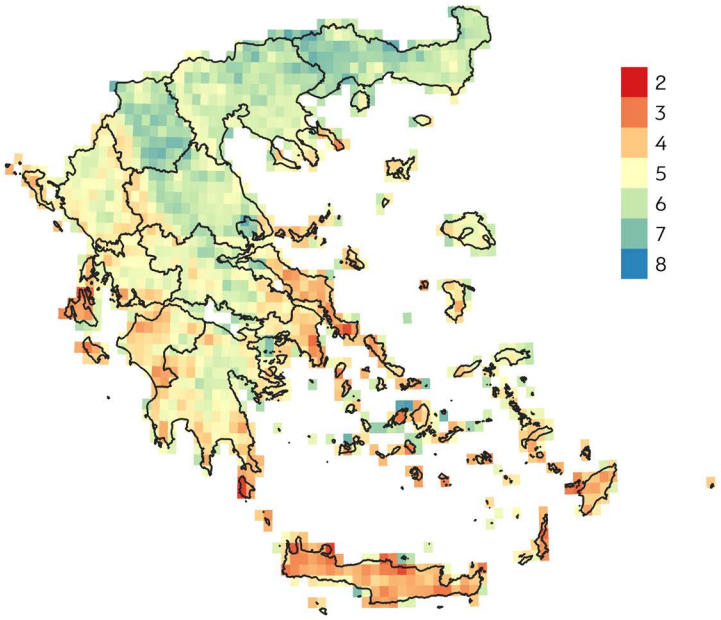
Μεταβολή του αριθμού των ημερών ολικού παγετού
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

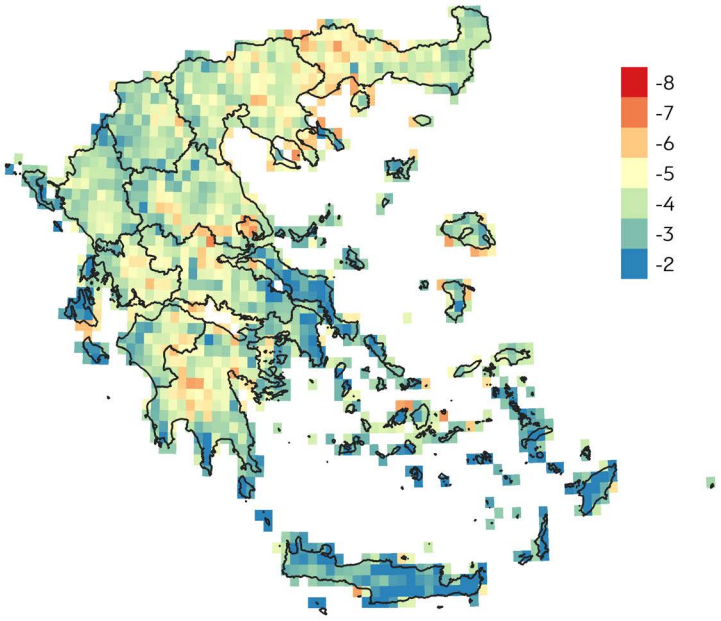
Ημέρες ψυχρών επεισοδίων (cold spell duration index)

Οι ημέρες ψυχρών επεισοδίων σχετίζονται με ασυνήθιστα μακράς διάρκειας περιόδους όπου η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι σημαντικά χαμηλότερη από τις κανονικές κλιματικές συνθήκες για μια συγκεκριμένη περιοχή. Ο δείκτης υπολογίζεται σε ετήσια βάση ως το σύνολο των ημερών που η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία δεν υπερβαίνει το 10-οστό εκατοστημόριο για τουλάχιστον 6 ημέρες. Η επίδραση τέτοιων ακραίων επεισοδίων είναι ιδιαίτερα σημαντική στον τομέα της γεωργίας και στην ανάπτυξη των καλλιεργειών. Οι απόλυτες μεταβολές του δείκτη για τις περιόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000 για τα τρία σενάρια παρουσιάζονται στο Σχήμα 23.

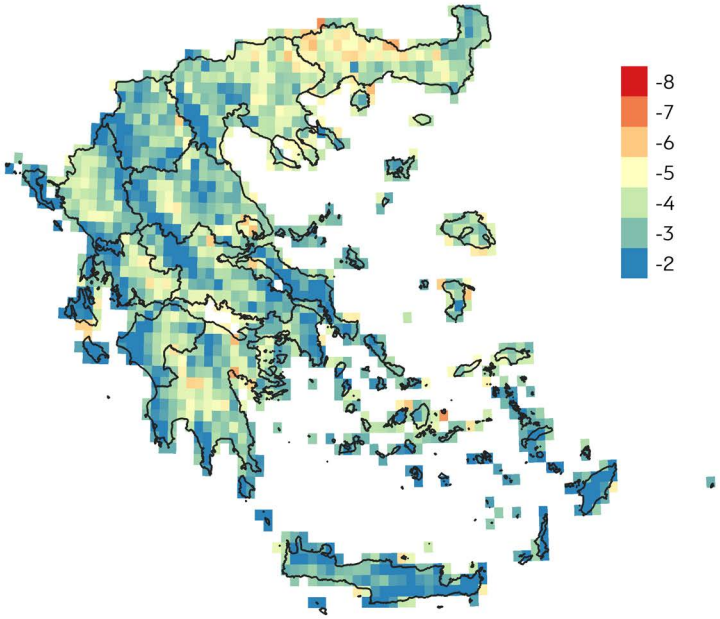
Σχήμα 23. Μεταβολή των ημερών ψυχρών επεισοδίων για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000



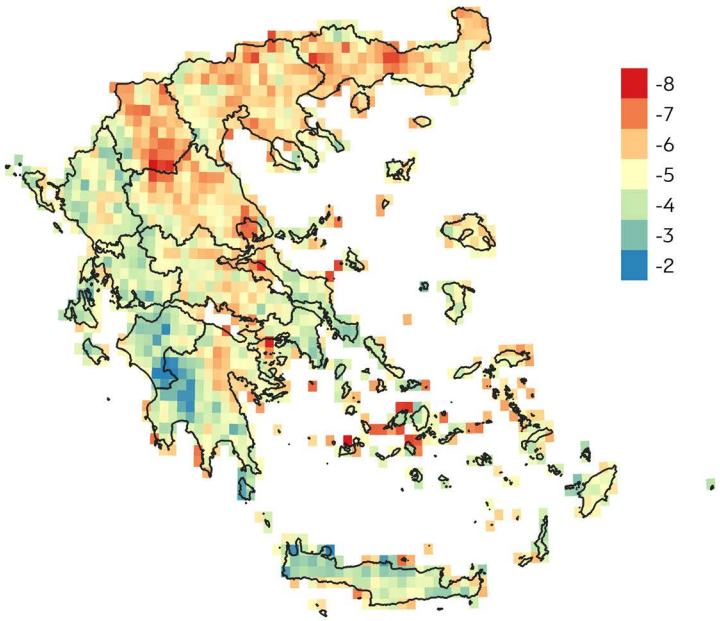
Αριθμός ημερών ψυχρών επεισοδίων
Περίοδος: 1971-2000



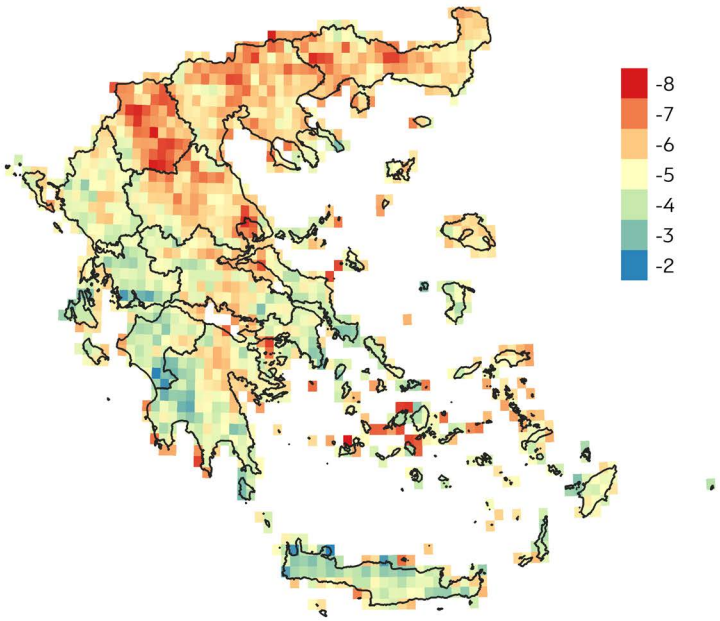
Μεταβολή του αριθμού των ημερών ψυχρών επεισοδίων
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



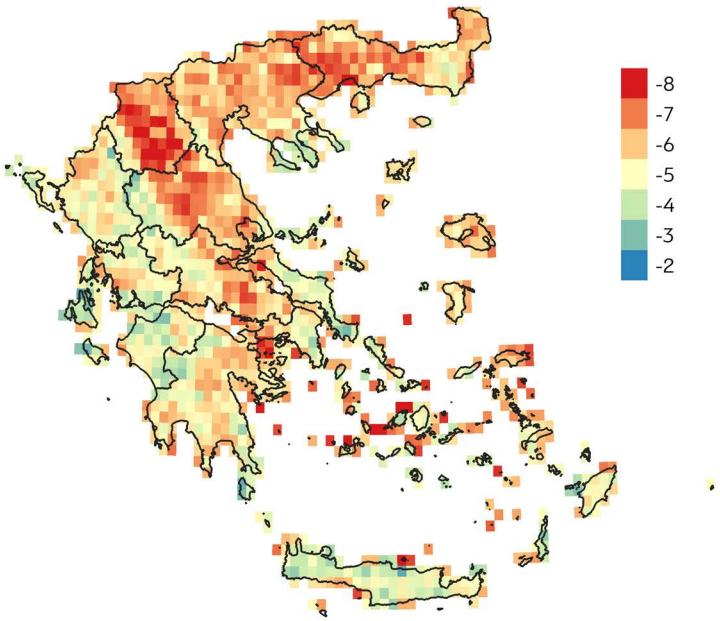
Μεταβολή του αριθμού των ημερών ψυχρών επεισοδίων
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



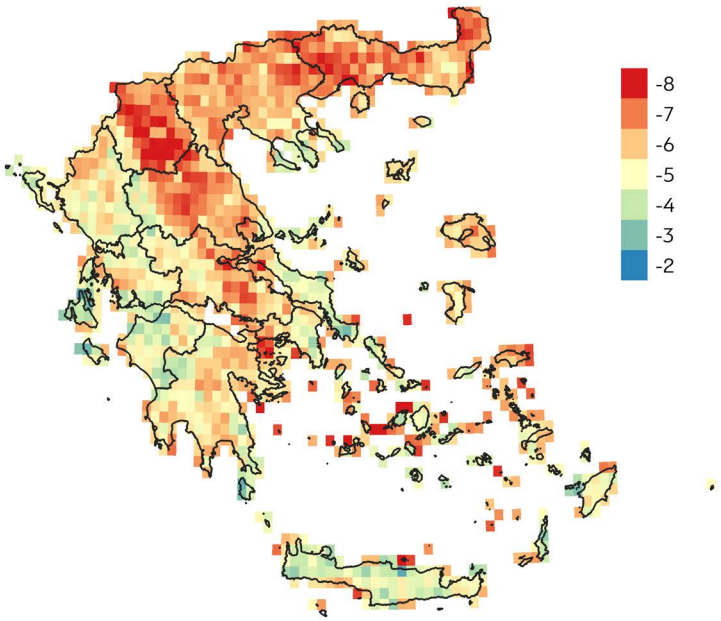
Μεταβολή του αριθμού των ημερών ψυχρών επεισοδίων
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των ημερών ψυχρών επεισοδίων
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των ημερών ψυχρών επεισοδίων
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



Μεταβολή του αριθμού των ημερών ψυχρών επεισοδίων
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

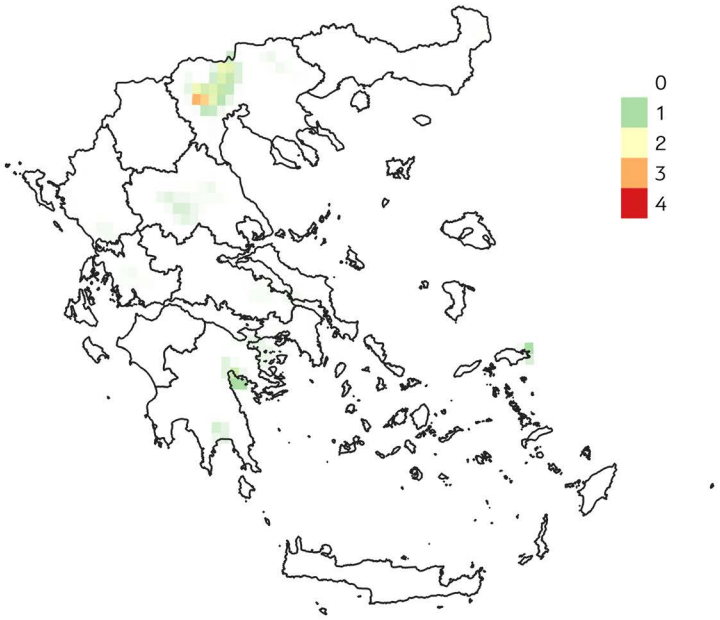
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων των δεικτών που σχετίζονται με χαμηλές θερμοκρασίες και την εμφάνιση παγετού, για όλες τις κλιματικές προσομοιώσεις για τις υπό μελέτη μελλοντικές υποπεριόδους, παρατηρείται μείωση των αντίστοιχων δεικτών που υποδηλώνει ότι θα μειωθεί ο κίνδυνος καταστροφής των καλλιεργειών από παγετό. Χαρακτηριστικά, σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας, οι μεγαλύτερες μειώσεις των δεικτών παρατηρούνται για το δυσμενές σενάριο RCP 8.5 για την υποπερίοδο 2046-2065.

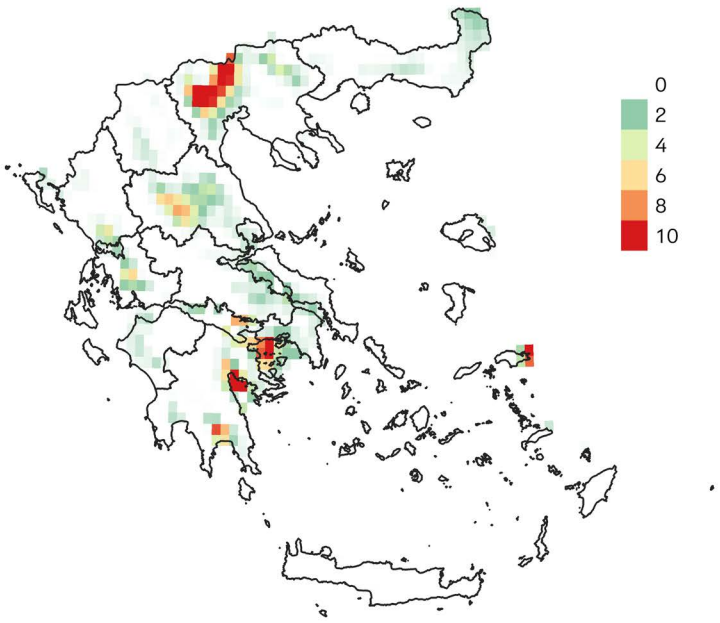
Ημέρες με μέγιστη θερμοκρασία μεγαλύτερη των 37 °C

Οι ημέρες κατά τις οποίες η μέγιστη θερμοκρασία υπερβαίνει τους 37 °C, γεγονός που επηρεάζει την παραγωγικότητα των φυτών κατά τη φάση ανάπτυξής τους, χαρακτηρίζονται ως εξαιρετικά θερμές ημέρες και αποτελούν δείκτη ακραίων τιμών θερμοκρασίας. Τα αποτελέσματα για όλα τα σενάρια υποδεικνύουν (Σχήμα 24) την αύξηση του δείκτη στη Θεσσαλία, Κεντρική Μακεδονία και Ανατολική Πελοπόννησο με μεταβολές που φτάνουν έως και τις 10 ημέρες ανά έτος.

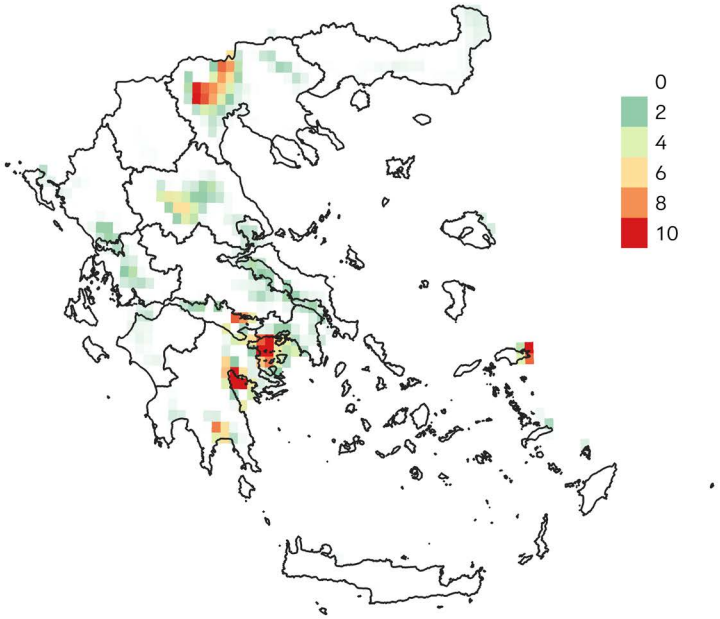
Σχήμα 24. Μεταβολή των εξαιρετικά θερμών ημερών για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000



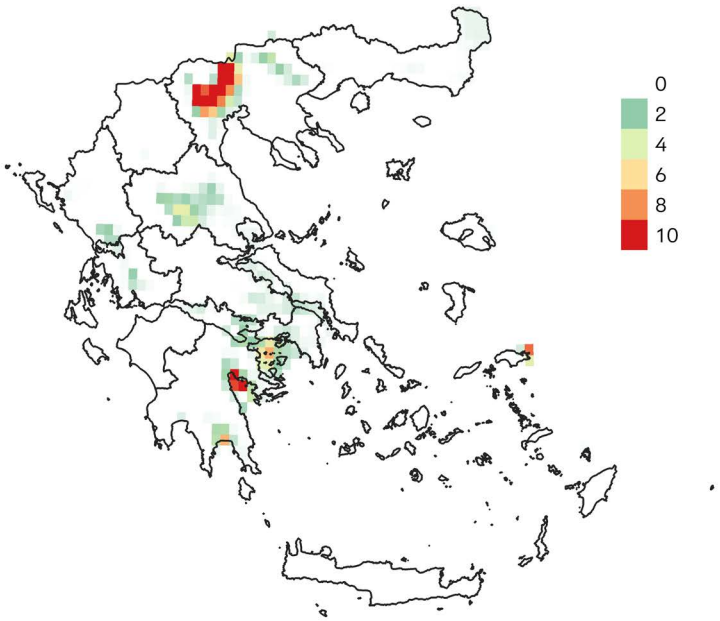
Αριθμός εξαιρετικά θερμών ημερών (Tmax>37°C)
Περίοδος: 1971-2000



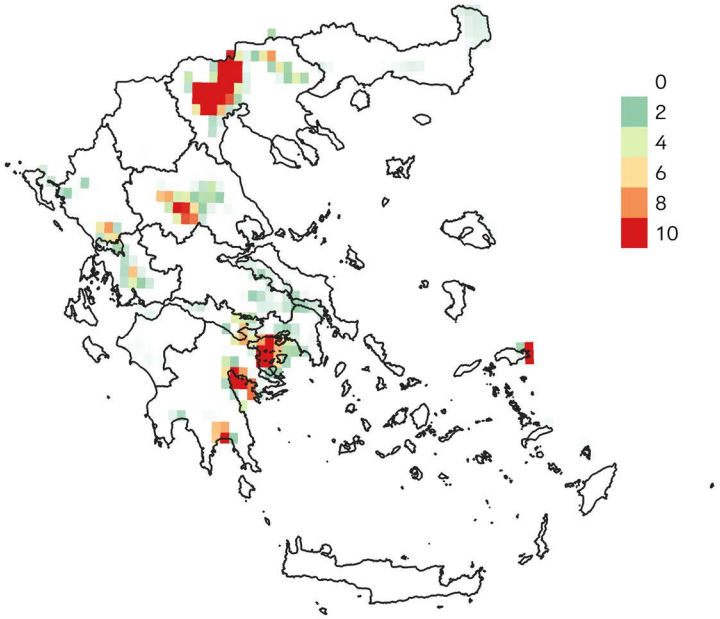
Μεταβολή του αριθμού των εξαιρετικά θερμών ημερών (Tmax>37°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



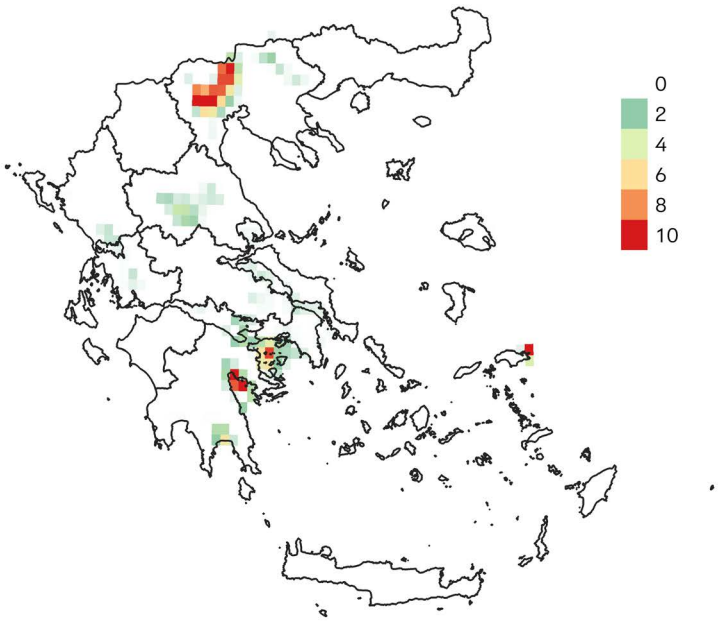
Μεταβολή του αριθμού των εξαιρετικά θερμών ημερών (Tmax>37°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



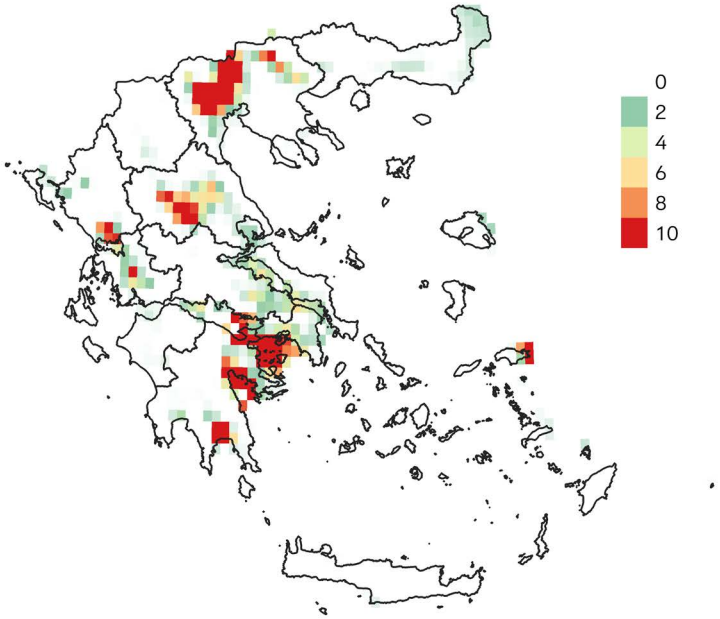
Μεταβολή του αριθμού των εξαιρετικά θερμών ημερών (Tmax>37°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των εξαιρετικά θερμών ημερών (Tmax>37°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των εξαιρετικά θερμών ημερών (Tmax>37°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



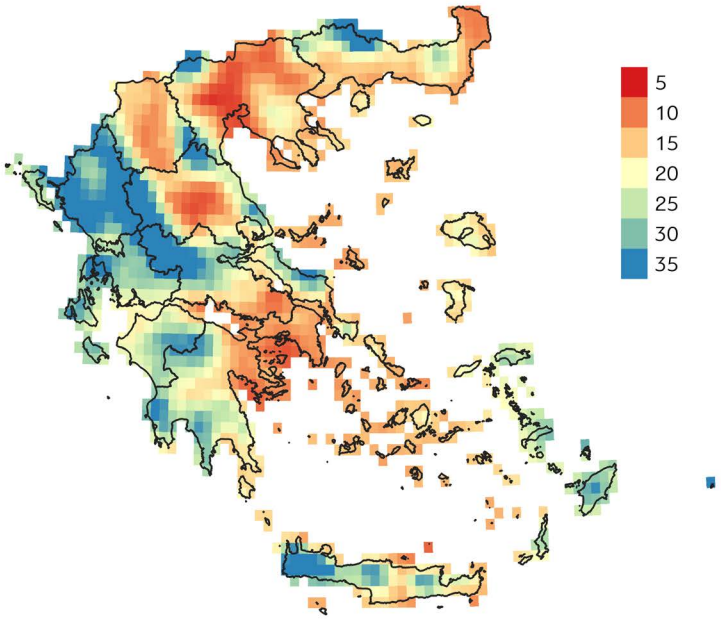
Μεταβολή του αριθμού των εξαιρετικά θερμών ημερών (Tmax>37°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

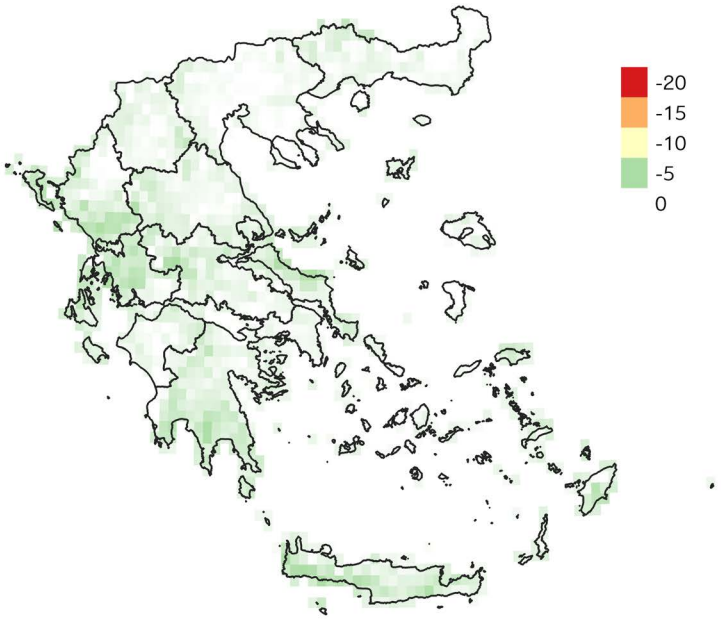
Συνεχόμενες υγρές ημέρες (consecutive wet days)

Οι συνεχόμενες υγρές ημέρες χρησιμοποιούνται για τη μελέτη των μεταβολών της βροχόπτωσης σε έναν τόπο, και υπολογίζονται ως η μέγιστη διάρκεια συνεχόμενων ημερών για μια περίοδο που παρατηρείται ύψος βροχής μεγαλύτερο του 1mm ανά ημέρα. Η επίδραση της κατανομής της βροχόπτωσης έχει ιδιάζουσα σημασία στους διαθέσιμους υδάτινους πόρους για τις καλλιέργειες μιας περιοχής. Οι μεταβολές για το σενάριο RCP 2.6 είναι σχετικά μικρές και εντοπίζονται κυρίως στη Δυτική Ελλάδα, ενώ αντίθετα για τα σενάρια RCP 4.5 και 8.5 εκτιμάται μείωση του δείκτη σε όλη την επικράτεια, με τις μέγιστες τιμές να εντοπίζονται σε περιοχές με υψηλό υψόμετρο, όπως στην οροσειρά της Πίνδου, στην ορεινή Πελοπόννησο και Κρήτη (Σχήμα 25).

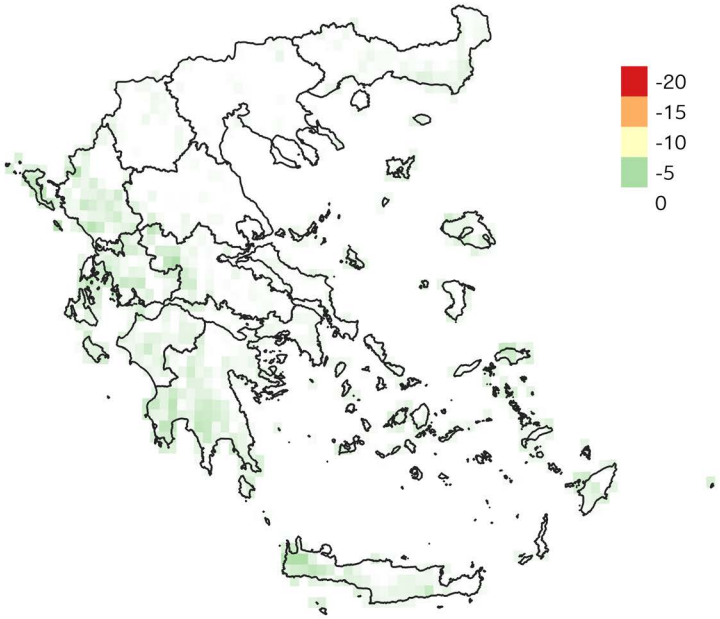
Σχήμα 25. Μεταβολή του αριθμού των συνεχόμενων υγρών ημερών για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000



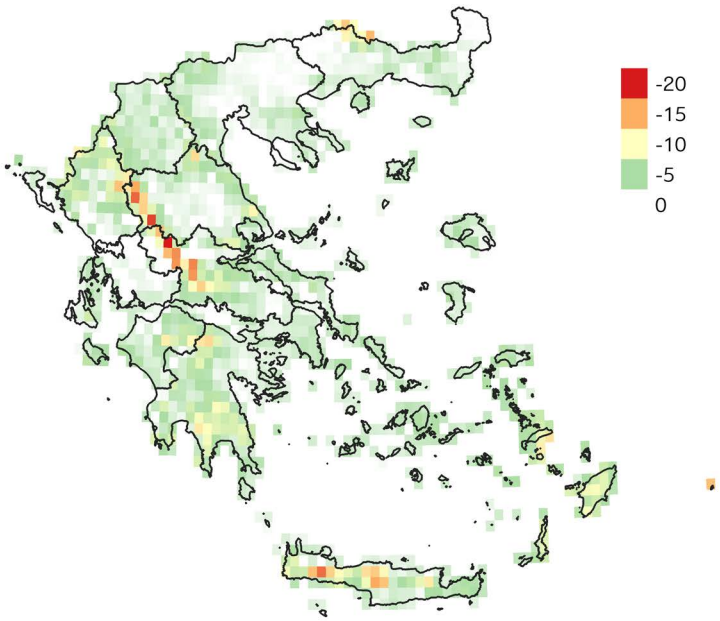
Αριθμός συνεχόμενων υγρών ημερών
Περίοδος: 1971-2000



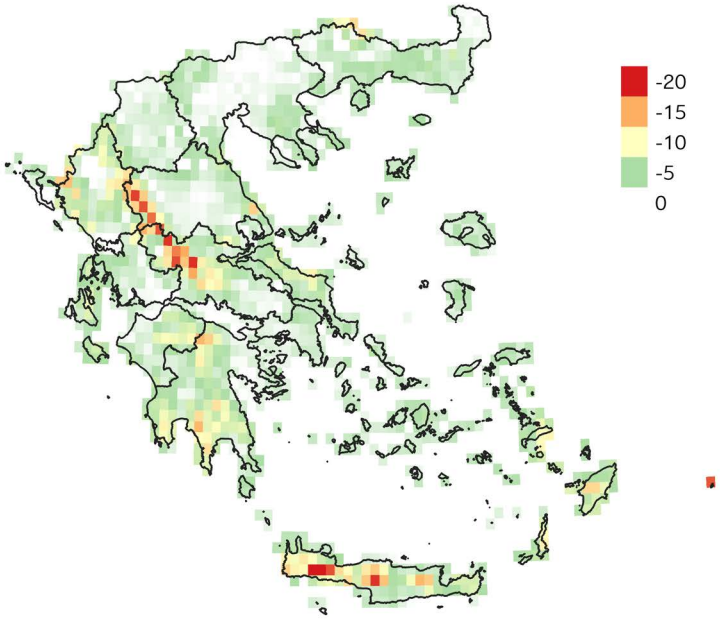
Μεταβολή του αριθμού των συνεχόμενων υγρών ημερών
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



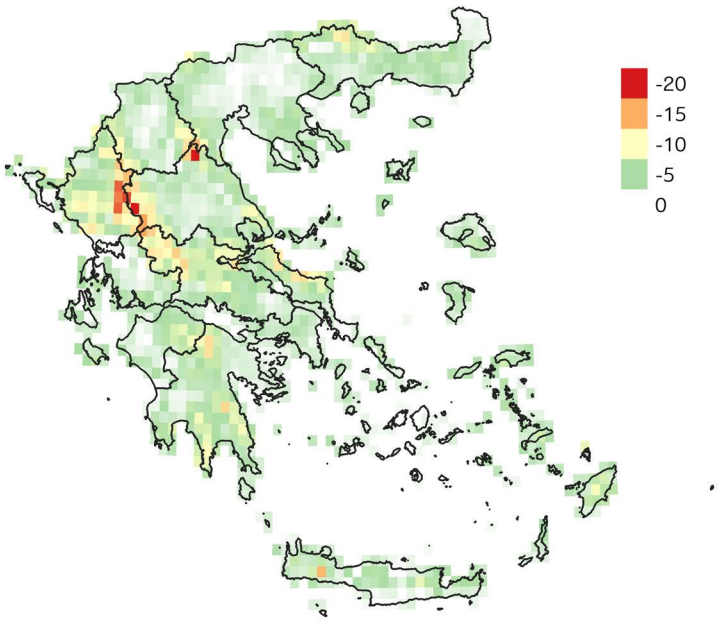
Μεταβολή του αριθμού των συνεχόμενων υγρών ημερών
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



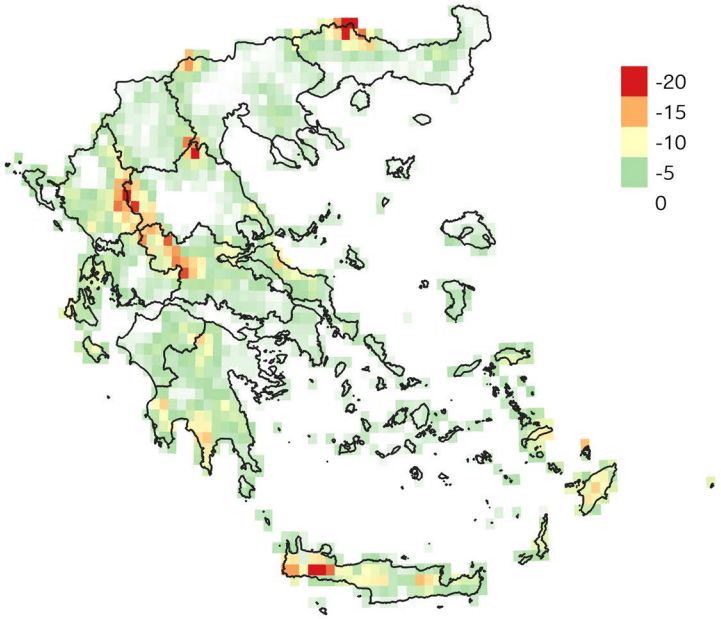
Μεταβολή του αριθμού των συνεχόμενων υγρών ημερών
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των συνεχόμενων υγρών ημερών
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των συνεχόμενων υγρών ημερών
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



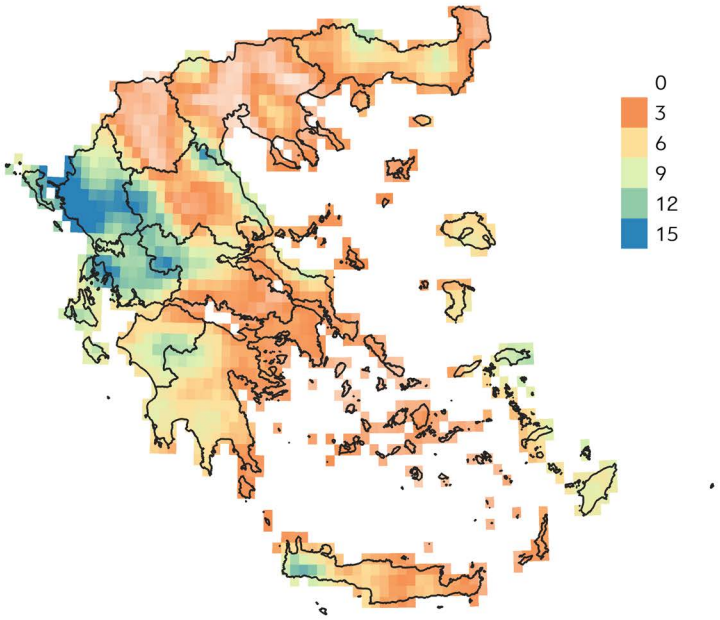
Μεταβολή του αριθμού των συνεχόμενων υγρών ημερών
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

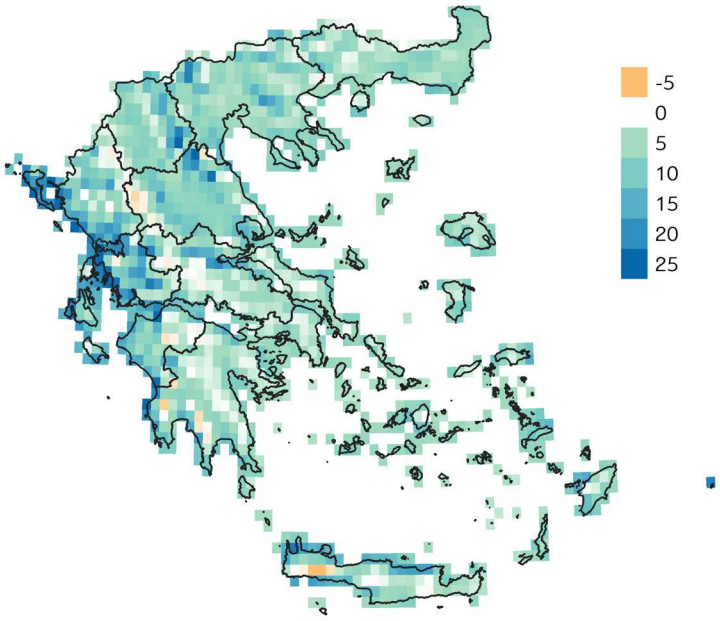
Ημέρες με ημερήσιο ύψος βροχόπτωσης μεγαλύτερο των 20mm

Οι ημέρες υψηλής βροχόπτωσης, που υπολογίζονται σε ετήσια βάση ως ο αριθμός των ημερών με ημερήσιο ύψος βροχής μεγαλύτερο από 20mm, αποτελούν δείκτη συχνότητας πλημμυρικών συμβάντων και παρουσιάζουν αύξηση στη συχνότητα εμφάνισης σε όλα τα σενάρια (Σχήμα 26) κυρίως στην Κεντρική, Βόρεια και Δυτική Ελλάδα.

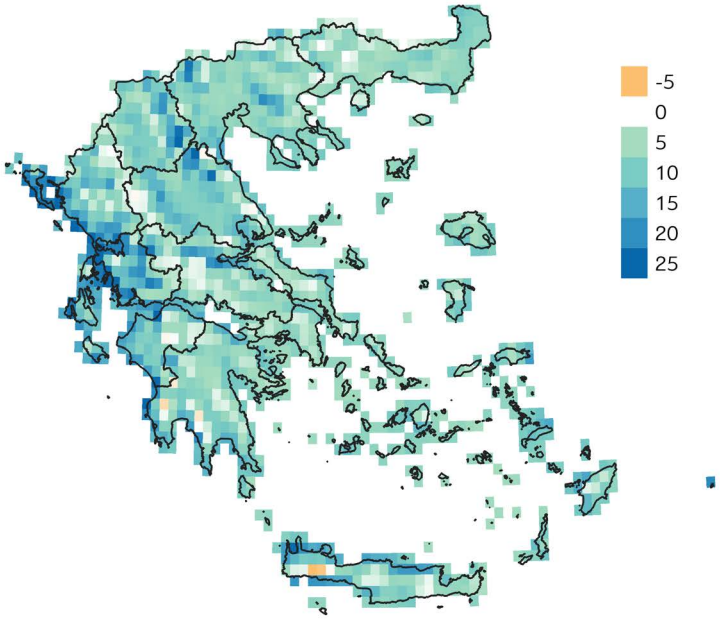
Σχήμα 26. Μεταβολή του αριθμού των ημερών υψηλής βροχόπτωσης για τα σενάρια RCP 2.6 και RCP 4.5 μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000



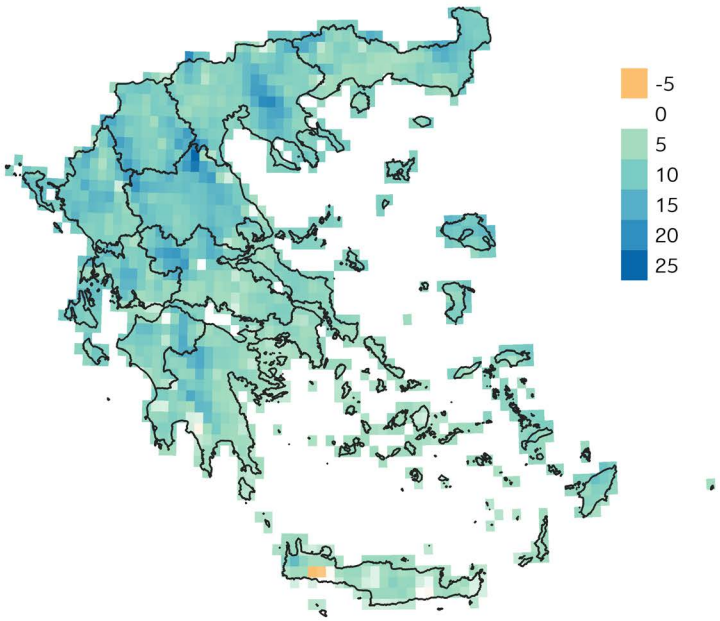
Αριθμός ημερών υψηλής βροχόπτωσης
Περίοδος: 1971-2000



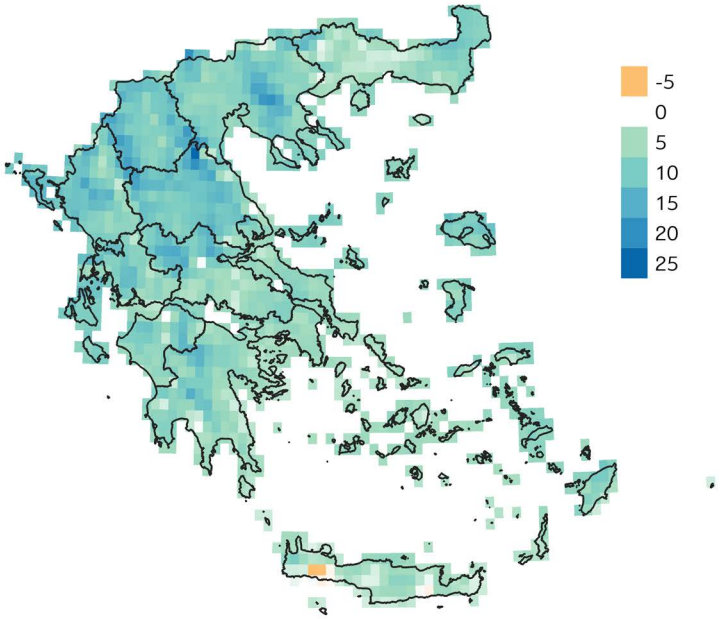
Μεταβολή του αριθμού των ημερών υψηλής βροχόπτωσης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



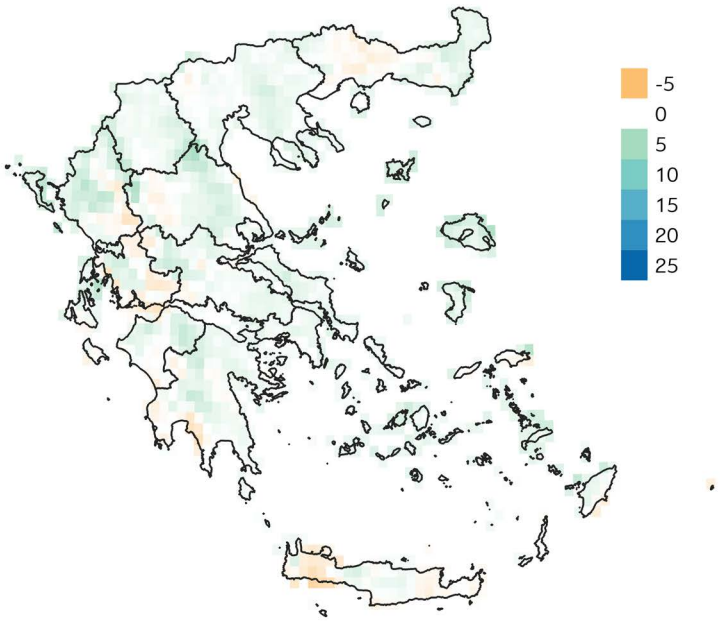
Μεταβολή του αριθμού των ημερών υψηλής βροχόπτωσης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



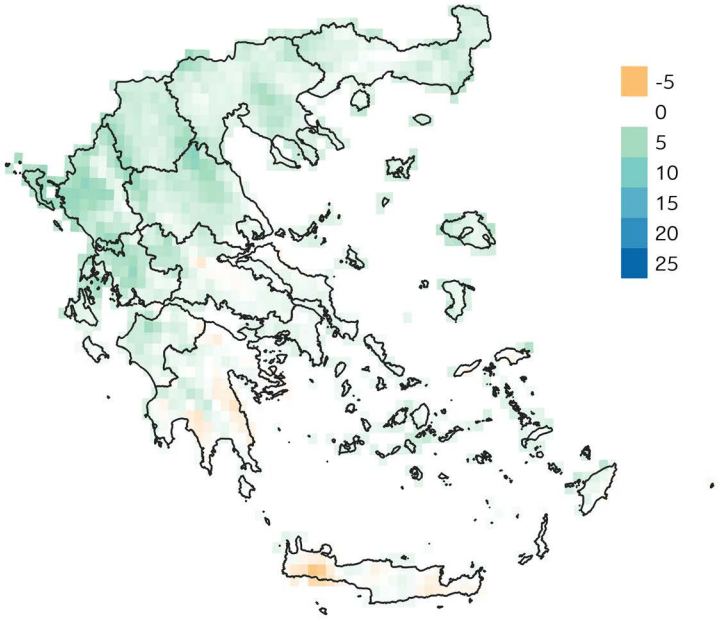
Μεταβολή του αριθμού των ημερών υψηλής βροχόπτωσης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των ημερών υψηλής βροχόπτωσης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των ημερών υψηλής βροχόπτωσης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



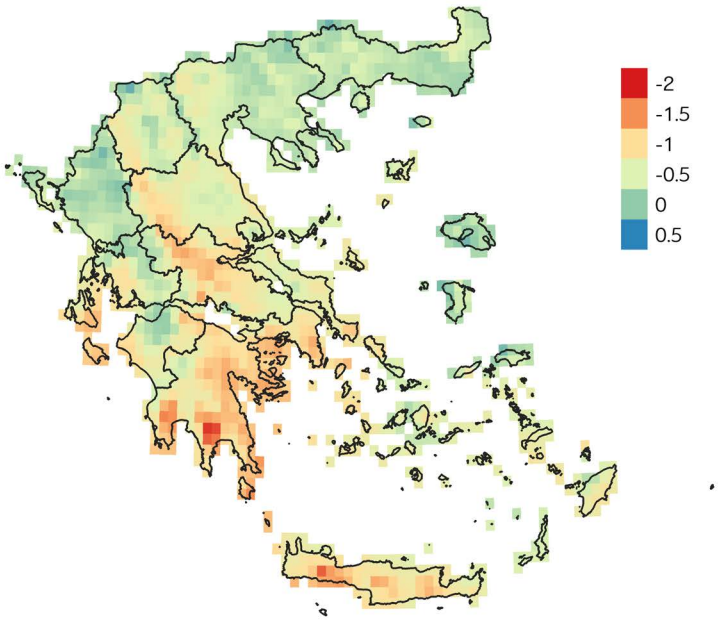
Μεταβολή του αριθμού των ημερών υψηλής βροχόπτωσης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

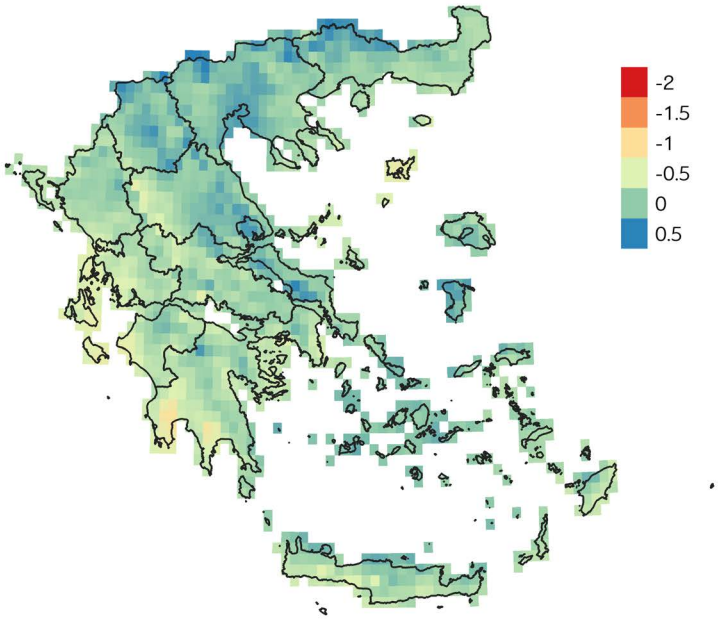
Δείκτης τυποποιημένης βροχόπτωσης (Standardized Precipitation Index SPI)

Η ξηρασία είναι μια σημαντική αιτία γεωργικών ζημιών. Οι επιπτώσεις στην ξηρασία είναι εμφανείς μετά από μια μακρά περίοδο με έλλειψη βροχόπτωσης, ενώ οι επιπτώσεις συναρτώνται με τα χαρακτηριστικά των επεισοδίων ξηρασίας όσον αφορά την ένταση, το μέγεθος, τη διάρκεια και τη χωρική έκτασή τους. Ο δείκτης τυποποιημένης βροχόπτωσης απεικονίζει τις ανωμαλίες της βροχόπτωσης (μεταβολές από τη μέση κλιματική κατάσταση) και συγκρίνει την παρατηρούμενη βροχόπτωση με τη μέση κλιματική τιμή για μια περίοδο ενδιαφέροντος. Στη μελέτη χρησιμοποιήθηκε η 12μηνη χρονική κλίμακα και ο δείκτης εκφράζεται σε πολλαπλάσια της τυπικής απόκλισης. Αρνητικές τιμές του δείκτη μεγαλύτερες του -1 σχετίζονται με ξηρασία ενώ οι θετικές τιμές μεγαλύτερες του 1 σχετίζονται με υψηλότερες τιμές βροχόπτωσης από τη μέση ετήσια κλιματική κατάσταση. Ο δείκτης προτείνεται από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό για τη μελέτη της ξηρασίας. Τα αποτελέσματα του δείκτη παρουσιάζονται στο Σχήμα 27 και υποδεικνύουν αύξηση των συνθηκών που σχετίζονται με ξηρασία, που σταδιακά είναι μεγαλύτερη στη Νότια Ελλάδα και στην Κρήτη.

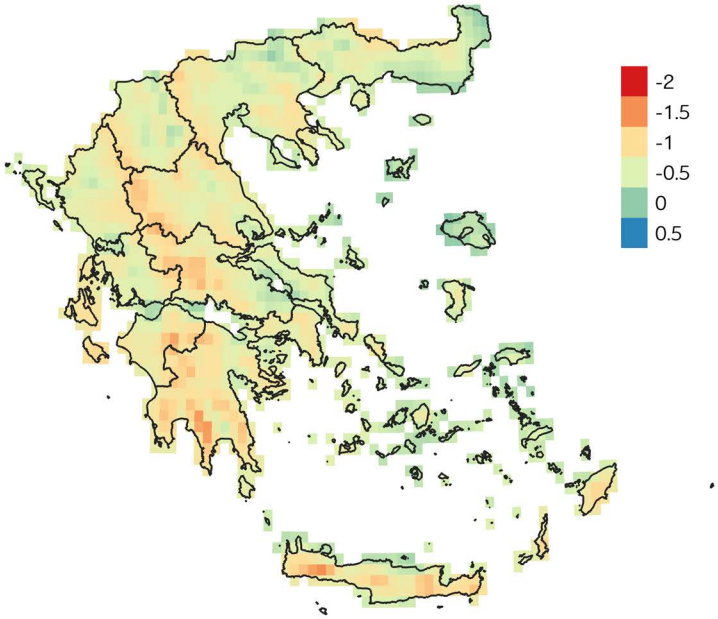
Σχήμα 27. Μεταβολή του αριθμού του δείκτη τυποποιημένης βροχόπτωσης για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000



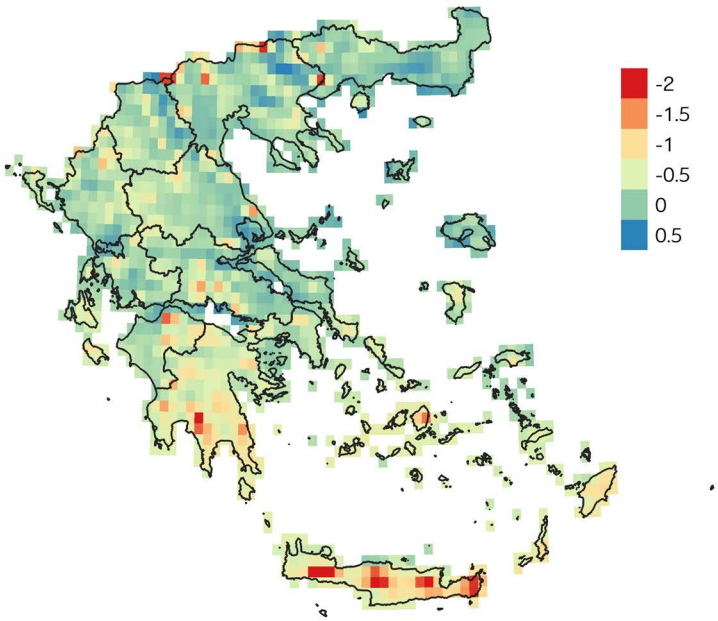
Μεταβολή του δείκτη ξηρασίας SPI
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



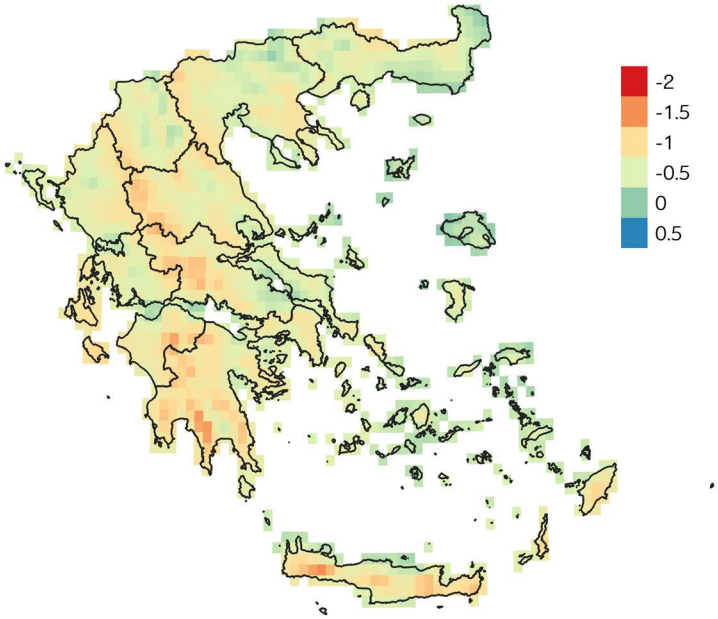
Μεταβολή του δείκτη ξηρασίας SPI
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



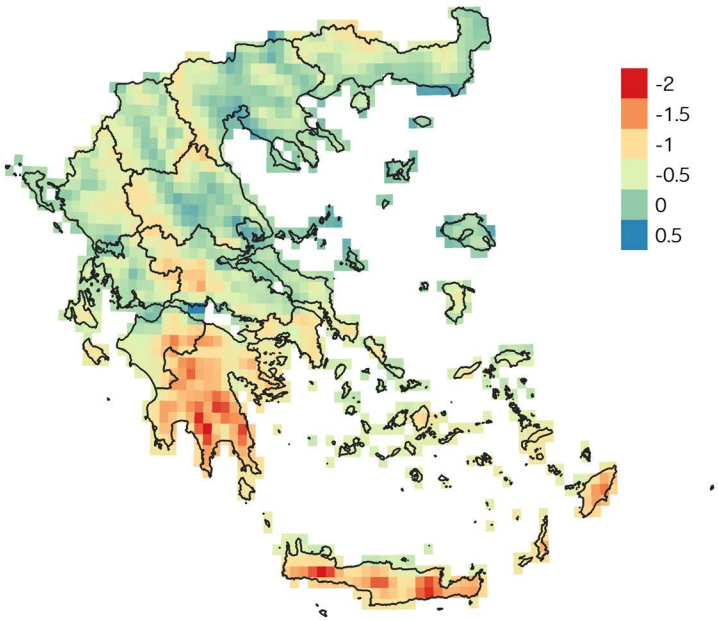
Μεταβολή του δείκτη ξηρασίας SPI
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του δείκτη ξηρασίας SPI
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του δείκτη ξηρασίας SPI
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



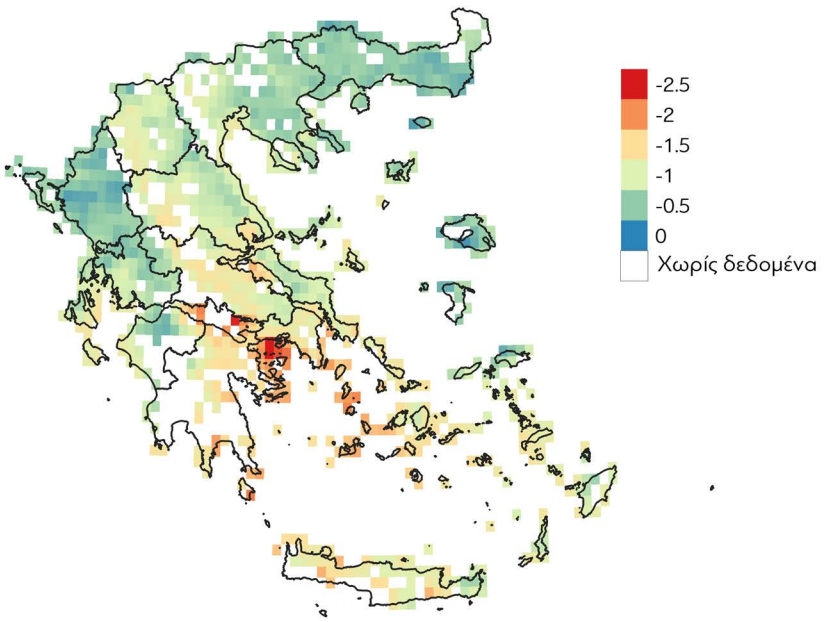
Μεταβολή του δείκτη ξηρασίας SPI
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

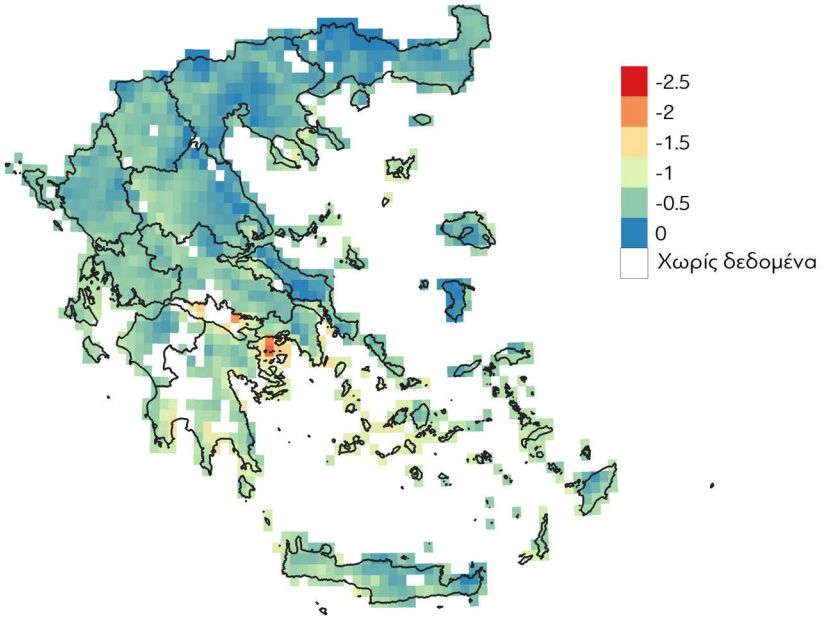
Δείκτης τυποποιημένης βροχόπτωσης–εξατμισοδιαπνοής (Standardized Precipitation–Evapotranspiration Index SPEI)

Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιεί τη βροχόπτωση και τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή για να υπολογίσει την επίπτωση της ξηρασίας στη διαθεσιμότητα υδάτινων πόρων. Αποτελεί επέκταση του δείκτη τυποποιημένης βροχόπτωσης για να συμπεριλάβει την επίδραση της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής στην ξηρασία, λαμβάνοντας με τον τρόπο αυτό υπόψη την επίδραση της αύξησης της θερμοκρασίας στις απαιτήσεις για νερό. Στη μελέτη χρησιμοποιήθηκε η 12μηνη χρονική κλίμακα. Τιμές μικρότερες του -0,5 υποδεικνύουν ξηρότερες συνθήκες με αυξανόμενη ένταση όσο μειώνεται η τιμή του δείκτη. Τα αποτελέσματα του δείκτη παρουσιάζονται στο Σχήμα 28 και βρίσκονται σε μεγάλη συμφωνία με τα αντίστοιχα του δείκτη SPI. Οι μεγαλύτερες αρνητικές τιμές του δείκτη SPEI εντοπίζονται κυρίως στη Νότια Ελλάδα υποδεικνύουν ξηρότερες συνθήκες.

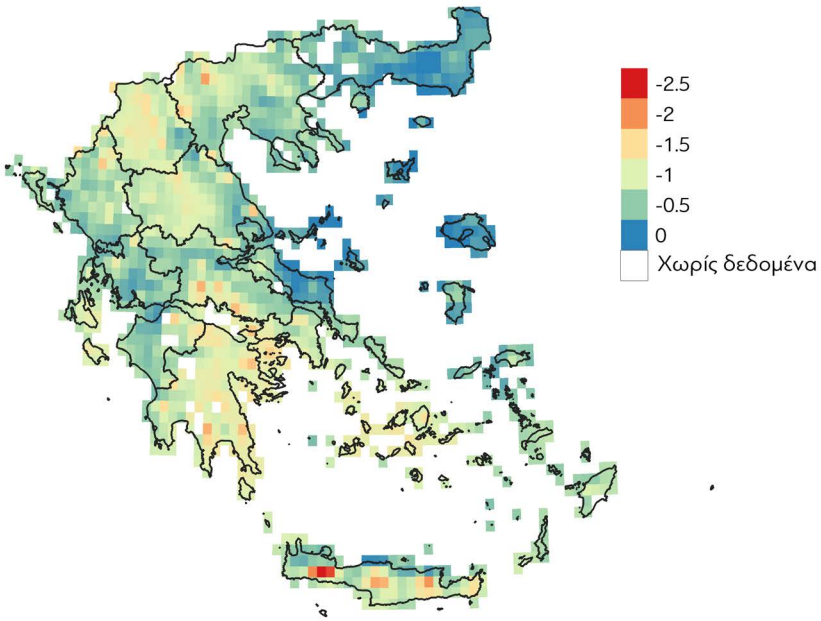
Σχήμα 28. Μεταβολή του αριθμού του δείκτη τυποποιημένης βροχόπτωσης-εξατμισοδιαπνοής για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000



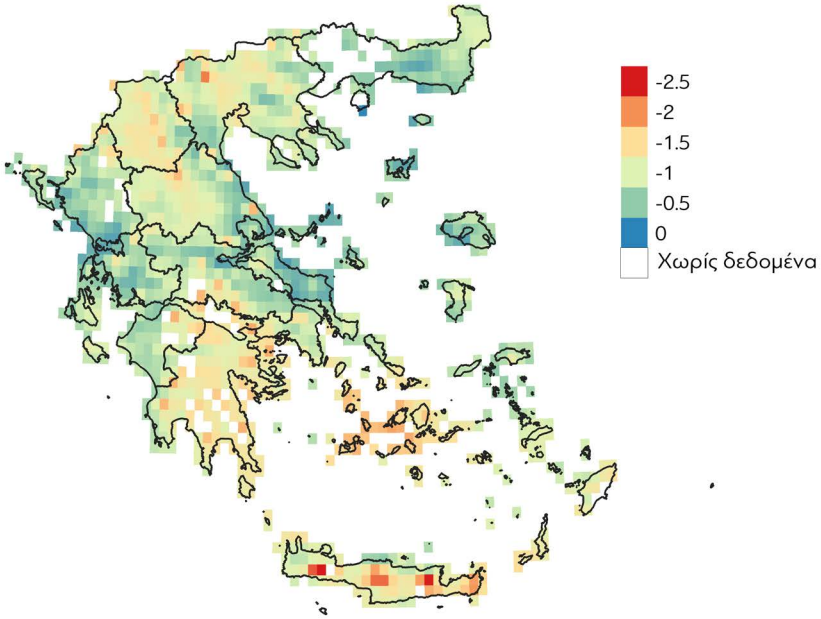
Μεταβολή του δείκτη ξηρασίας SPEI
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



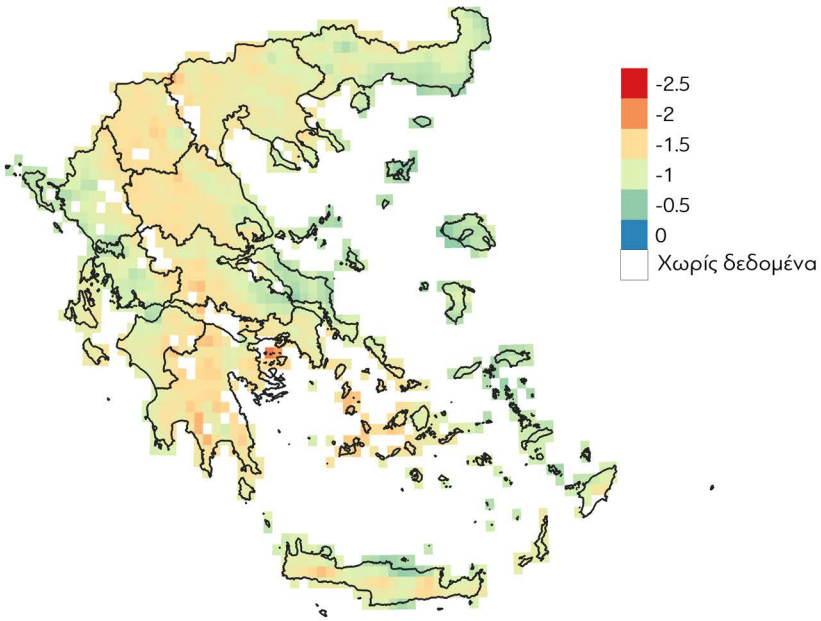
Μεταβολή του δείκτη ξηρασίας SPEI
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



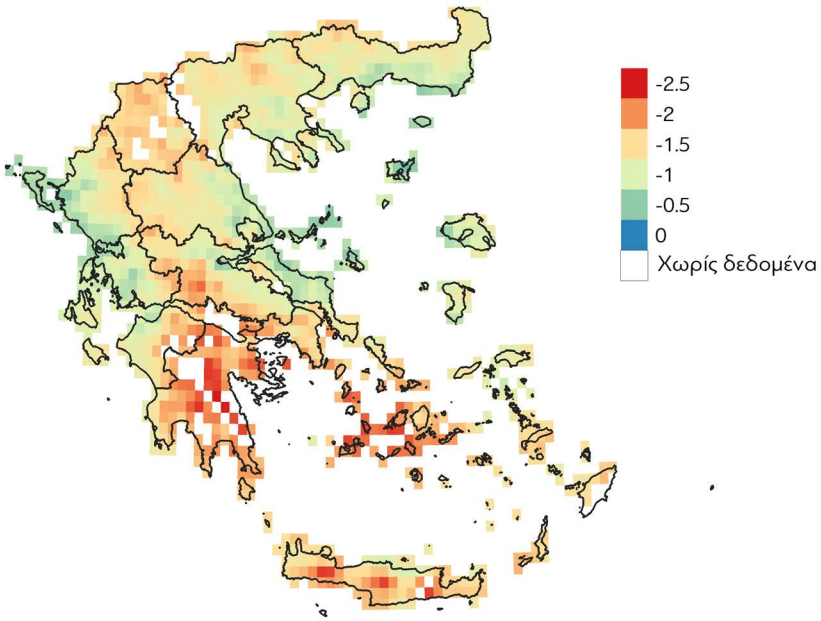
Μεταβολή του δείκτη ξηρασίας SPEI
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του δείκτη ξηρασίας SPEI
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του δείκτη ξηρασίας SPEI
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



Μεταβολή του δείκτη ξηρασίας SPEI
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

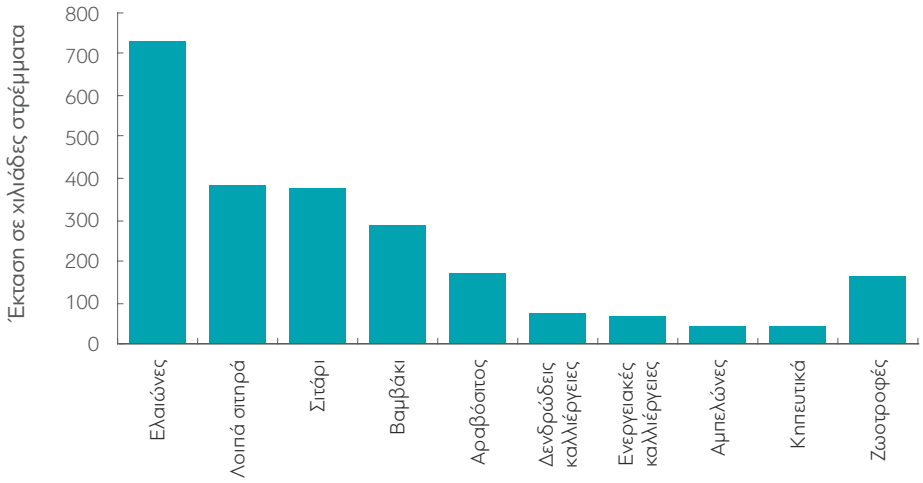
2.4 Επίδραση κλιματικής αλλαγής σε επιλεγμένες γεωργικές και κτηνοτροφικές περιοχές

Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στον τομέα της γεωργίας και της κτηνοτροφίας μελετήθηκε για επιλεγμένες Περιφερειακές Ενότητες – ΠΕ (πρώην Νομοί) όπου ο πρωτογενής τομέας αποτελεί κυρίαρχη δραστηριότητα με σημαντική συμμετοχή στην απασχόληση. Η επιλογή των ΠΕ βασίστηκε σε στοιχεία των Απογραφών Γεωργίας-Κτηνοτροφίας (ΕΛΣΤΑΤ, 2011) και ως κριτήρια χρησιμοποιήθηκαν:

α. Στατιστικά κατηγοριών καλλιεργειών και εκτροφής στον ελλαδικό χώρο.
β. Η συνολική χρησιμοποιούμενη γεωργική έκταση ανά Περιφέρεια και ΠΕ.
γ. Στατιστικά των σημαντικότερων κατηγοριών καλλιεργειών και εκτροφής ανά ΠΕ.

Στο Σχήμα 29 παρουσιάζονται οι δημοφιλέστερες κατηγορίες καλλιεργειών ως προς την έκταση και στον Πίνακα 3 οι αντίστοιχες κατηγορίες εκτροφής ως προς το πλήθος ζώων συνολικά για την Ελλάδα. Παράλληλα, στο Σχήμα 30 παρουσιάζονται τα σύνολα της χρησιμοποιούμενης γεωργικής έκτασης ανά Περιφέρεια και ανά ΠΕ με έκταση μεγαλύτερη από 1 εκατ. στρέμματα.

Σχήμα 29. Δημοφιλέστερες κατηγορίες καλλιεργειών πανελλαδικώς



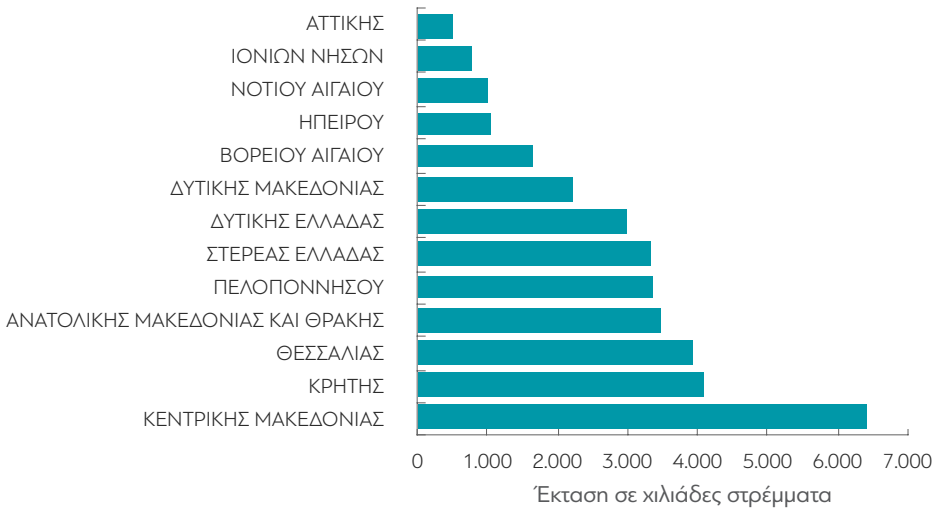
Πηγή: http://www.gaiapedia.gr/.

Πίνακας 3. Δημοφιλέστερες κατηγορίες εκτροφής πανελλαδικώς

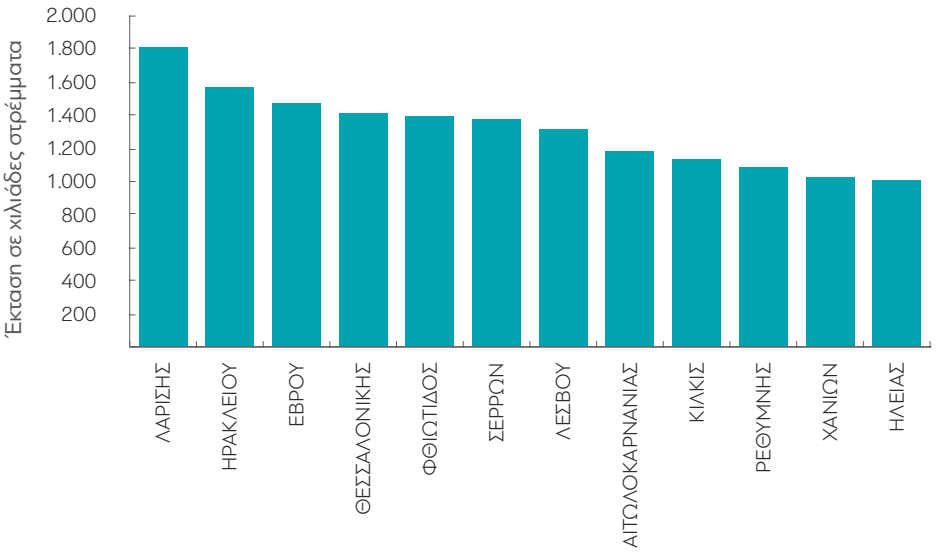
Εκτροφή	Πλήθος ζώων
Αιγοπρόβατα	13.423.340
Ορνιθοειδή	11.833.733
Κυψέλες μελισσών-μελλισοσμήνη	791.776
Βοοειδή	652.304
Θηραματικά πτηνά	152.435
Χοίροι	121.834
Ίπποι	22.193
Κονικλοειδή	13.678

Πηγή: http://www.gaiapedia.gr/.

Σχήμα 30α. Χρησιμοποιούμενη γεωργική έκταση ανά Περιφέρεια



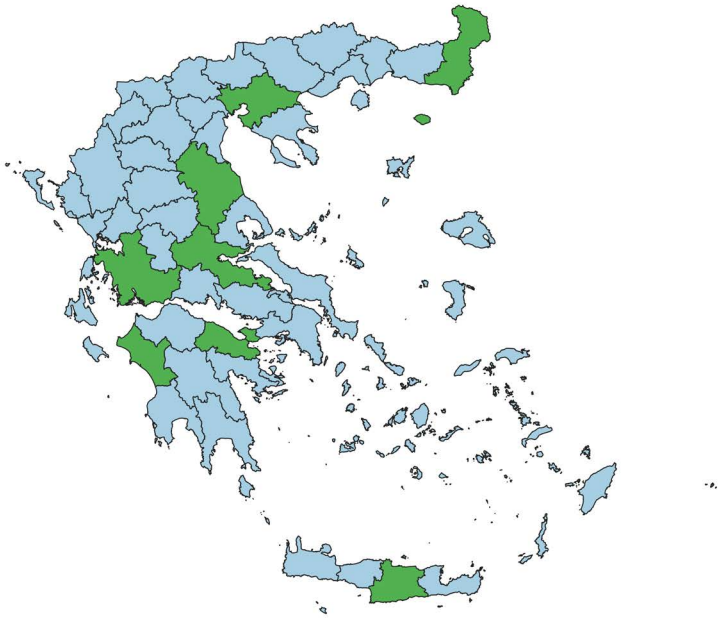
Σχήμα 30β. Χρησιμοποιούμενη γεωργική έκταση ανά Περιφερειακή Ενότητα



Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ.

Οι επιλεγμένες ΠΕ προς μελέτη καλύπτουν όλες τις γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας και απεικονίζονται στο Σχήμα 31. Οι περιοχές αυτές παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον σχετικά με την επίδραση της κλιματικής αλλαγής καθώς αποτελούν τις περιοχές της χώρας όπου καλλιεργείται και εκτρέφεται σε μεγάλη κλίμακα το σύνολο των δημοφιλέστερων κατηγοριών (Πίνακες 4 και 5).

Σχήμα 31. Επιλεγμένες Περιφερειακές Ενότητες (πράσινο χρώμα) για τη μελέτη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία και στην κτηνοτροφία



Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Ειδικότερα, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής εξετάζονται για τις παραπάνω περιοχές με τη χρήση ειδικών δεικτών για τους τομείς της γεωργίας και της κτηνοτροφίας και με βάση τις εκτιμήσεις των περιοχικών κλιματικών μοντέλων για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 για τα τρία σενάρια εκπομπών. Η επίδραση των εκτιμώμενων αλλαγών στις κλιματικές συνθήκες συζητείται ως προς την ευαισθησία της κάθε περιοχής και τις συνέπειες που αναμένονται στις κύριες κατηγορίες καλλιεργειών και εκτροφών.

Πίνακας 4. Δημοφιλέστερες καλλιέργειες ανά επιλεγμένη Περιφερειακή Ενότητα

	Ελαιώνες	Λοιπά σπαρτά	Σπάρι	Βαμβάκι	Αραβόσιτος	Δενδρώδεις καλλιέργειες	Ενεργειακές καλλιέργειες	Αμπελώνες	Κηπευτικά	Ζωοτροφές
ΛΑΡΙΣΗΣ		x	x	x	x	x				x
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	x	x						x		x
ΕΒΡΟΥ		x	x	x			x			x
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ		x	x	x			x			x
ΦΘΙΩΤΙΔΟΣ	x	x	x	x						x
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	x	x		x	x			x		x
ΗΛΕΙΑΣ	x	x			x				x	x
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	x	x	x			x		x		

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Πίνακας 5. Δημοφιλέστερες κατηγορίες εκτροφής ανά επιλεγμένη Περιφερειακή Ενότητα

	Αιγοπρόβατα	Ορνιθοειδή	Κυψέλες μελισσών-μελλισοσμήνη	Βοοειδή	Θηραματικά πτηνά	Χοίροι	Ίπποι	Κονικλοειδή
ΛΑΡΙΣΗΣ	x	x	x	x		x	x	
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	x		x			x		x
ΕΒΡΟΥ	x	x	x	x				
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	x	x	x	x	x	x		
ΦΘΙΩΤΙΔΟΣ	x	x	x	x	x			
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	x	x	x	x		x		
ΗΛΕΙΑΣ	x		x	x				
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	x	x	x			x		

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

2.4.1 Μέσες κλιματικές συνθήκες

Σχετικά με τις μεταβολές της μέσης ετήσιας και εποχιακής θερμοκρασίας από τις εκτιμήσεις των περιοχικών κλιματικών μοντέλων για τις επιλεγμένες περιοχές παρατηρείται:

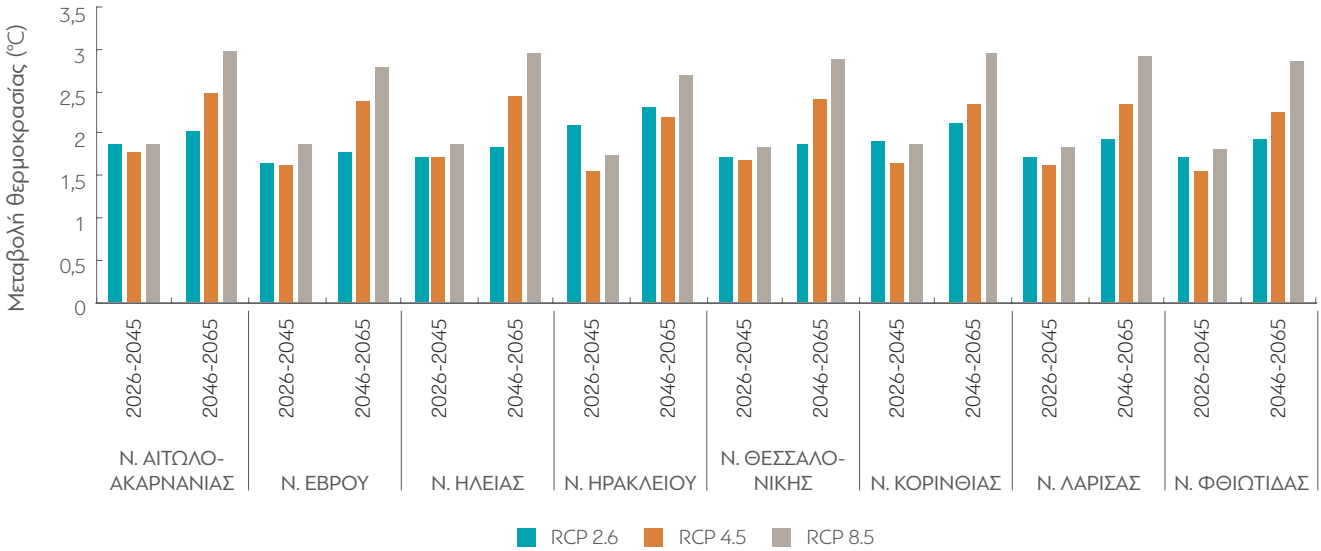
α. Αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας (Σχήμα 32α) που υπερβαίνει τους 2 °C σε όλες τις υπό μελέτη ΠΕ για το σενάριο RCP 8.5 τη μελλοντική περίοδο 2046-2065. Οι σχετικές αυξήσεις για τα σενάρια RCP 2.6 και RCP 4.5 είναι συγκρίσιμες και οι μέγιστες μεταβολές εντοπίζονται στις ΠΕ Κορινθίας, Λαρίσης και Φθιώτιδος.
β. Οι μεταβολές της θερμοκρασίας παρουσιάζουν ενδο-ετήσια μεταβλητότητα και η μέγιστη αύξηση της εποχιακής θερμοκρασίας εντοπίζεται κατά τη θερινή περίοδο (Σχήμα 32β). Συγκεκριμένα, οι μεταβολές για

τις ΠΕ Λαρίσης, Ηρακλείου και Ηλείας για το σενάριο RCP 8.5 προσεγγίζουν τους 3 °C τη μελλοντική περίοδο 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000. Οι αντίστοιχες αυξήσεις για τη χειμερινή περίοδο περιορίζονται στους 2 °C για όλες τις ΠΕ και την άνοιξη και το φθινόπωρο στους 2,2 °C για την ΠΕ Κορινθίας και στους 2,4 °C για τις ΠΕ Κορινθίας και Λαρίσης αντίστοιχα.

Σχήμα 32α. Μεταβολές της ετήσιας θερμοκρασίας ανά Περιφερειακή Ενότητα για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000.



Σχήμα 32β. Μεταβολές της μέσης θερμοκρασίας κατά το καλοκαίρι ανά Περιφερειακή Ενότητα για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000

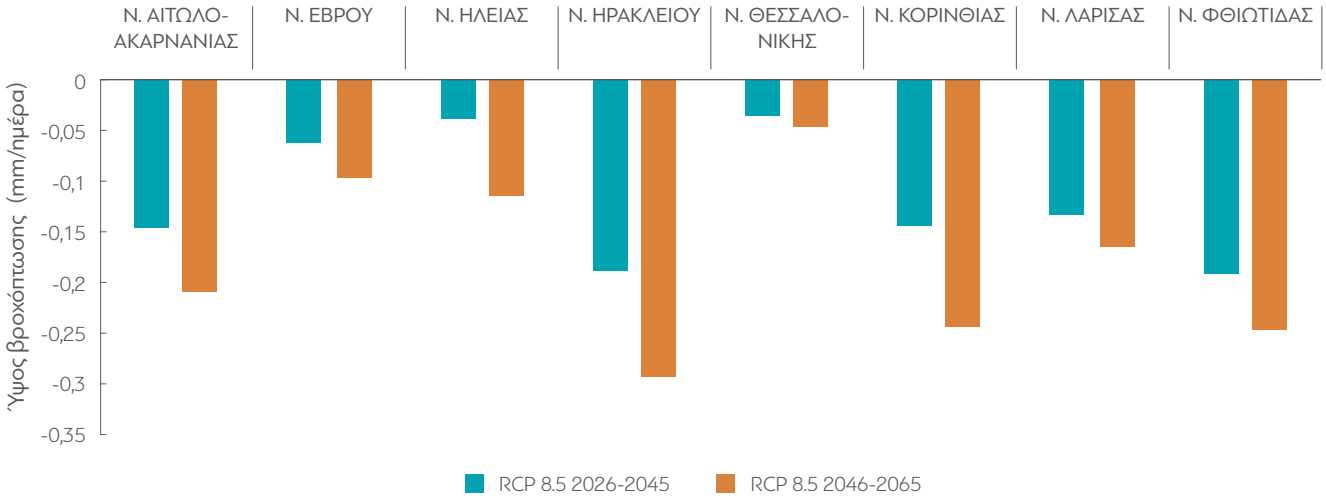


Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Οι εκτιμήσεις σχετικά με τις μεταβολές της βροχόπτωσης παρουσιάζουν μεγαλύτερη μεταβλητότητα ανά περίοδο και ανά ΠΕ και για τις υπό μελέτη περιοχές παρατηρείται:

α. Μείωση της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης για όλες τις ΠΕ για το δυσμενές σενάριο RCP 8.5 και για τις δύο μελλοντικές περιόδους (Σχήμα 33). Η μεγαλύτερη μείωση εκτιμάται πως θα παρατηρηθεί στην ΠΕ Ηρακλείου και στις ΠΕ Κορινθίας, Φθιώτιδος, Λαρίσης και Αιτωλοακαρνανίας.
β. Σχετικά με τη μέση εποχιακή βροχόπτωση για το σενάριο RCP 8.5 εκτιμάται συστηματική μείωση του ύψους βροχής ανά ημέρα για όλες τις ΠΕ και για τις δύο υποπεριόδους, ενώ μεικτή συμπεριφορά παρατηρείται για τα υπόλοιπα σενάρια. Οι μεγαλύτερες μειώσεις εκτιμώνται κατά τη χειμερινή περίοδο για τις ίδιες ΠΕ.

Σχήμα 33. Μεταβολή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης για το σενάριο RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000

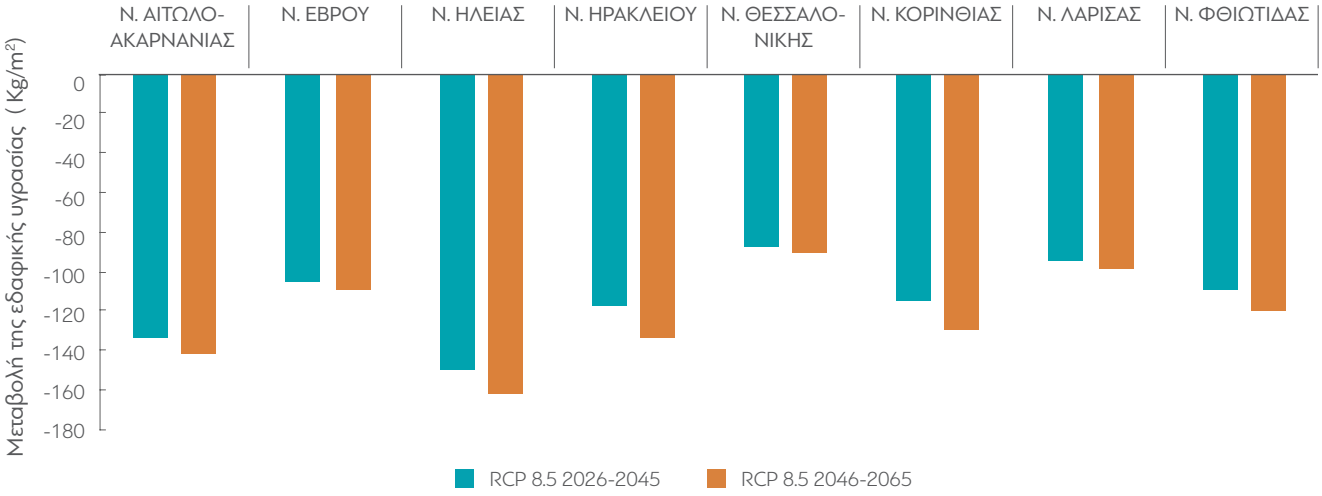


Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων των μεταβολών της εδαφικής υγρασίας υποδεικνύουν:

α. Μείωση για όλα τα σενάρια και σε όλες τις ΠΕ της εδαφικής υγρασίας σε ετήσια βάση. Η μεγαλύτερη μείωση παρατηρείται για τις ΠΕ Ηλείας, Κορινθίας, Ηρακλείου και Αιτωλοακαρνανίας και οι σχετικές μειώσεις για τις δύο υποπεριόδους είναι συγκρίσιμες.
β. Οι μεγαλύτερες μειώσεις παρατηρούνται κατά την άνοιξη, όταν αυξάνονται οι απαιτήσεις της αγροτικής παραγωγής.

Σχήμα 34. Μεταβολές της ετήσιας εδαφικής υγρασίας ανά Περιφερειακή Ενότητα για το δυσμενές σενάριο RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000

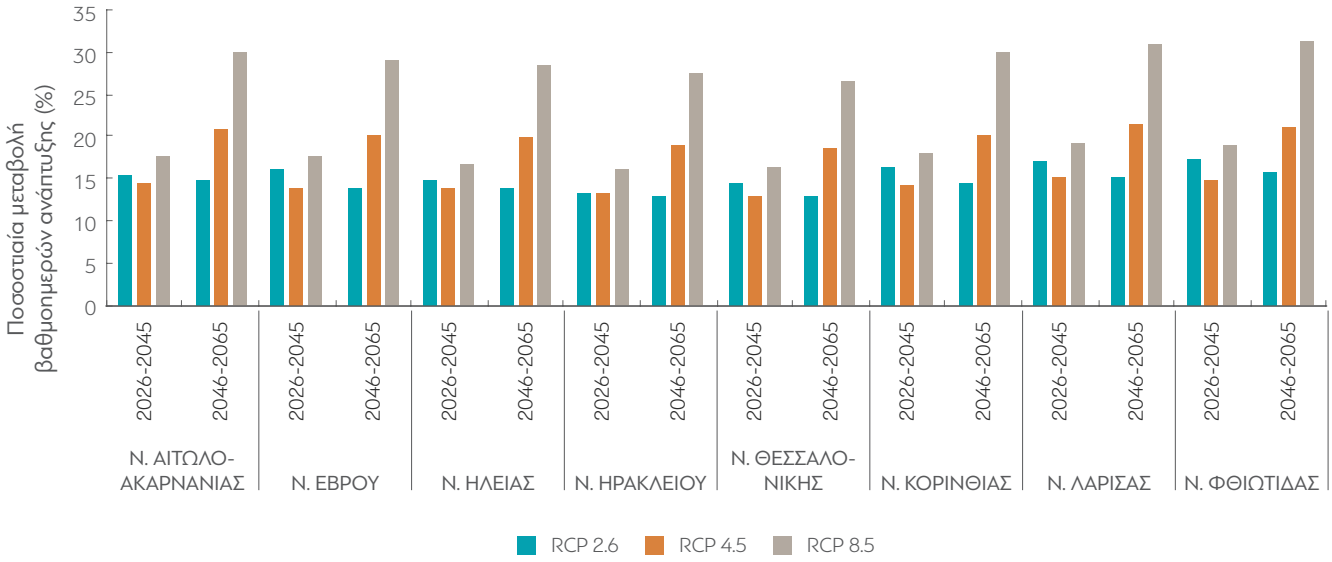


Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Αναφορικά με τους δείκτες των βαθμοημερών ανάπτυξης και της διάρκειας της βλαστικής περιόδου προκύπτουν τα εξής:

α. Αύξηση των βαθμοημερών ανάπτυξης σε όλες τις περιπτώσεις με σχετικά ομοιόμορφη κατανομή ανά ΠΕ (Σχήμα 35). Τα μέγιστα ποσοστά αύξησης φτάνουν έως και το 30% για το σενάριο RCP 8.5 την περίοδο 2046-2065.
β. Σχετικά με τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου εκτιμάται επίσης αύξηση για όλα τα σενάρια με τις μεγαλύτερες ποσοστιαίες αυξήσεις να παρατηρούνται για τις ΠΕ Έβρου (έως και 12%), Φθιώτιδος, Λαρίσης και Θεσσαλονίκης, ενώ μικρή σχετική αύξηση (κάτω του 2%) εκτιμάται για τις ΠΕ Ηρακλείου και Ηλείας.

Σχήμα 35. Ποσοστιαίες μεταβολές των βαθμοημερών ανάπτυξης ανά Περιφερειακή Ενότητα για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000



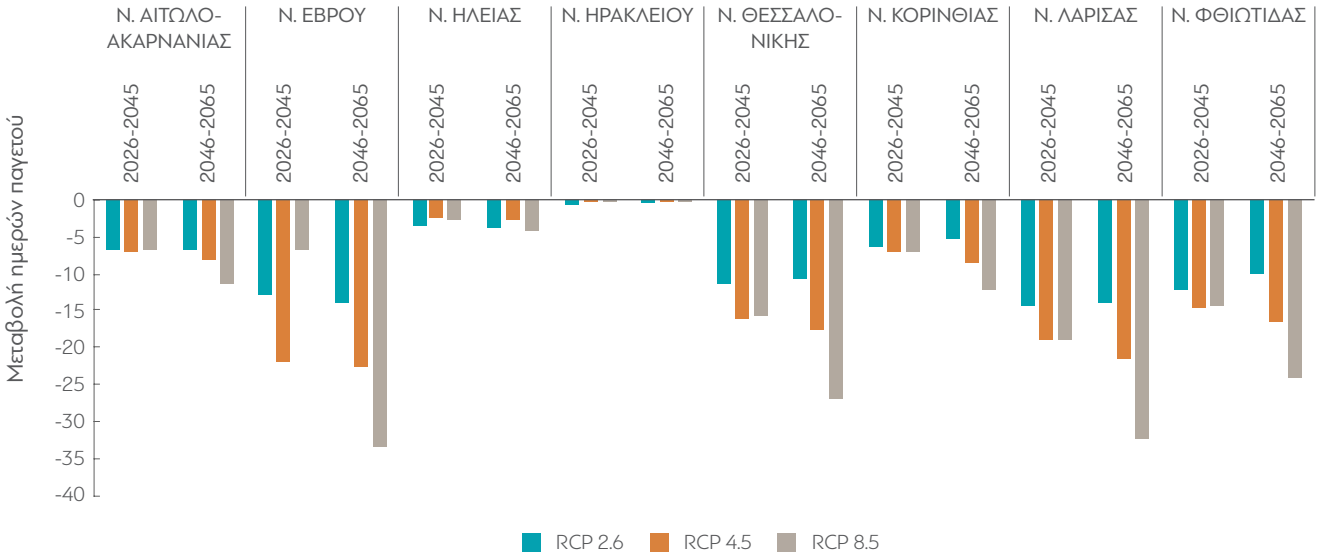
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

2.4.2 Ακραίες κλιματικές συνθήκες

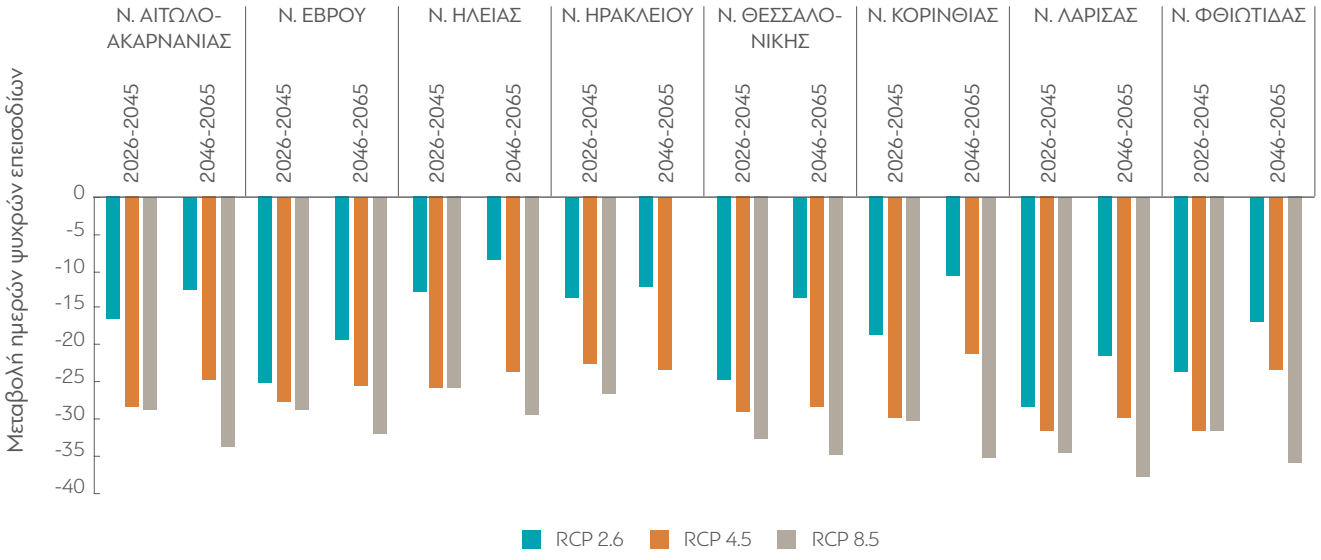
Αναφορικά με τα αποτελέσματα των δεικτών που σχετίζονται με ακραίες τιμές της θερμοκρασίας για τις υπό μελέτη ΠΕ προκύπτουν τα εξής:

α. Μείωση των ημερών παγετού (Σχήμα 36α) και ολικού παγετού για όλες τις περιπτώσεις και σε όλες τις ΠΕ. Οι υψηλότερες μειώσεις σχετίζονται με περιοχές όπου έχουν παρατηρηθεί κατά την περίοδο 1971-2000 χαμηλότερες θερμοκρασίες (Περιφερειακές Ενότητες Έβρου, Λαρίσης, Θεσσαλονίκης και Φθιώτιδος).
β. Συστηματική μείωση του αριθμού των ημερών ψυχρών επεισοδίων για όλες τις ΠΕ (Σχήμα 36β) για όλα τα σενάρια και για τις δύο υποπεριόδους.
γ. Αύξηση των ημερών με μέγιστη θερμοκρασία μεγαλύτερη των 37 °C με τις μέγιστες αυξήσεις να εντοπίζονται στις ΠΕ Κορινθίας, Θεσσαλονίκης, Αιτωλοακαρνανίας και Λαρίσης.

Σχήμα 36α. Μεταβολές των ημερών παγετού ανά Περιφερειακή Ενότητα για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000



Σχήμα 36β. Μεταβολές των ημερών ψυχρών επεισοδίων ανά Περιφερειακή Ενότητα για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000

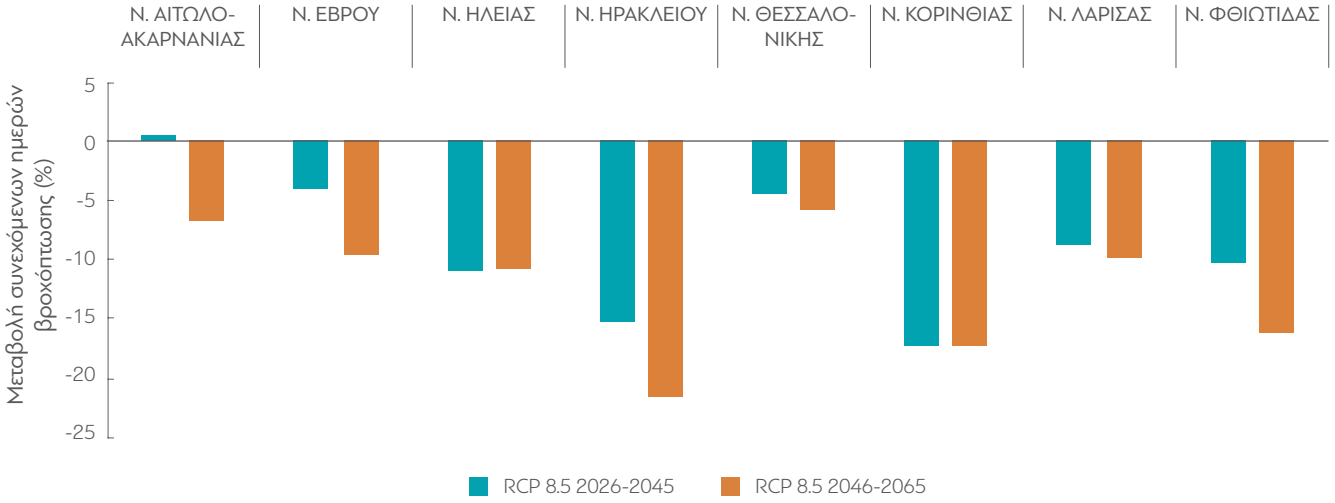


Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

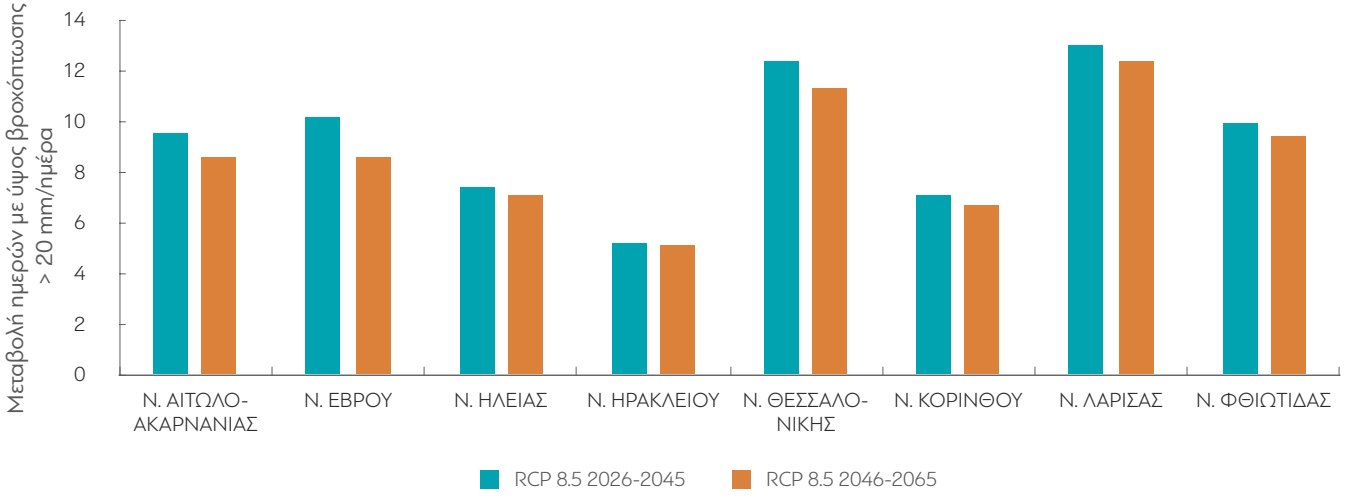
Παράλληλα, οι δείκτες βροχόπτωσης που μελετήθηκαν υποδεικνύουν την αύξηση της συχνότητας εμφάνισης ακραίων φαινομένων, καθώς στις περισσότερες περιπτώσεις συνδυάζεται η συστηματική μείωση των συνεχόμενων ημερών βροχόπτωσης με αντίστοιχη τάση αύξησης των ημερών

με ύψος υετού μεγαλύτερο από 20mm. Ενδεικτικά, στο Σχήμα 37 παρουσιάζονται για το σενάριο RCP 4.5 οι μέσες τιμές των ανωτέρω δεικτών ανά ΠΕ. Οι καλλιέργειες στις ΠΕ Λαρίσης και Θεσσαλονίκης εκτιμάται ότι θα επηρεαστούν περισσότερο από ακραία φαινόμενα ενώ αντίθετα στις ΠΕ Ηρακλείου, Φθιώτιδος και Κορινθίας θα μειωθεί σημαντικά η ευεργετική συνεισφορά στις καλλιέργειες των συνεχόμενων ημερών βροχόπτωσης.

Σχήμα 37α. Μεταβολή του δείκτη των συνεχόμενων ημερών βροχόπτωσης σε ποσοστό για το σενάριο RCP 4.5 για τις για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000



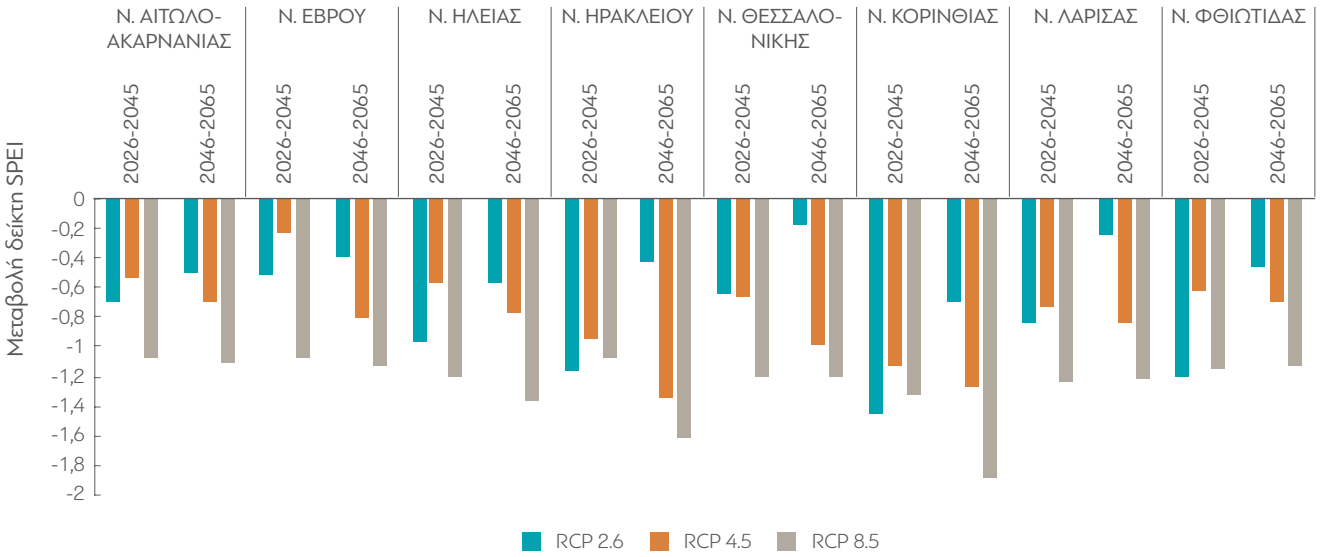
Σχήμα 37β. Μεταβολή των ημερών ανά έτος με ημερήσια βροχόπτωση άνω των 20mm για το σενάριο RCP 4.5 για τις για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000



Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων από τους δείκτες ποσοτικοποίησης της ξηρασίας (τυποποιημένου δείκτη βροχόπτωσης και τυποποιημένου δείκτη βροχόπτωσης-εξατμισοδιαπνοής) για τις υπό μελέτη ΠΕ υποδεικνύουν την αύξηση των συνθηκών ξηρασίας για το σύνολο των Νομών. Η μείωση των δεικτών σε 12μηνη βάση που σχετίζεται με τη μείωση στη διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων (υπόγεια ύδατα) παρατηρείται ιδιαίτερα για το σενάριο RCP 8.5 για την υποπερίοδο 2046-2065 στις ΠΕ Ηρακλείου, Ηλείας και Κορινθίας (Σχήμα 38).

Σχήμα 38. Μεταβολές του δείκτη βροχόπτωσης-εξατμισοδιαπνοής ανά ΠΕ για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000



Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Συμπερασματικά, παρόλο που η επίδραση της κλιματικής αλλαγής αναμένεται να επηρεάσει τη γεωργική και κτηνοτροφική παραγωγή στο σύνολο της χώρας, η πίεση που θα ασκηθεί στις καλλιέργειες και στον τομέα της κτηνοτροφίας παρουσιάζει γεωγραφική ανισοκατανομή. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μεταβολών των μέσων κλιματικών παραμέτρων και των ειδικών για τη γεωργία και την κτηνοτροφία ακραίων κλιματικών δεικτών προκύπτει ότι η πίεση στις καλλιέργειες και στην κτηνοτροφία στις ΠΕ Ηρακλείου, Ηλείας, Κορινθίας και Λαρίσης αναμένεται να είναι ιδιαίτερα σημαντική, ενώ λιγότερο σημαντική στις ΠΕ Έβρου, Θεσσαλονίκης, Φθιώτιδος και Αιτωλοακαρνανίας.

Ειδικότερα, για τα ελαιόδεντρα η παραγωγή είναι ιδιαίτερα ανθεκτική σε υψηλές θερμοκρασίες και συνθήκες ξηρασίας, αλλά αν οι συνθήκες αυτές παραταθούν χρονικά, η βλαστική δραστηριότητα μπορεί να είναι περιορισμένη. Παράλληλα, η αύξηση της θερμοκρασίας κατά την ψυχρή περίοδο

του έτους και η έλλειψη ψυχρών θερμοκρασιών που εξασφαλίζουν τη σωστή άνθιση είναι ικανή να περιορίσει επίσης την παραγωγή. Όσον αφορά την αμπελοκαλλιέργεια, η διαφοροποίηση των κλιματικών συνθηκών έχει άμεση επίπτωση τόσο στην απόδοση των αμπελώνων όσο και στην ποιότητα του οίνου, διαφοροποιώντας τον λόγο μεταξύ σακχάρων και οξέων στο προϊόν. Η γενική εκτίμηση για τη Νοτιοανατολική Μεσόγειο είναι μείωση των αποδόσεων, αλλά η μεταβολή της θερμοκρασίας μπορεί να επιτρέψει την καλλιέργεια του αμπελιού σε περιοχές που τώρα θεωρούνται ακατάλληλες και στην ευδοκίμηση διαφορετικών ποικιλιών. Οι καλλιέργειες της ελιάς και των αμπελιών επηρεάζονται από ακραία καιρικά φαινόμενα, που μπορεί να περιορίσουν ή/και να καταστρέψουν την παραγωγή. Η πρόκληση στην καλλιέργεια σιτηρών, που αποτελεί βασικό γεωργικό προϊόν επισιτιστικής ασφάλειας, είναι ο έλεγχος της παραγωγής λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με την ξηρασία (Zampieri et al., 2017).

Σχετικά με την παραγωγή βαμβακιού συγκριτικά με την παραγωγή αραβόσιτου στην ελληνική επικράτεια, η αύξηση της θερμοκρασίας αναμένεται να έχει θετική επίδραση στην παραγωγή βαμβακιού λόγω αποτελεσματικότερης φωτοσύνθεσης για όλα τα σενάρια εκπομπών, ενώ αντίθετα αναμένεται μεικτή συμπεριφορά με σχετικά μικρές διαφορές σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς στην παραγωγή αραβόσιτου (Vouloudakis et al., 2018). Η πίεση στον τομέα της κτηνοτροφίας εξαρτάται από τη μειωμένη απόδοση στις καλλιέργειες ζωοτροφών, σε συνδυασμό με τις απαιτήσεις για μεγαλύτερη κατανάλωση ύδατος. Η βελτίωση των τεχνικών εκτροφής, κυρίως στην κτηνοτροφία αιγοπροβάτων και πουλερικών, η καλύτερη διαχείριση, με περιβαλλοντικά κριτήρια, των βοσκοτόπων αλλά και η ιδιαίτερη μέριμνα για τομείς όπως η μελισσοκομία και η σηροτροφία μπορούν να μειώσουν τους κινδύνους που έχει να αντιμετωπίσει η κτηνοτροφία.

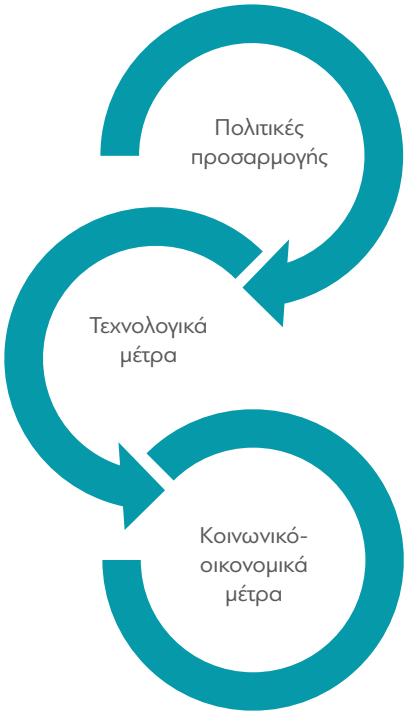
Οι συνέργειες για πιο φιλική προς το περιβάλλον διαχείριση και η συνείδηση των προκλήσεων που θέτει η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσουν άμεσα την ποσότητα και ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων και τη συμβολή του κτηνοτροφικού τομέα, όπως και του αγροτικού τομέα συνολικά στη διαμόρφωση του ΑΕΠ. Παραμένει σημαντικό θέμα η ικανότητα των αγροτών και των κτηνοτρόφων να προσαρμόσουν τη διαχείριση καλλιεργειών και αγροτικών οικοσυστημάτων σε ένα μεταβαλλόμενο κλίμα, με στόχο την ελαχιστοποίηση των αρνητικών συνεπειών (Δαλέζιος, 2015). Η διακύμανση, θετική ή αρνητική, των αποδόσεων πρέπει να οδηγήσει σε ευέλικτες συνέργειες του παραγωγικού και του μεταποιητικού και εμπορικού τομέα ώστε να στηρίξουν την κοινωνική συνοχή στις κατά περίπτωση περιοχές του γεωγραφικού χώρου. Η παράμετρος αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για την αποτροπή της εγκατάλειψης των εδαφών.

2.5 Προσαρμογή της γεωργίας και κτηνοτροφίας στην κλιματική αλλαγή

Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στον τομέα της γεωργίας και κτηνοτροφίας, σύμφωνα με την ανάλυση των μεταβολών για τις μέσες και ακραίες κλιματικές συνθήκες παρουσιάζει ιδιαίτερες προκλήσεις στην Ελλάδα. Η γεωργική και κτηνοτροφική παραγωγή παρουσιάζει υψηλή εξάρτηση από τις κλιματικές συνθήκες, γεγονός που αναδεικνύει τη σημαντικότητα παροχής εντοπισμένων λύσεων και προτάσεων προσαρμογής. Οι άξονες των προτάσεων προσαρμογής καθορίζονται από την κατηγοριοποίηση των επιδράσεων της κλιματικής αλλαγής σε μεταβολές στην απόδοση και την ποιότητα των καλλιεργειών καθώς και στην παραγωγικότητα της κτηνοτροφίας.

Τα μέτρα στοχεύουν στην ενίσχυση της κλιματικής ανθεκτικότητας του τομέα της γεωργίας και της κτηνοτροφίας με σκοπό την ελαχιστοποίηση των αρνητικών συνεπειών της κλιματικής αλλαγής. Η κύρια συνιστώσα των μέτρων προσαρμογής αφορά τη βέλτιστη διαχείριση των καλλιεργειών και του ζωικού κεφαλαίου καθώς και την ανάπτυξη πολιτικών σε διάφορα επίπεδα διακυβέρνησης που ενισχύουν την ικανότητα αποτελεσματικής αντιμετώπισης των κινδύνων της κλιματικής μεταβλητότητας από τους καλλιεργητές και τους εκτροφείς. Το γενικό πλαίσιο των μέτρων προσαρμογής που προτείνεται παρουσιάζεται στο Σχήμα 39 (Jacobs et al., 2019).

Σχήμα 39. Πλαίσιο μέτρων προσαρμογής



Πηγή: Μετάφραση από Jacobs et al., 2019.

Πολιτικές προσαρμογής

Οι πολιτικές σε διεθνές επίπεδο και σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης παρέχουν ένα πλαίσιο για την ενθάρρυνση της προσαρμογής της γεωργικής εκμετάλλευσης σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο.

Οι σημαντικότερες διεθνείς πρωτοβουλίες είναι:

α. Η Συμφωνία των Παρισίων για την κλιματική αλλαγή που αποτελεί την πρώτη οικουμενική και νομικά δεσμευτική παγκόσμια συμφωνία για το κλίμα με στόχο τη συγκράτηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη κάτω από τους 2 °C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα.
β. Το πλαίσιο Sendai 2015-2030 που επιδιώκει την ουσιαστική μείωση του κινδύνου καταστροφής και των απωλειών σε ανθρώπινες ζωές και περιουσίες, σε βιοποριστικές ικανότητες και στην υγεία καθώς και στα οικονομικά, φυσικά, κοινωνικά, πολιτιστικά και περιβαλλοντικά περιουσιακά στοιχεία ανθρώπων, επιχειρήσεων και χωρών. Το πλαίσιο αναδεικνύει τη σημαντικότητα της πρόληψης και μείωσης της έκθεσης σε κινδύνους και την αύξηση της δυνατότητας προσαρμογής.
γ. Οι 17 στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών, εκ των οποίων ο 2ος στόχος αφορά την επισιτιστική ασφάλεια και τη βιώσιμη γεωργική παραγωγή ενώ ο 13ος στόχος αφορά τη δράση για την καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος και τις επιπτώσεις της.

Σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης οι σημαντικότερες πρωτοβουλίες είναι:

α. Η κοινή γεωργική πολιτική με διακριτούς στόχους τη στήριξη των γεωργών, τη βελτίωση της γεωργικής παραγωγικότητας και της συμβολής στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, και τη βιώσιμη διαχείριση των φυσικών πόρων.
β. Η στρατηγική προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή που ενθαρρύνει όλα τα κράτη-μέλη να υιοθετήσουν ολοκληρωμένες στρατηγικές προσαρμογής.
γ. Η προώθηση της κλιματικής ανθεκτικότητας με την προσαρμογή σε βασικούς ευάλωτους τομείς όπως η γεωργία.

Τεχνολογικά μέτρα

Η προσαρμογή σε επίπεδο αγροκτήματος εστιάζεται σε τεχνικά μέτρα που αλλάζουν τα πρότυπα παραγωγής, τις μεθόδους, τις δομές και τις στρατηγικές του αγροκτήματος. Τα τεχνικά μέτρα σχετίζονται με αλλαγές στις γεωργικές πρακτικές ως αποτέλεσμα της αύξησης της θερμοκρασίας, για παράδειγμα καλλιέργειες ανθεκτικές στην ξηρασία καθώς και υπεύθυνη και στοχευμένη χρήση φυτοφαρμάκων και βιώσιμη χρήση νερού μεταξύ άλλων. Η προσαρμογή σε επίπεδο αγροκτήματος πρέπει να καλύπτει τις συγκεκριμένες ανάγκες των εκμεταλλεύσεων με στόχο τη διατήρηση ανθεκτικής παραγωγής, τη διατήρηση του εδάφους και των υδάτινων πόρων, τη μείωση της ξηρασίας, των παρασίτων και άλλων κλιματικών απειλών, καθώς και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Ανάλογα με την εκμετάλλευση, σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, στα χαρακτηριστικά μέτρα προσαρμογής περιλαμβάνονται:

α. *Γεωργία ακριβείας* που περιλαμβάνει ένα σύνολο τεχνολογιών που στοχεύουν στη διαχείριση της χωρικής και χρονικής μεταβλητότητας του αγρού βελτιστοποιώντας τη γεωργική απόδοση (Balafoutis et al., 2017 και Barnes et al., 2019). Βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή της αποτελεί η γνώση της διαφοροποίησης της γονιμότητας, της υγρασίας, της σύστασης του εδάφους, της τοπογραφίας σε επίπεδο αγρού που απαιτούν και την ανάλογη διαφοροποίηση της καλλιέργειας. Η γεωργία ακριβείας χρησιμοποιεί σύγχρονες τεχνικές όπως συστήματα γεωεντοπισμού (GPS), γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS), αισθητήρες μέτρησης ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things – IoT) και συστήματα τηλεπισκόπησης για τη διαμόρφωση ζωνών διαχείρισης με κοινά χαρακτηριστικά. Πρόκληση ενός συστήματος γεωργίας ακριβείας αποτελεί η βιώσιμη αύξηση της γεωργικής παραγωγής, η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή (Φούντας και Γέμπτος, 2015) καθώς και η πρόβλεψη και πρόληψη των επιπτώσεων των φυσικών καταστροφών, στον βαθμό που μπορεί να υλοποιηθεί μέσα από προγνωστικά μοντέλα.

β. *Βελτιωμένη απόδοση άρδευσης* που μειώνει σημαντικά την αρνητική επιρροή στα υδάτινα οικοσυστήματα και στη βιοποικιλότητα του εδάφους. Λιγότερη χρήση νερού σημαίνει επάρκεια νερού για μεγαλύτερη χρονική περίοδο σε συνθήκες κλιματικής αλλαγής.
γ. *Διαφοροποίηση και εναλλαγή καλλιεργειών* που μειώνει τον κίνδυνο απώλειας μιας παραγωγής ενός έτους, καθώς διαφορετικές καλλιέργειες ανταποκρίνονται με διαφορετικό τρόπο στις κλιματικές συνθήκες (Isbell et al., 2017 και Roesch-McNally et al., 2018). Ένα σύστημα καλλιέργειας που βασίζεται σε μια μακρά εναλλαγή καλλιεργειών παρέχει μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στην αλλαγή του κλίματος.
δ. *Χρήση προσαρμοσμένων καλλιεργειών* και μετάβαση σε διαφορετικές καλλιέργειες για καλύτερη προσαρμογή στις νέες κλιματικές συνθήκες. Εκπόνηση σχεδίου για τη διαφοροποίηση των καλλιεργειών ακολουθώντας το πιθανότερο μοντέλο εξέλιξης της κλιματικής αλλαγής.
ε. *Καλυμμένες καλλιέργειες* που μπορούν να μειώσουν σημαντικά τον κίνδυνο υποβάθμισης του εδάφους, ο οποίος μπορεί να επιδεινωθεί από τις κλιματικές επιπτώσεις, όπως αυξημένος κίνδυνος έντονης βροχόπτωσης και ισχυρών ανέμων, ειδικά κατά τη διάρκεια του χειμώνα (Blanco-Canqui et al., 2015).
στ. *Βιώσιμη παραγωγή σε θερμοκήπια* για την αντιμετώπιση της αύξησης της θερμοκρασίας και των περιόδων κατά τις οποίες διαπιστώνεται πίεση στα αποθέματα νερού, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (Campiotti et al., 2012).
ζ. *Συμβατή με το οικοσύστημα αποστράγγιση γεωργικής γης* που συμβάλλει στη μείωση των επιπτώσεων των πλημμυρών στα χωράφια και στη μείωση της απορροής (Posthumus et al., 2015, Smith et al., 2014). Η καλύτερη αποστράγγιση μειώνει τη διάβρωση του εδάφους.

Κοινωνικο-οικονομικά μέτρα

Τα κοινωνικο-οικονομικά μέτρα αναφέρονται σε τρεις διαφορετικούς χρονικούς ορίζοντες:

Μακροπρόθεσμα μέτρα

- Λήψη μέτρων ήπιας μετάβασης σε νέο καλλιεργητικό μοντέλο και παράλληλη προστασία του εισοδήματος των γεωργών έναντι των ζημιών που θα προκύψουν από τη διαδικασία ανασχεδιασμού του καλλιεργητικού μοντέλου.

Μεσοπρόθεσμα μέτρα

- Ενημέρωση των καλλιεργητών για τις αναμενόμενες συνθήκες και τις επιπτώσεις τους στη γεωργία καθώς και για την αναγκαιότητα ανασχεδιασμού ή/και αλλαγής των καλλιεργειών τους.
- Θέσπιση οικονομικών κινήτρων για τη μετάβαση στο νέο μοντέλο. Ιδιαίτερα στον τομέα της κτηνοτροφίας αυτή η μετάβαση απαιτεί χρόνο και έχει άμεσες επιπτώσεις στο εισόδημα των κτηνοτρόφων.

Βραχυπρόθεσμα μέτρα

- Εκστρατεία ενημέρωσης των καλλιεργητών και των εκτροφέων για τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής τόσο στη γενικότερη μορφή της γεωργίας όσο και ειδικότερα στις καλλιέργειες που αφορούν την κάθε περιοχή ξεχωριστά. Ενημέρωση πως ο καθένας καλλιεργητής και η κάθε κτηνοτροφική εκμετάλλευση μπορούν να κάνουν διαφορά στην εξέλιξη του φαινόμενου σε τοπικό αλλά και εθνικό επίπεδο.
- Ενημέρωση για την ανάγκη εκσυγχρονισμού της παραγωγής αλλά και της οργανωμένης μεταποίησης και εμπορίας των γεωργικών προϊόντων. Στην κτηνοτροφία είναι επιτακτική η ανάγκη εκσυγχρονισμού των παραμέτρων εκτροφής και εκμετάλλευσης.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται μια επισκόπηση πιθανών λύσεων και ειδικές προτάσεις προσαρμογής για τις σημαντικότερες γεωργικές και κτηνοτροφικές περιοχές στην Ελλάδα, βάσει της εξέτασης της τρωτότητας των περιοχών στην κλιματική αλλαγή.

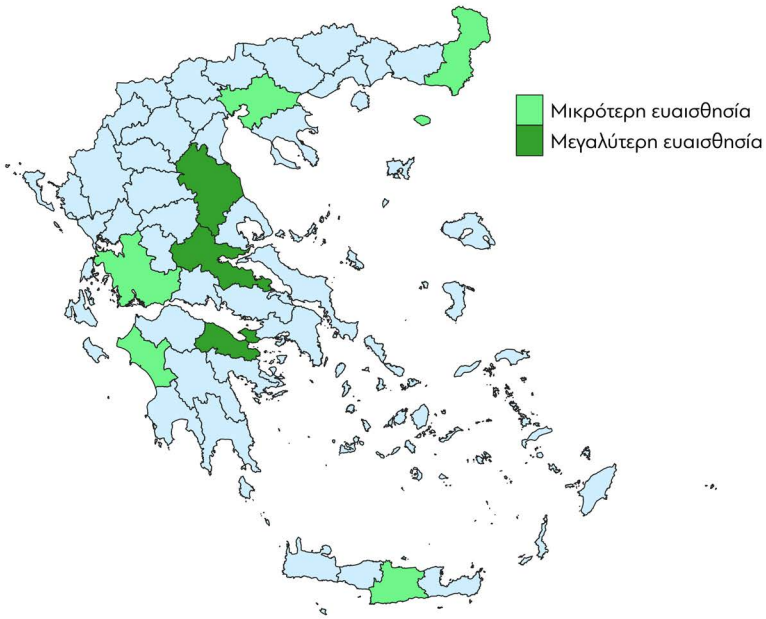
Ειδικά μέτρα προσαρμογής

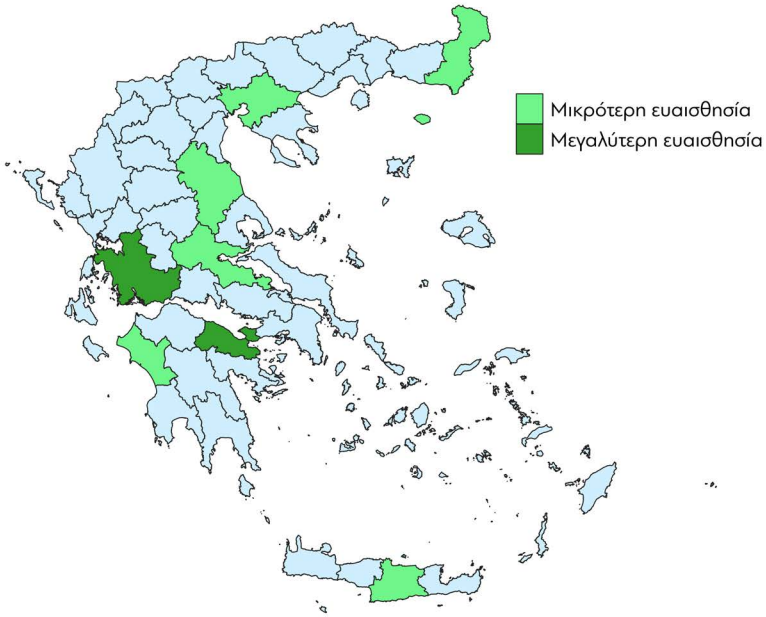
Η μεθοδολογία ανάπτυξης των ειδικών μέτρων προσαρμογής βασίζεται στην έκθεση της κάθε περιοχής στις κλιματικές μεταβολές σε συνδυασμό με τις κυριότερες κατηγορίες καλλιέργειας ανά ΠΕ.

Σύγκριση τρωτότητας επιλεγμένων γεωργικών και κτηνοτροφικών περιοχών ως προς την κλιματική αλλαγή

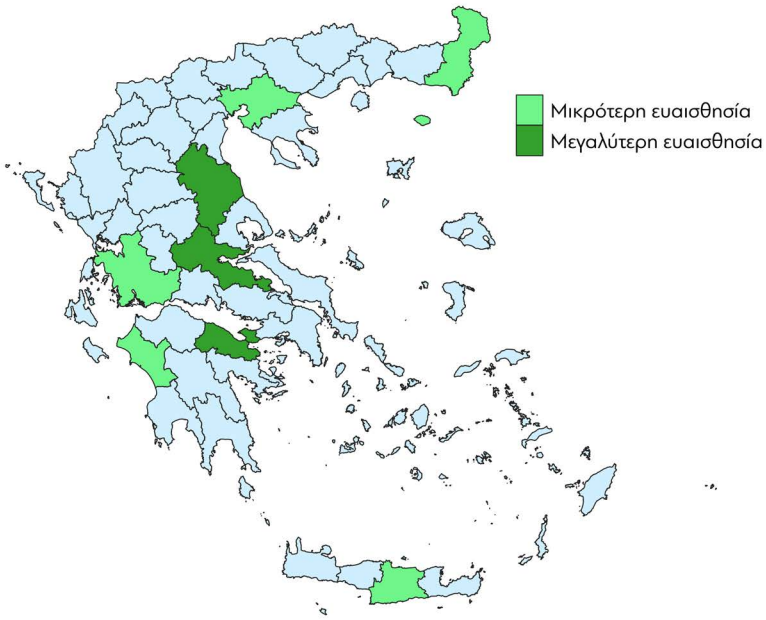
Ο κύριος στόχος των μέτρων προσαρμογής είναι να παρέχει τα κατάλληλα εργαλεία για τον περιορισμό της τρωτότητας των γεωργικών και κτηνοτροφικών περιοχών στους κινδύνους που προκύπτουν από τη μεταβολή του κλίματος. Η συγκριτική μελέτη της τρωτότητας των επιλεγμένων περιοχών βάσει των εκτιμήσεων των περιοχικών μοντέλων για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων ΑτΘ και για τις δύο μελλοντικές υποπεριόδους παρουσιάζεται στο Σχήμα 40, όπως υπολογίστηκε για όλες τις επιλεγμένες περιοχές, αθροιστικά για το σύνολο των ειδικών δεικτών για τη γεωργία και την κτηνοτροφία.

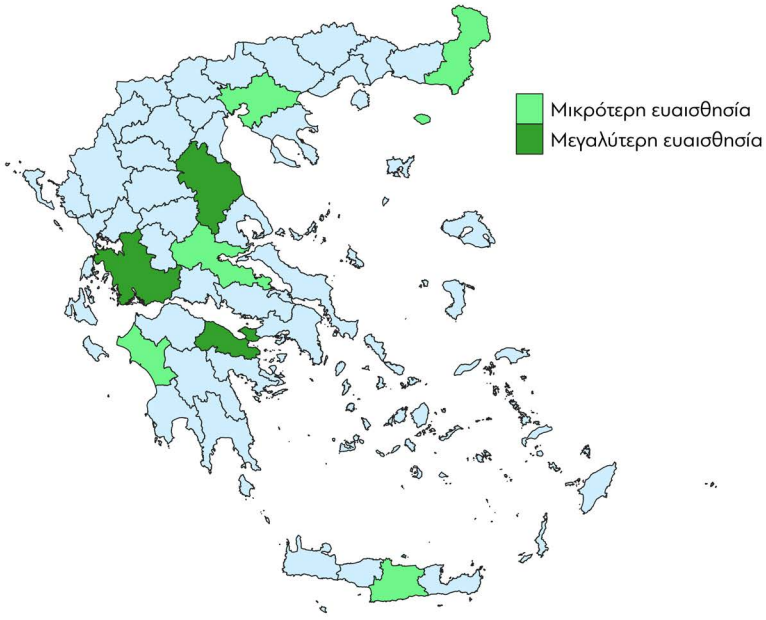
Σχήμα 40α. Σύγκριση της τρωτότητας των επιλεγμένων γεωργικών και κτηνοτροφικών περιοχών ως προς την κλιματική αλλαγή για το σενάριο RCP 2.6 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065



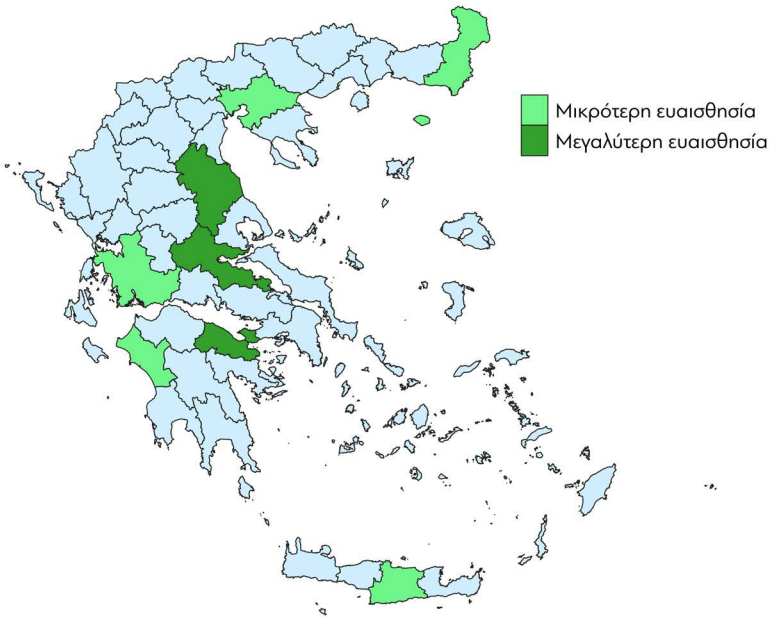


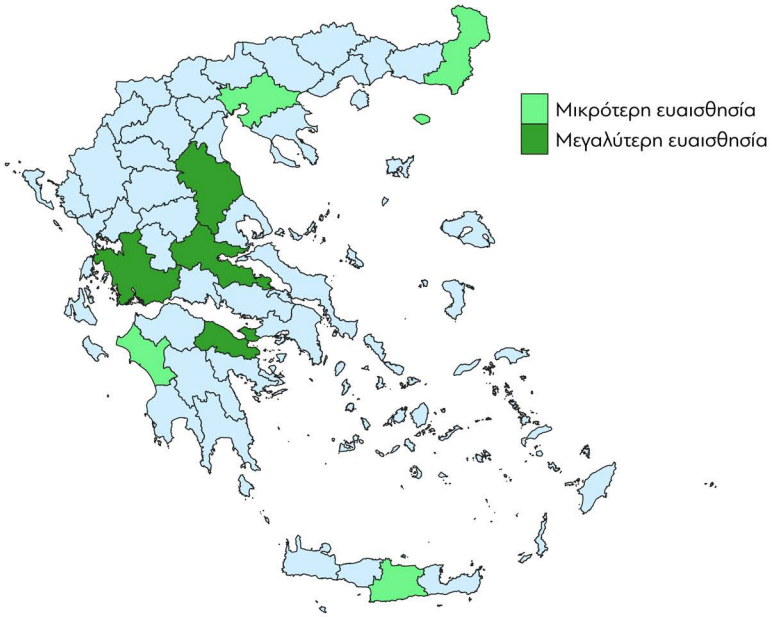
Σχήμα 40β. Σύγκριση της τρωτότητας των επιλεγμένων γεωργικών και κτηνοτροφικών περιοχών ως προς την κλιματική αλλαγή για το σενάριο RCP 4.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065





Σχήμα 40γ. Σύγκριση της τρωτότητας των επιλεγμένων γεωργικών και κτηνοτροφικών περιοχών ως προς την κλιματική αλλαγή για το σενάριο RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065



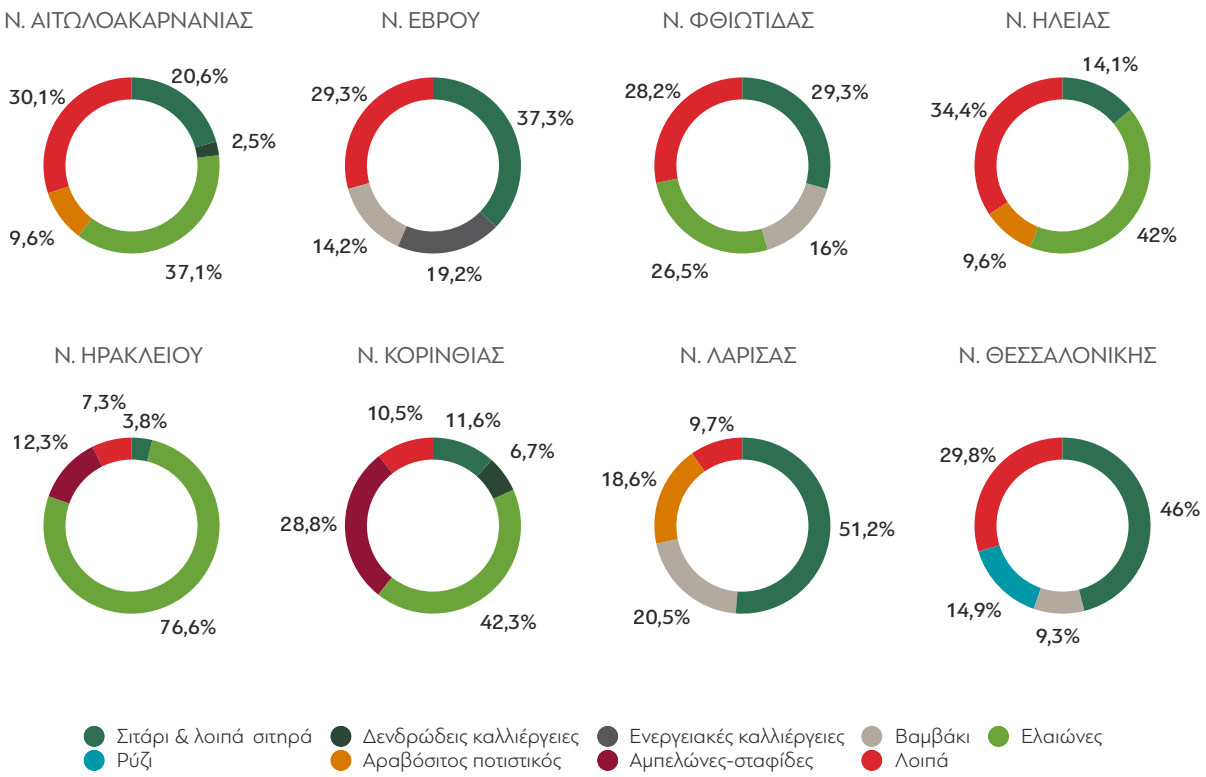


Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Κύριες καλλιέργειες ανά επιλεγμένη περιοχή

Οι επιλεγμένες ΠΕ αποτελούν τις πιο σημαντικές περιοχές της Ελλάδας σχετικά με τη γεωργική και την κτηνοτροφική παραγωγή και παρουσιάζουν ένα ευρύ φάσμα αροτραίων (εκτάσεις που υπόκεινται στο σύστημα της εναλλαγής των καλλιεργειών) και μόνιμων καλλιεργειών. Οι σημαντικότερες κατηγορίες καλλιεργειών ανά ΠΕ παρουσιάζονται στο Σχήμα 41.

Σχήμα 41. Ποσοστά των κυριότερων καλλιεργειών ανά ΠΕ



Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Μέτρα προσαρμογής ανά καλλιέργεια και περιοχή

Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής και κατά συνέπεια τα μέτρα προσαρμογής που προτείνονται για τις κύριες γεωργικές περιοχές της Ελλάδας διαφοροποιούνται ανά περιοχή και εξαρτώνται από τις σημαντικότερες κατηγορίες καλλιεργειών. Οι αροτραίες καλλιέργειες που εξετάζονται είναι τα σιτηρά, ο αραβόσιτος, το ρύζι, το βαμβάκι ενώ οι σημαντικότερες μόνιμες καλλιέργειες περιλαμβάνουν τους ελαιώνες, τους αμπελώνες, την κατηγορία των δενδροειδών και τις ενεργειακές καλλιέργειες.

Δημητριακά (σιτηρά, αραβόσιτος και ρύζι)

Η κλιματική αλλαγή αναμένεται σε παγκόσμιο επίπεδο να επιφέρει μεταβολές στα φαινολογικά στάδια ανάπτυξης των δημητριακών, με τη θερμοκρασία και τη βροχόπτωση να αποτελούν τις κύριες παραμέτρους που επηρεάζουν την απόδοση των καλλιεργειών τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά (Hatfield and Dold, 2018 και Zhao et al., 2017). Η παραγωγή σιτηρών επηρεάζεται επίσης από ακραίες κλιματολογικές συνθήκες, όπως η ξηρασία, οι ακραίες τιμές της θερμοκρασίας και οι καταιγίδες.

Ειδικότερα, η επίδραση της θερμοκρασίας οδηγεί σε υψηλότερη εξατμισοδιαπνοή και σε απώλειες νερού και θρεπτικών συστατικών, και αποτελεί τη σημαντικότερη παράμετρο που επιδρά στην παραγωγή των δημητριακών. Μέσω των εκτιμήσεων των βαθμοημερών ανάπτυξης για την περιοχή της Ελλάδας (αύξηση πλέον του 30% ανά περιοχή για το δυσμενές σενάριο RCP 8.5 την περίοδο 2046-2065) που αποτελεί τον σημαντικότερο δείκτη επίδρασης της θερμοκρασίας στη φαινολογία των δημητριακών (Fatima et al., 2020), προτείνονται τα εξής μέτρα/δράσεις προσαρμογής:

α. Αλλαγή και επιλογή των βέλτιστων ημερομηνιών σποράς και συγκομιδής για την αποφυγή υψηλών θερμοκρασιών και των επιπτώσεων από τη μείωση της διάρκειας των φαινολογικών σταδίων λόγω αυξημένης θερμοκρασίας.
β. Χρήση πιο αποτελεσματικών πρακτικών διαχείρισης καλλιεργειών, όπως η συμπληρωματική άρδευση, η χρήση κατάλληλων λιπασμάτων, η βέλτιστη γεωμετρία φύτευσης και η γεωργία ακριβείας. Σύμφωνα με τους Wang et al. (2018), σε παγκόσμιο επίπεδο η αύξηση της απόδοσης των αρδευτικών συστημάτων μπορεί να αυξήσει την απόδοση των καλλιεργειών έως και 20%. Ειδικότερες προτάσεις για την αποτελεσματικότερη λειτουργία των συλλογικών δικτύων άρδευσης στην Ελλάδα περιγράφονται σε μελέτη της διαΝΕΟσις[3] για τους Γενικούς και Τοπικούς Οργανισμούς Εγγείων Βελτιώσεων.
γ. Πρόσβαση σε ποικιλίες σπόρων προσαρμοσμένες στις μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες και σε ποικιλίες με υψηλή ανθεκτικότητα σε υψηλές θερμοκρασίες.
δ. Εναλλαγή καλλιεργειών ή σπορά δύο διαφορετικών καλλιεργειών δημητριακών στην ίδια γεωργική έκταση, στο πλαίσιο αποτελεσματικότερης χρήσης πόρων.

Τα μέτρα αυτά κρίνονται αναγκαία για την αύξηση της ανθεκτικότητας των δημητριακών στις κλιματικές συνθήκες και βρίσκουν εφαρμογή ιδιαίτερα στις καλλιέργειες των Νομών Λαρίσης, Έβρου και Θεσσαλονίκης όπου τα δημητριακά αποτελούν την κύρια κατηγορία καλλιέργειας.

---

3 https://www.dianeosis.org/wp-content/uploads/2021/06/toev_final.pdf.

Βαμβάκι

Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής σε παγκόσμιο επίπεδο εκτιμάται ότι θα είναι σχετικά περιορισμένη για την αρδευόμενη παραγωγή βαμβακιού, ενώ αντίθετα υψηλότερη ευαισθησία παρουσιάζει η τοπική παραγωγή που εξαρτάται από τις μεταβολές της βροχόπτωσης (Jans et al., 2020). Το βαμβάκι είναι μια καλλιέργεια με μεγάλη σημασία για την Ελλάδα καθώς αντιπροσωπεύει άνω του 85% της συνολικής παραγωγής στην Ευρωπαϊκή Ένωση (European Commission, 2014) και η επίδραση της αύξησης της θερμοκρασίας και της μείωσης της βροχόπτωσης εκτιμάται πως θα επιφέρει σχετική μείωση της παραγωγής στην Κεντρική και Βόρεια Ελλάδα ενώ παράλληλα αύξηση στη Δυτική Ελλάδα (Voloudakis et al., 2015). Το βαμβάκι παρουσιάζει σχετική ανθεκτικότητα σε υψηλές θερμοκρασίες ενώ η καλλιέργειά του είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στη διαθεσιμότητα νερού. Τα μέτρα προσαρμογής που προκρίνονται σχετίζονται κυρίως με την άρδευση, τη διαθεσιμότητα εδαφικής υγρασίας και την αποφυγή ασθενειών και συνοψίζονται στα παρακάτω:

α. Βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας του νερού άρδευσης με τη χρήση της τεχνολογίας (γεωργία ακριβείας) και προστασία των εδαφιαίων αποθεμάτων ύδατος, μειώνοντας τους παράγοντες πίεσης και διάβρωσης του εδάφους.
β. Αποτελεσματικό σχεδιασμό ποικίλων καλλιεργειών για τη διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους και την απώλεια θρεπτικών συστατικών.
γ. Βέλτιστη αξιοποίηση της καλλιεργητικής περιόδου και προσαρμογή στις μεταβολές της θερμοκρασίας.
δ. Επιλογή κατάλληλων ποικιλιών ανθεκτικών στην ξηρασία και στις ασθένειες.
ε. Βιώσιμη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων.

Τα ανωτέρω, κυρίως λόγω της μείωσης της εδαφικής υγρασίας που παρατηρείται για όλα τα σενάρια συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου σε συνδυασμό με τη μείωση της βροχόπτωσης, αποτελούν προτεινόμενες δράσεις κυρίως για τους επιλεγμένους Νομούς στην Κεντρική (Λαρίσης και Φθιώτιδος) και Βόρεια (Θεσσαλονίκης και Έβρου) Ελλάδα.

Ελαιώνες

Η καλλιέργεια της ελιάς στην Ελλάδα είναι από τις εμβληματικές καλλιέργειες της χώρας. Με μεγαλύτερη διάδοση στη νότια χώρα επηρεάζεται ιδιαίτερα από τις αλλαγές στο κλίμα και ειδικότερα από την αύξηση της θερμοκρασίας, την ξηρασία και τη μείωση της γονιμότητας του εδάφους. Οι περιοχές μελέτης με υψηλά ποσοστά ελαιώνων είναι οι Νομοί Ηρακλείου, Κορινθίας, Ηλείας, Αιτωλοακαρνανίας και Φθιώτιδος.

Οι παρατεταμένες περίοδοι ξηρασίας και υψηλών θερμοκρασιών επηρεάζουν την ανθοφορία και κατά συνέπεια την ετήσια παραγωγή με συχνότερη εμφάνιση του φαινομένου της ακαρπίας. Οι παραγωγοί μπορούν να ρυθμίσουν την ετήσια απόδοση με:

α. Ορθή διαχείριση και αύξηση της γονιμότητας του εδάφους του ελαιώνα.
β. Επιμελημένη θρέψη των ελαιόδεντρων.
γ. Ενδεδειγμένη χρονικά συγκομιδή με αποφυγή τραυματισμού των καρποφόρων βλαστών των δένδρων.
δ. Ορθολογική άρδευση.

Η εφαρμογή καλών γεωργικών πρακτικών μπορεί να αυξήσει την ανθεκτικότητα (oLIVE CLIMA, 2017):

α. Ανακύκλωση των κλαδεμάτων ως υλικό εδαφοκάλυψης για μακροπρόθεσμη αύξηση της οργανικής ουσίας του εδάφους.
β. Τροποποίηση του κλαδέματος για αύξηση της δέσμευσης διοξειδίου του άνθρακα μέσω της φωτοσύνθεσης.

Αμπελώνες

Το κλίμα είναι ο καθοριστικός παράγοντας για τις περιοχές όπου οι ποικιλίες του αμπελιού μπορούν να καλλιεργηθούν. Οι κρίσιμες κλιματικές παράμετροι που σχετίζονται με την παραγωγή και την ποιότητα των καρπών είναι η αύξηση της θερμοκρασίας που οδηγεί σε επιτάχυνση της διαδοχής των φαινολογικών σταδίων του αμπελιού και η μείωση της εδαφικής υγρασίας, λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας και της εξατμισοδιαπνοής, σε συνδυασμό με τη μεταβολή των προτύπων βροχόπτωσης.

Για την Ελλάδα η αύξηση της θερμοκρασίας θα ευνοήσει προσωρινά την αμπελοκαλλιέργεια σε ορεινές περιοχές, καθώς και στις δυτικές περιοχές και σε περιοχές βόρεια της Θεσσαλίας. Σε βάθος χρόνου, η μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με τη μείωση της βροχόπτωσης θα ακυρώσουν την ευνοϊκή συνθήκη, ενώ θα απαιτήσουν την ενισχυμένη άρδευση των καλλιεργειών (διαΝΕΟσις, 2017). Για τους Νομούς Ηρακλείου και Κορινθίας, η αύξηση της θερμοκρασίας για το δυσμενές σενάριο RCP 8.5 την περίοδο 2046-2065 εκτιμάται ότι θα είναι 2,3 και 2,4 βαθμούς αντίστοιχα ενώ εκτιμάται μείωση της εδαφικής υγρασίας και αύξηση των ραγδαίων βροχοπτώσεων αυξάνοντας τον κίνδυνο πλημμυρικών φαινομένων. Οι δράσεις προσαρμογής (Adviclim, 2016) αφορούν:

α. Πρακτικές διαχείρισης της συγκομιδής και κατάλληλες τεχνικές κλαδέματος, που ανάλογα τις κλιματικές συνθήκες και την παρατηρούμενη επιτάχυνση της διαδοχής των φαινολογικών σταδίων, θα επιτρέψουν τη σωστή διαχείριση της ετήσιας μεταβλητότητας.

β. Πρακτικές διαχείρισης του εδάφους για την καλύτερη διαχείριση της παροχής νερού της αμπέλου και την αποφυγή της διάβρωσης του εδάφους.
γ. Προσαρμογή του αμπελουργικού σχεδιασμού και της διαχείρισής του λαμβάνοντας υπόψη τοπικές συνθήκες όπως η τοπογραφία και η κλίση του εδάφους.
δ. Επιλογή κατάλληλης ποικιλίας και τεχνητή άρδευση, ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες.

Δενδροειδείς καλλιέργειες

Οι δενδροειδείς καλλιέργειες στις εύκρατες περιοχές (στις οποίες ανήκει και η Ελλάδα) αναπτύσσονται κατά κύριο λόγο κατά τη διάρκεια της άνοιξης ενώ απαιτείται σχετικά ψυχρή χειμερινή περίοδος για την ανθοφορία και την καρποφορία. Ο κύριος κλιματικός παράγοντας που επηρεάζει την ανάπτυξη και την απόδοση των δενδροειδών καλλιεργειών είναι η θερμοκρασία τόσο κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου όσο και κατά τη διάρκεια του χειμώνα (Costes et al., 2016). Παράλληλα οι ακραίες κλιματικές συνθήκες μπορεί να επιφέρουν σημαντική μείωση έως και καταστροφή της παραγωγής. Η ευαισθησία των δενδροειδών καλλιεργειών είναι σε γενικές γραμμές υψηλότερη από την αντίστοιχη των αροτραίων καλλιεργειών. Η προβλεπόμενη αύξηση της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με την αύξηση ακραίων βροχοπτώσεων και περιόδων ξηρασίας απαιτεί την υιοθέτηση ειδικών δράσεων προσαρμογής όπως:

α. Προστασία των καλλιεργειών από τις υψηλές θερμοκρασίες με συστήματα σκίασης για τη μείωση της έκθεσης των καλλιεργειών στην ηλιακή ακτινοβολία.
β. Διατήρηση της εδαφικής υγρασίας με σύγχρονα συστήματα άρδευσης καθώς η αύξηση της θερμοκρασίας επιτείνει τις ανάγκες για νερό, με παράλληλη προστασία του εδάφους από τη διάβρωση και την αποσάθρωση.
γ. Συστηματική παρακολούθηση της φαινολογίας των καλλιεργειών και αξιολόγηση της ποιότητας και βιωσιμότητας των προϊόντων.
δ. Πιθανή αντικατάσταση παλαιών καλλιεργειών με ποικιλίες ανθεκτικότερες στις υψηλότερες θερμοκρασίες.
ε. Παράλληλη καλλιέργεια φυτών που θα εμπλουτίζουν το έδαφος με θρεπτικά στοιχεία είναι μια δυνατότητα παρέμβασης κατά της εξάντλησης των στοιχείων αυτών στο έδαφος.

Οι δενδρώδεις καλλιέργειες εκτός των ελαιώνων για τις κύριες παραγωγικές γεωργικές περιοχές της Ελλάδας που εξετάζονται στην παρούσα μελέτη εντοπίζονται στους Νομούς Αιτωλοακαρνανίας και Κορινθίας.

Κτηνοτροφία

Η αύξηση της θερμοκρασίας που εκτιμάται για το σύνολο των σεναρίων συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου θα επιφέρει σημαντική πίεση στην κτηνοτροφία, λόγω των αυξημένων απαιτήσεων κατανάλωσης ύδατος, της πιθανής εισαγωγής νέων επιβλαβών ασθενειών καθώς και της μείωσης παραγωγής ζωοτροφών. Οι προτάσεις προσαρμογής που προκρίνονται σχετίζονται με την αποτελεσματικότερη διαχείριση και περιλαμβάνουν:

α. Διασταύρωση κατάλληλων ποικιλιών για μεγαλύτερη ανοχή σε υψηλές θερμοκρασίες και βελτιωμένη υγεία των ζώων που μπορεί να μειώσει την πίεση από τη βοσκή (Lal et al., 2011).
β. Βελτιωμένη διαχείριση βοσκοτόπων για τη βελτίωση της υγείας των ζώων (Delgado et al., 2011).
γ. Βελτίωση των συνθηκών εκτροφής για μείωση της θερμοκρασίας (συστήματα σκίασης και εξαερισμού).
δ. Πρόληψη νέων ή παλαιών ασθενειών που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή και χρήση μέσων παρακολούθησης για τη βελτίωση των υπηρεσιών υγείας των ζώων.

Τα μέτρα προσαρμογής αφορούν το σύνολο των επιλεγμένων περιοχών και βρίσκουν εφαρμογή για πολλαπλές κατηγορίες εκτροφής.

ΕΝΣΩΜΑΤΩΝΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΟΝ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ ΤΟΥ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Οκτώβριος 2021

Προσαρμογή του αστικού περιβάλλοντος στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής

3

3.1 Εισαγωγή

Η σχέση του αστικού περιβάλλοντος με την κλιματική αλλαγή είναι πολλαπλή:

1. Οι πόλεις (αστικό περιβάλλον) συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή μέσω των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.
2. Η κλιματική αλλαγή λειτουργεί ενισχυτικά ως προς ακραία καιρικά φαινόμενα και καύσωνες που μπορεί να πλήξουν το αστικό περιβάλλον, ενώ συμβάλλει στον κατακλυσμό παράκτιων εδαφών λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας.
3. Το πώς οργανώνεται και αναπτύσσεται το αστικό περιβάλλον επηρεάζει την κατανάλωση ενέργειας και κατά συνέπεια την παραγωγή θερμότητας αλλά και αερίων θερμοκηπίου.

3.2 Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής και οι κίνδυνοι που προκύπτουν για το αστικό περιβάλλον

Οι κύριες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής που σχετίζονται με το αστικό περιβάλλον είναι:

α. Η αύξηση της θερμοκρασίας
Ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας, σε συνδυασμό με την προσαρμοστικότητα των πόλεων σύμφωνα με τις τρέχουσες και μελλοντικές κοινωνικοοικονομικές συνθήκες, αποτελεί τον βασικό σκελετό για τη μελέτη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Το αστικό περιβάλλον στην Ελλάδα είναι ιδιαίτερα ευάλωτο σε επεισόδια καύσωνα, τα οποία συνήθως συνδέονται με μεταφορά θερμών αέριων μαζών από την Αφρική κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους και σε περιόδους όπου διακόπτεται η κυκλοφορία των ετήσιων ανέμων. Τα κύματα καύσωνα είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα για την υγεία των κατοίκων σε αστικές περιοχές καθώς συνδέονται με αύξηση της θνησιμότητας, ιδιαίτερα σε μεσογειακές πόλεις, όπου και η συχνότητα των φαινομένων είναι υψηλότερη (D'Ippoliti et al., 2010).

Ειδικότερη αναφορά γίνεται στο φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας (ΑΘΝ), δηλαδή στην αυξημένη θερμοκρασία του αέρα μέσα στην πόλη έναντι των περιαστικών περιοχών. Αυτή η διαφορά μπορεί να φτάσει και τους 8-10 °C για την περιοχή της Αθήνας και αυξάνει το ψυκτικό φορτίο των κτηρίων σε περίοδο αιχμής (Santamouris and Cartalis, 2015), επιδεινώνει τις επιπτώσεις στην υγεία ευάλωτων ομάδων πληθυσμού (Paravantis et al., 2017) και υποβαθμίζει την ποιότητα του αέρα. Το φαινόμενο της ΑΘΝ επιτείνεται όσο το ποσοστό πρασίνου του αστικού ιστού είναι χαμηλότερο, η δόμηση πυκνότερη εμποδίζοντας τον φυσικό αερισμό της πόλης, τα υλικά της δόμησης κατώτερης ποιότητας και η παραγωγή ανθρωπογενούς θερμότητας από τις ανθρώπινες δραστηριότητες μεγαλύτερη.

β. Ακραία καιρικά φαινόμενα
Τα ακραία καιρικά φαινόμενα όπως πλημμύρες και καταιγίδες, είναι αυτά που προκαλούν τις μεγαλύτερες καταστροφές σε οικονομική και σε υλική βάση, αλλά και σε ανθρώπινες ζωές στον αστικό ιστό. Οι παράγοντες τρωτότητας των αστικών περιοχών λόγω πλημμυρών είναι η τοπογραφία

και τοποθεσία της πόλης καθώς και το ποσοστό κάλυψης γης από μη διαπερατά υλικά, γεγονός που εμποδίζει τη φυσική απορρόφηση των όμβριων υδάτων από το έδαφος.

3.3 Κλιματικοί δείκτες για το αστικό περιβάλλον

Οι σημαντικότερες παράμετροι που επηρεάζουν το αστικό περιβάλλον σχετίζονται με μεταβολές των βασικών κλιματικών παραμέτρων και συγκεκριμένα της θερμοκρασίας, της βροχόπτωσης, της σχετικής υγρασίας, του ανέμου καθώς και με τη συχνότητα εμφάνισης ακραίων καιρικών φαινομένων. Οι επιλεγμένοι δείκτες και παράμετροι που περιγράφουν συνδυαστικά την επίδραση της κλιματικής αλλαγής και μεταβλητότητας στο αστικό περιβάλλον παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6. Κλιματικές παράμετροι και δείκτες για την περιγραφή των μέσων και ακραίων κλιματικών συνθηκών στο αστικό περιβάλλον

Μέσες κλιματικές συνθήκες	
Θερμοκρασία	°C
Βροχόπτωση	mm/ημέρα
Ταχύτητα επιφανειακού ανέμου	m/s
Σχετική υγρασία	%
Βαθμοημέρες ψύξης	Βαθμοημέρες
Βαθμοημέρες θέρμανσης	Βαθμοημέρες

Ακραίες κλιματικές συνθήκες	
Διάρκεια ψυχρών επεισοδίων	Ημέρες
Αριθμός ψυχρών επεισοδίων	Αριθμός ανά έτος
Αριθμός θερμών επεισοδίων	Αριθμός ανά έτος
Γεγονότα με τρεις συνεχόμενες θερμές ημέρες και νύχτες	Αριθμός ανά έτος
Ημέρες με μέγιστη θερμοκρασία > 35 °C	Ημέρες ανά έτος
Ημέρες με μέγιστη θερμοκρασία > 37 °C	Ημέρες ανά έτος
Τροπικές νύχτες	Ημέρες ανά έτος
Ημέρες με βροχόπτωση > 20mm	Ημέρες ανά έτος

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Μέσες κλιματικές συνθήκες

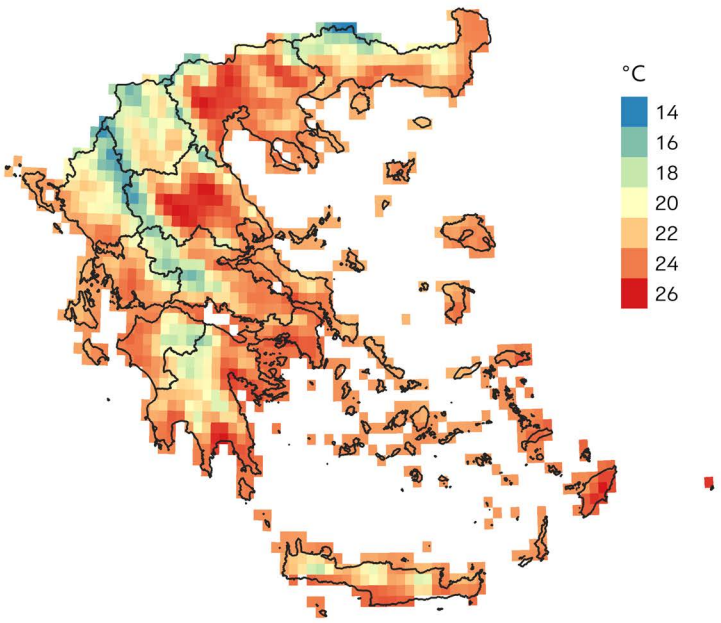
Μέση θερμοκρασία

Η θερμοκρασία αποτελεί τη σημαντικότερη κλιματική παράμετρο για τη μελέτη του θερμικού περιβάλλοντος στις αστικές περιοχές. Η αύξηση της

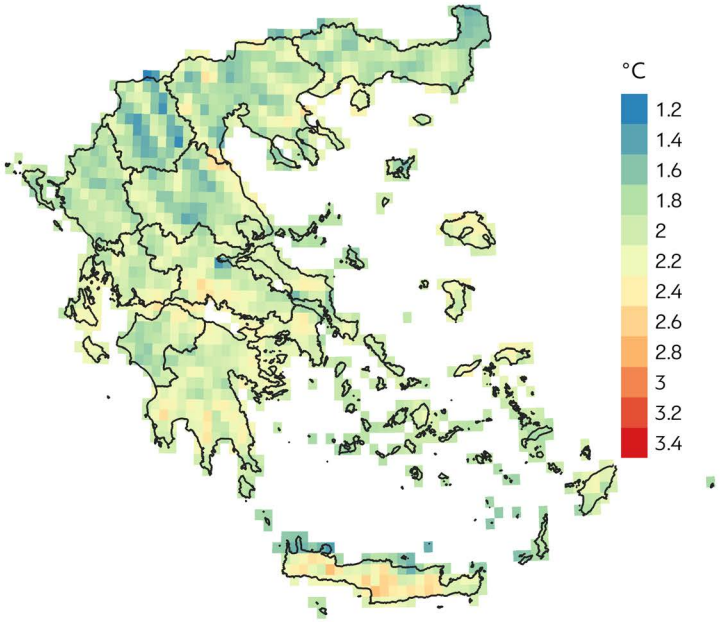
μέσης ετήσιας θερμοκρασίας εκτιμάται ότι στον ελλαδικό χώρο θα φτάσει έως και τους 2,6 °C για το δυσμενές σενάριο RCP 8.5 κατά την περίοδο 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000 (βλ. Σχήμα 8 – Κεφάλαιο 2). Στις αστικές περιοχές η διαφορά αυτή αναμένεται να είναι σημαντικά υψηλότερη λόγω του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.

Οι εκτιμήσεις των περιοχικών κλιματικών μοντέλων για την περίοδο του καλοκαιριού παρουσιάζονται στο Σχήμα 42 και εκτιμάται ότι σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000 η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας των καλοκαιρινών μηνών θα υπερβεί ανά περιοχές τους 2 °C και τους 2,5 °C για τα σενάρια RCP 2.6 και 4.5 αντίστοιχα, ενώ για το σενάριο RCP 8.5 η θερμοκρασία θα αυξηθεί έως και 3,4 °C στην ηπειρωτική Ελλάδα.

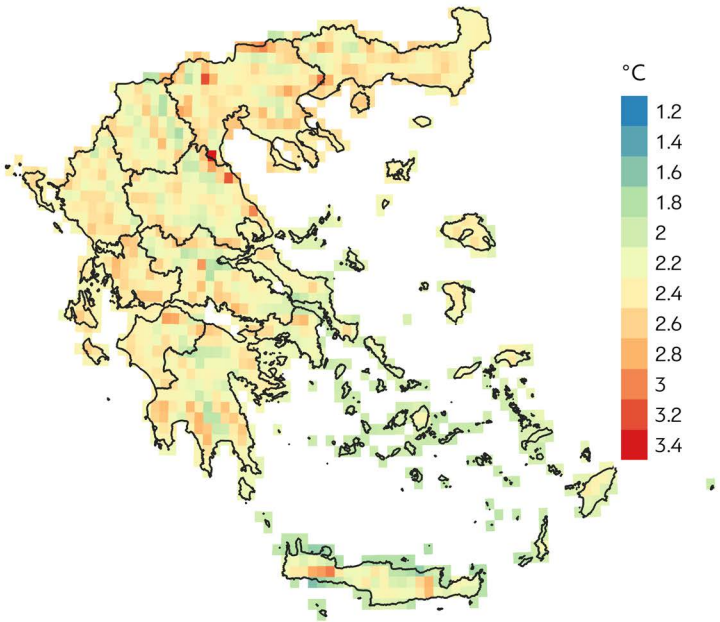
Σχήμα 42. Μεταβολές της μέσης θερμοκρασίας κατά τους θερινούς μήνες για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ της περιόδου 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000



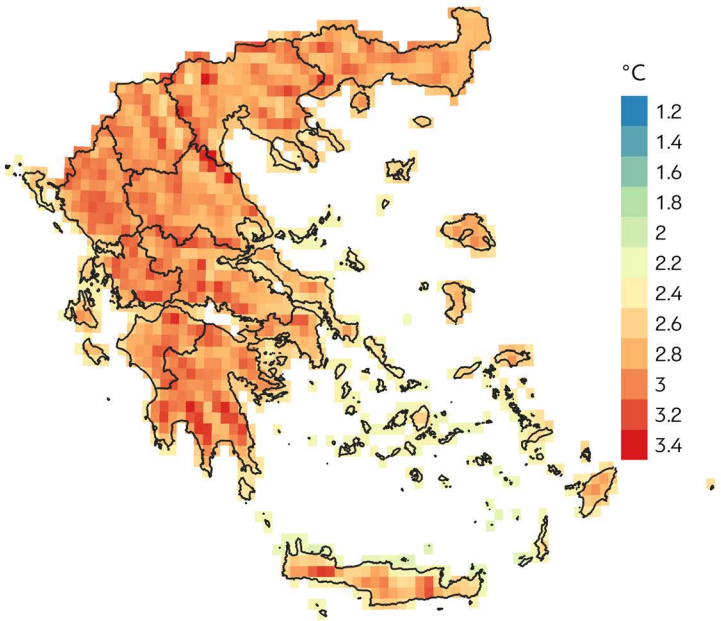
Μέση θερμοκρασία των καλοκαιρινών μηνών (°C)
Περίοδος: 1971-2000



Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας των καλοκαιρινών μηνών (°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας των καλοκαιρινών μηνών (°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



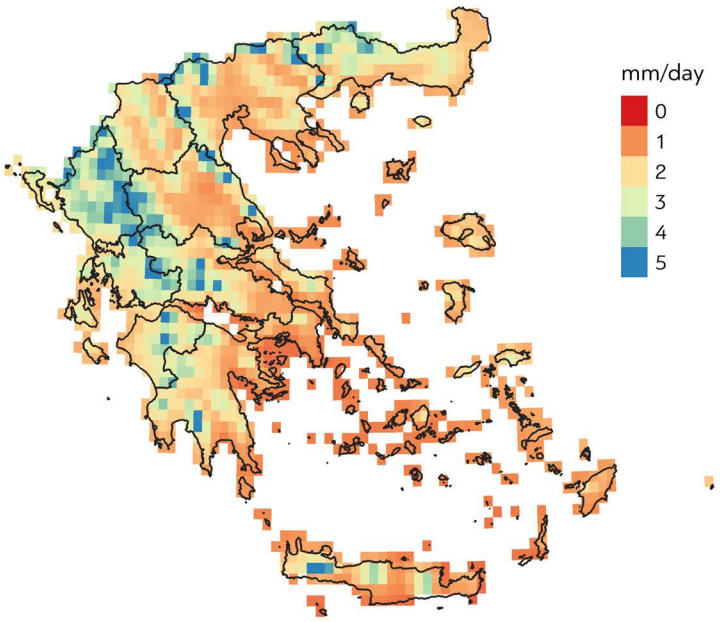
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας των καλοκαιρινών μηνών (°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

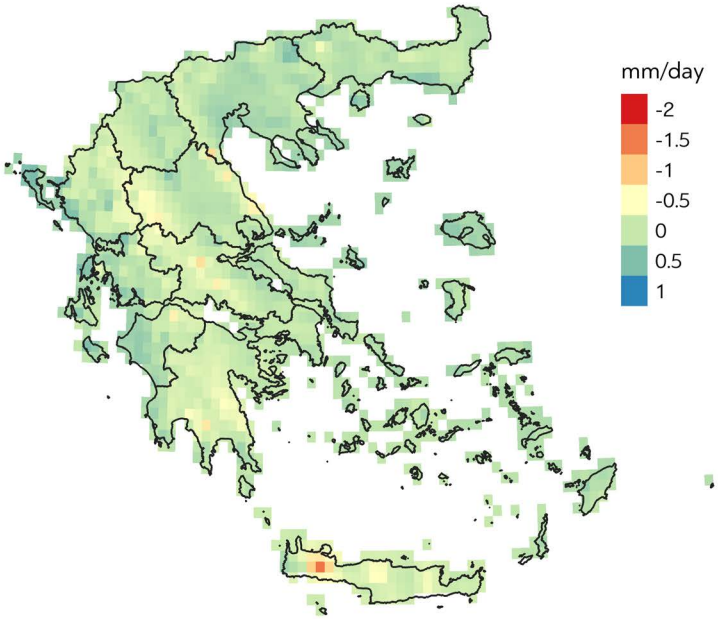
Βροχόπτωση

Η βροχόπτωση στον ελλαδικό χώρο παρουσιάζει σημαντική μεταβλητότητα με τα μέγιστα ύψη να παρατηρούνται στη Δυτική Ελλάδα, στις ορεινές περιοχές της χώρας και σε περιοχές της Κρήτης, ενώ αντίθετα τα ελάχιστα ύψη ετήσιας βροχόπτωσης εντοπίζονται στα νησιά του Νότιου Αιγαίου Πελάγους, στην Αττική και στη Δυτική Πελοπόννησο (βλ. Σχήμα 12 – Κεφάλαιο 2). Παρόλο που οι εκτιμήσεις των περιοχικών μοντέλων για τις μελλοντικές υποπεριόδους σχετίζονται κυρίως με μείωση της βροχόπτωσης σε ετήσια βάση (βλ. Σχήμα 13 – Κεφάλαιο 2), στις αστικές περιοχές σημαντική παράμετρο αποτελούν οι ακραίες τιμές ύψους βροχής που κυρίως κατά τον χειμώνα και τις μεταβατικές περιόδους μπορεί να οδηγήσουν σε πλημμυρικά φαινόμενα που σχετίζονται με απώλειες ζωής και υλικές ζημιές. Οι εποχιακές εκτιμήσεις της βροχόπτωσης παρουσιάζονται στο Σχήμα 43.

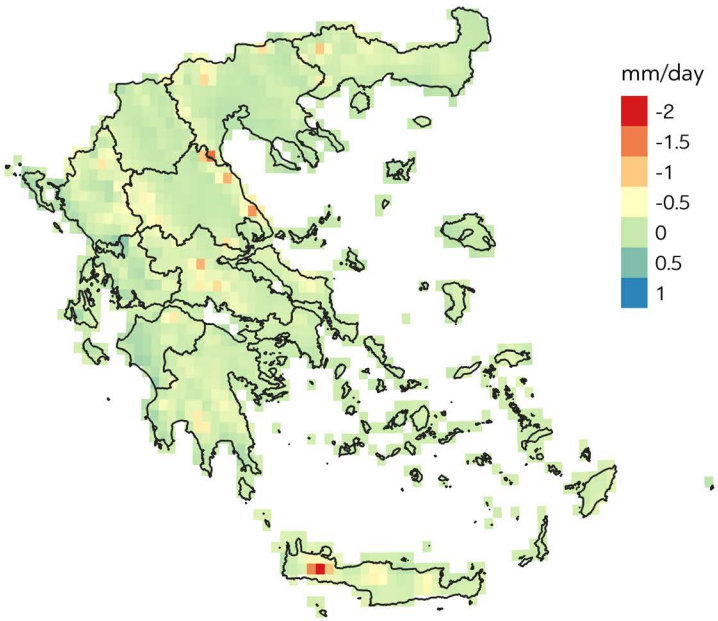
Σχήμα 43. Μεταβολή της βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια του χειμώνα και των μεταβατικών εποχών για τα σενάρια RCP 4.5 και 8.5 και για τη μελλοντική περίοδο 2026-2045 σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000



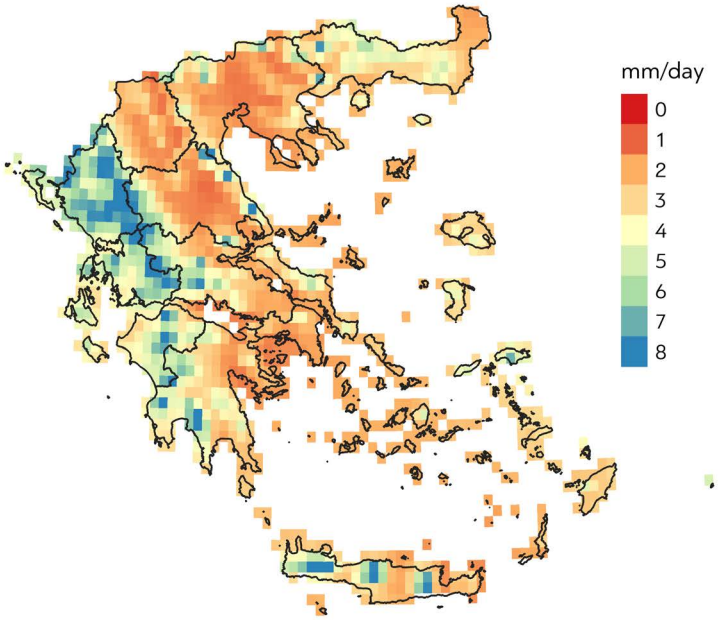
Μέση βροχόπτωση των φθινοπορινών μηνών (mm/day)
Περίοδος: 1971-2000



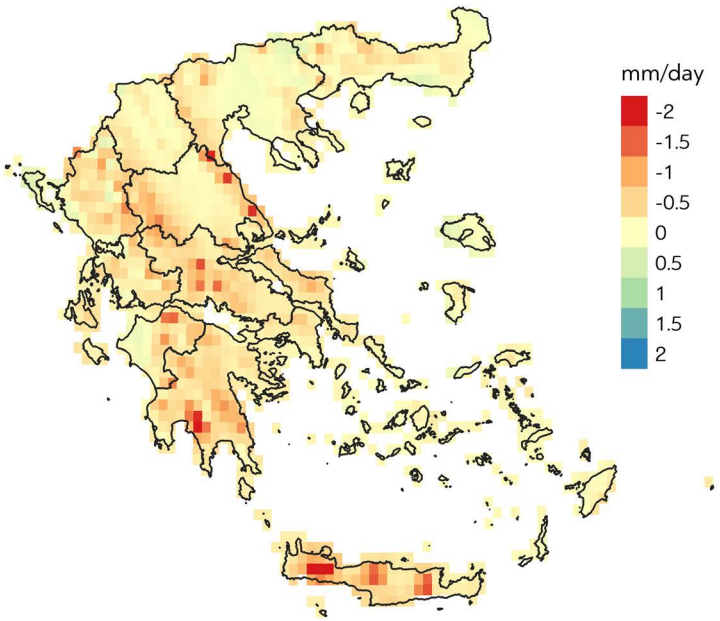
Μεταβολή της βροχόπτωσης των φθινοπορινών μηνών (mm/day)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



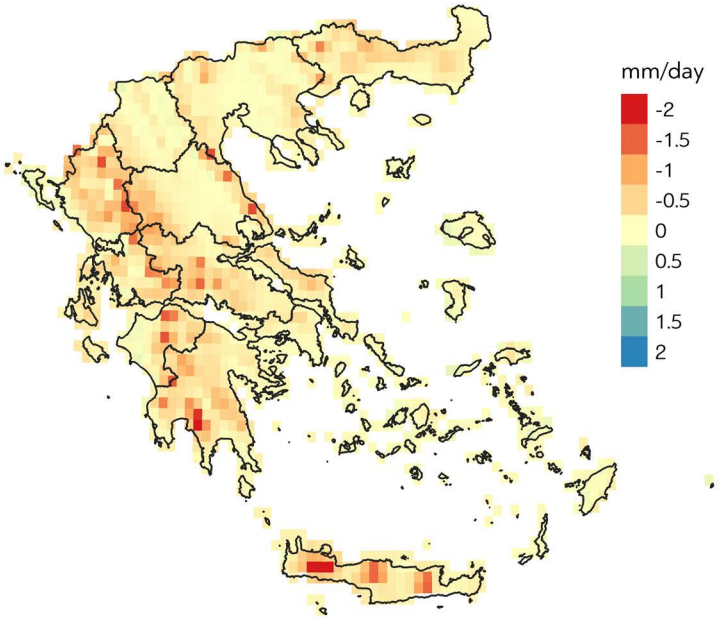
Μεταβολή της βροχόπτωσης των φθινοπορινών μηνών (mm/day)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



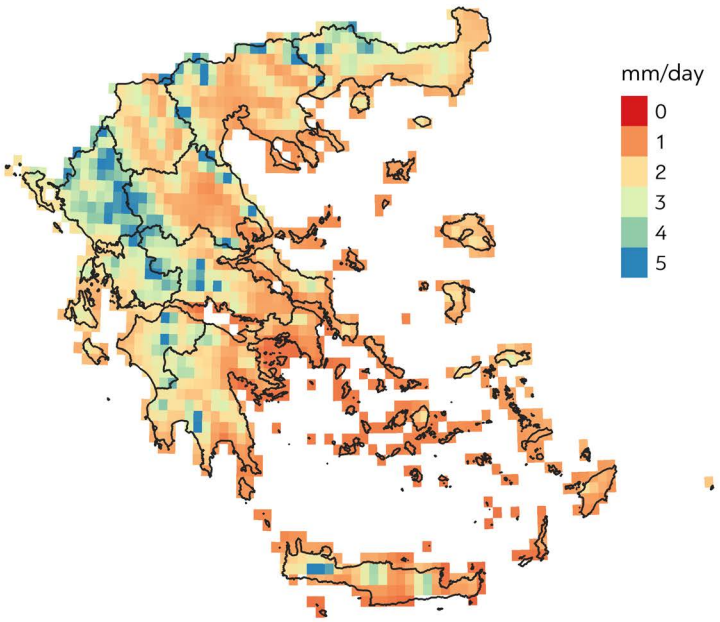
Μέση βροχόπτωση των χειμερινών μηνών (mm/day)
Περίοδος: 1971-2000



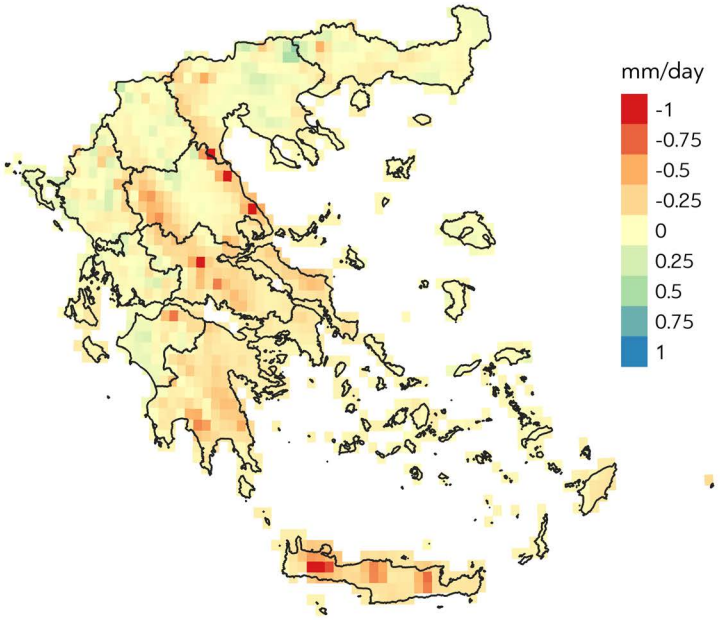
Μεταβολή της βροχόπτωσης των χειμερινών μηνών (mm/day)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



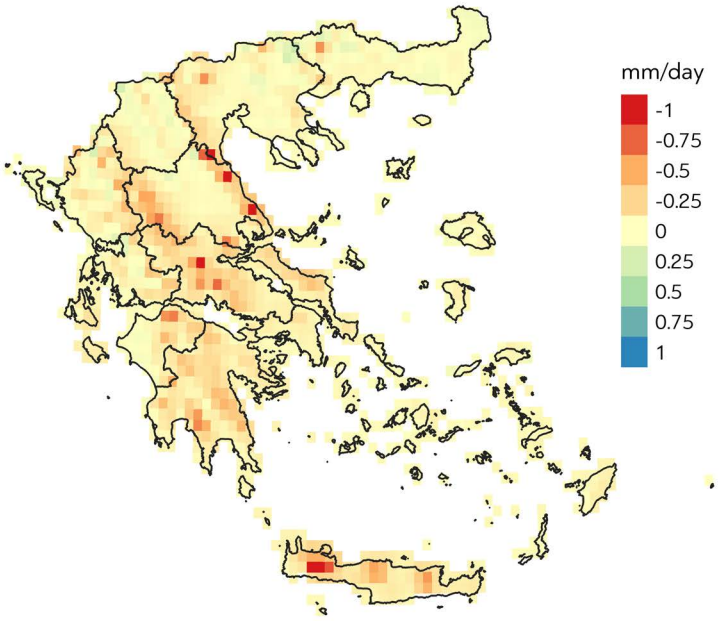
Μεταβολή της βροχόπτωσης των χειμερινών μηνών (mm/day)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



Μέση βροχόπτωση των εαρινών μηνών (mm/day)
Περίοδος: 1971-2000



Μεταβολή της βροχόπτωσης των εαρινών μηνών (mm/day)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή της βροχόπτωσης των εαρινών μηνών (mm/day)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

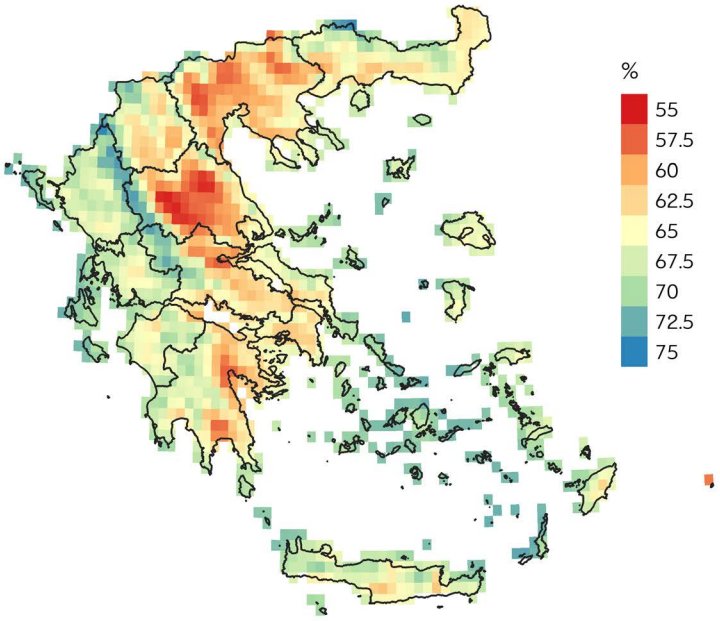
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Σχετική υγρασία

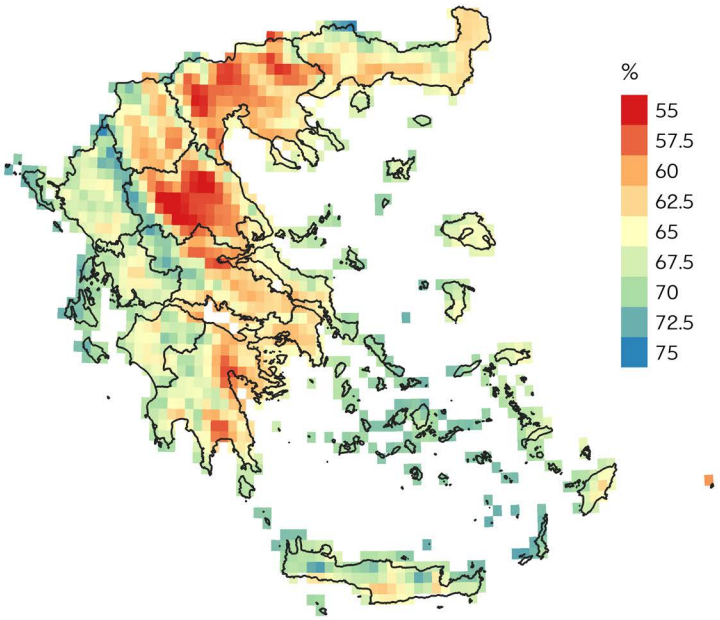
Η χωρική κατανομή της σχετικής υγρασίας σε ετήσια βάση παρουσιάζει μέγιστα στη Δυτική και νησιωτική Ελλάδα, ενώ οι ελάχιστες τιμές της εντοπίζονται στην Ανατολική ηπειρωτική Ελλάδα (Σχήμα 44). Η κατανομή αυτή,

σύμφωνα με τις εκτιμήσεις των περιοχικών κλιματικών μοντέλων για όλα τα σενάρια συγκεντρώσεων και τις υπό μελέτη περιόδους, δεν αναμένεται να μεταβληθεί σημαντικά.

Σχήμα 44. Χωρική κατανομή της μέσης ετήσιας σχετικής υγρασίας κατά την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και για τη μεσοπρόθεσμη περίοδο 2046-2065 για το σενάριο RCP 8.5



Μέση ετήσια σχετική υγρασία (%)
Περίοδος: 1971-2000

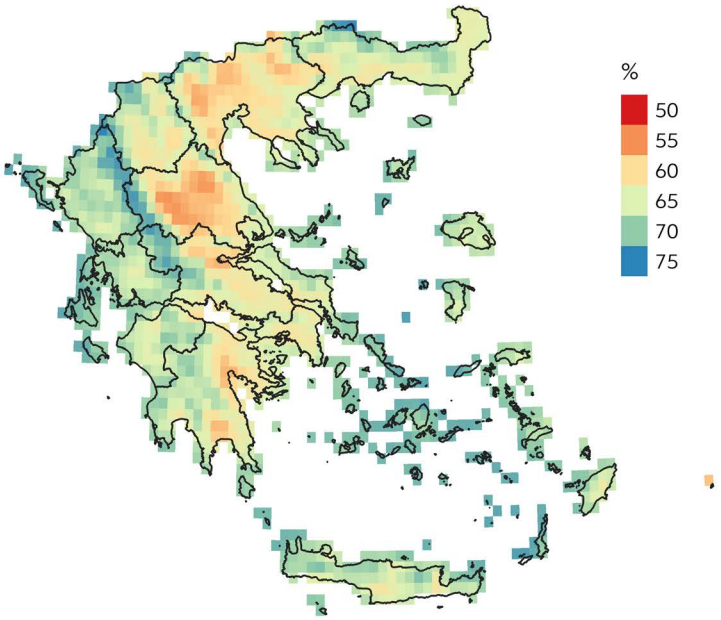


Μέση ετήσια σχετική υγρασία (%)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

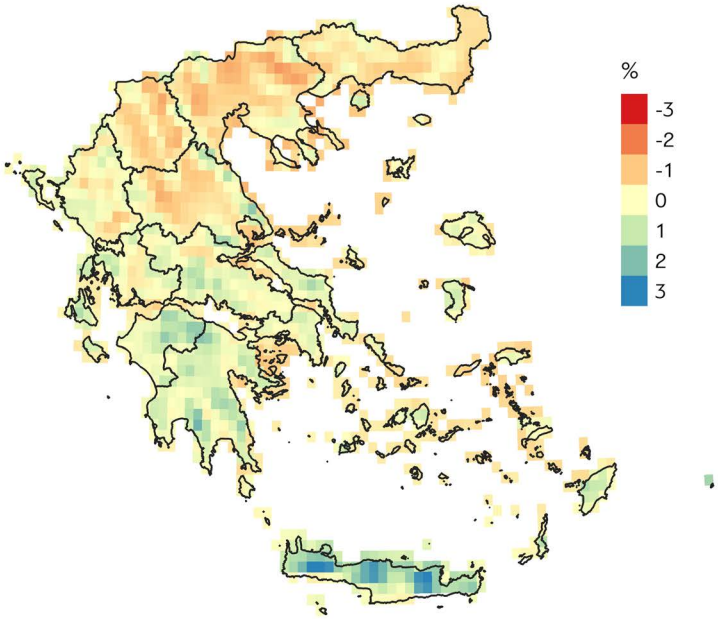
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Οι μεταβολές της μέσης ετήσιας σχετικής υγρασίας και της υγρασίας των καλοκαιρινών μηνών, για το δυσμενές σενάριο RCP 8.5 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000 για τις δύο μελλοντικές υποπεριόδους, παρουσιάζονται στο Σχήμα 45 και εκτιμάται ότι δεν θα παρουσιάσουν έντονες μεταβολές. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι τιμές της σχετικής υγρασίας εξαρτώνται από τις αντίστοιχες της θερμοκρασίας του αέρα, με αποτέλεσμα στις περιπτώσεις που η σχετική υγρασία παραμένει σταθερή και παρατηρείται παράλληλα αύξηση της θερμοκρασίας να έχουμε μείωση της περιεκτικότητας της ατμόσφαιρας σε υδρατμούς. Οι εκτιμήσεις για τα σενάρια RCP 2.6 και 4.5 παρουσιάζουν μεικτή συμπεριφορά με περιοχές να εμφανίζουν αύξηση της μέσης ετήσιας σχετικής υγρασίας, κυρίως στην ηπειρωτική Ελλάδα και μείωση σε παραθαλάσσιες και νησιωτικές περιοχές. Οι μεταβολές αυτές σχετίζονται εν μέρει από την εξάρτηση των τιμών της σχετικής υγρασίας από τη θερμοκρασία του αέρα.

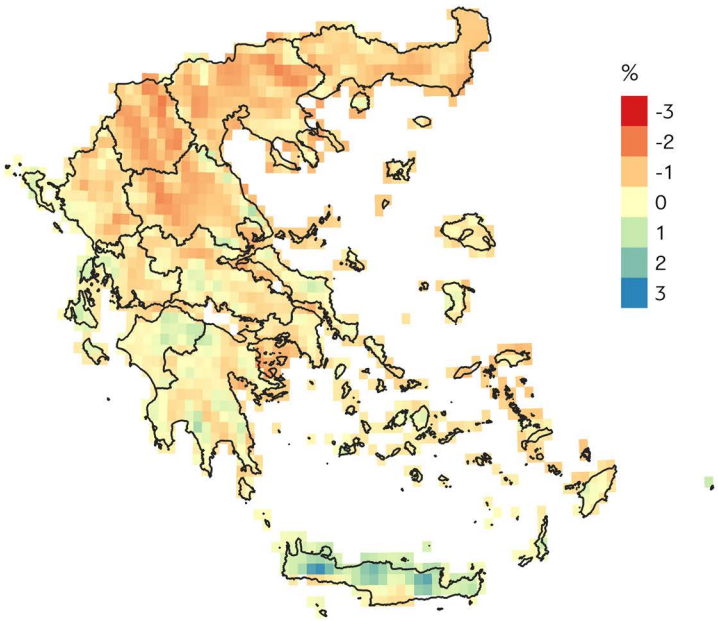
Σχήμα 45. Μεταβολή της μέσης ετήσιας σχετικής υγρασίας και μέσης σχετικής υγρασίας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού για το σενάριο RCP 8.5 και τις μελλοντικές περιόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000



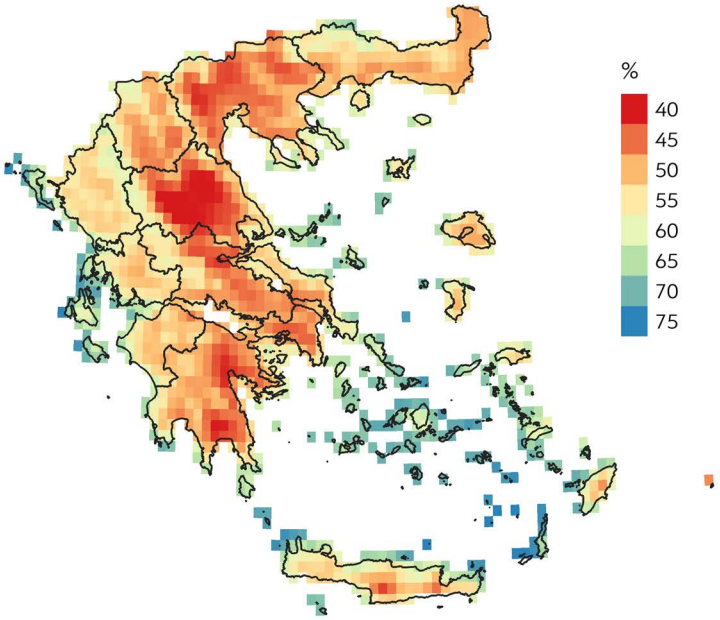
Μέση ετήσια σχετική υγρασία (%)
Περίοδος: 1971-2000



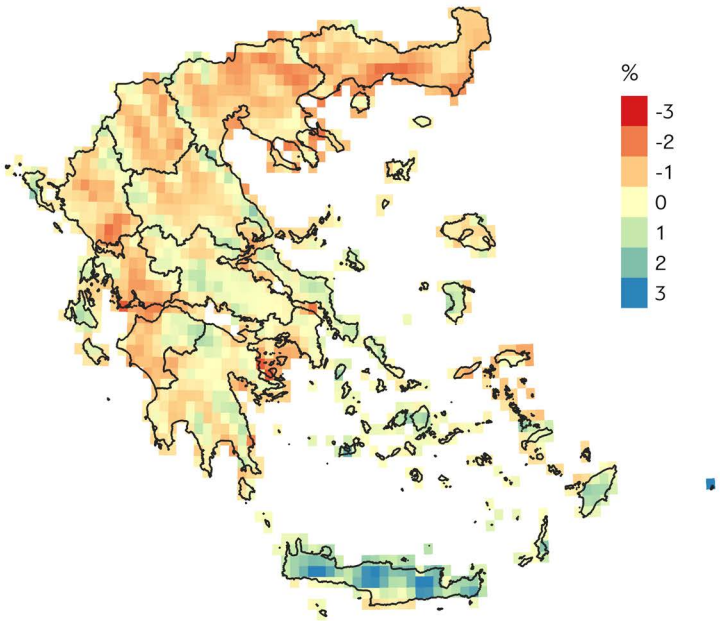
Μεταβολή στη μέση ετήσια σχετική υγρασία (%)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



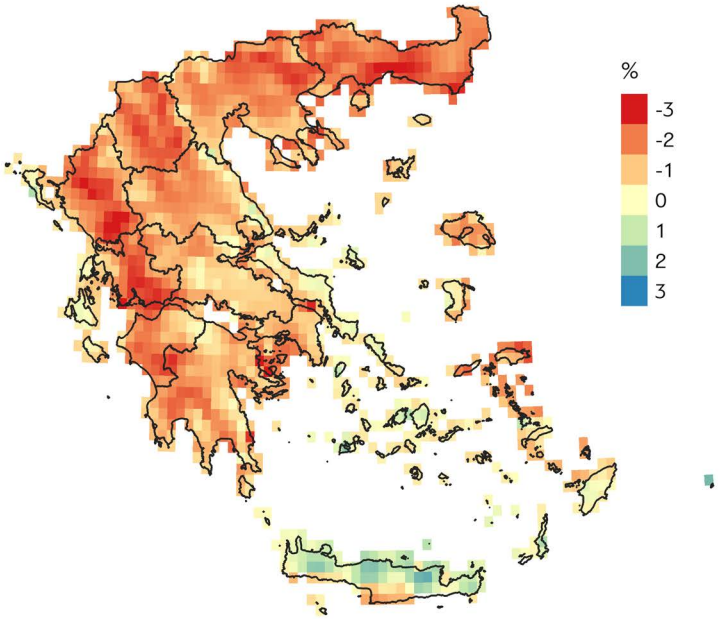
Μεταβολή στη μέση ετήσια σχετική υγρασία (%)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



Μέση σχετική υγρασία των καλοκαιρινών μηνών (%)
Περίοδος: 1971-2000



Μεταβολή στη σχετική υγρασία των καλοκαιρινών μηνών (%)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



Μεταβολή στη σχετική υγρασία των καλοκαιρινών μηνών (%)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

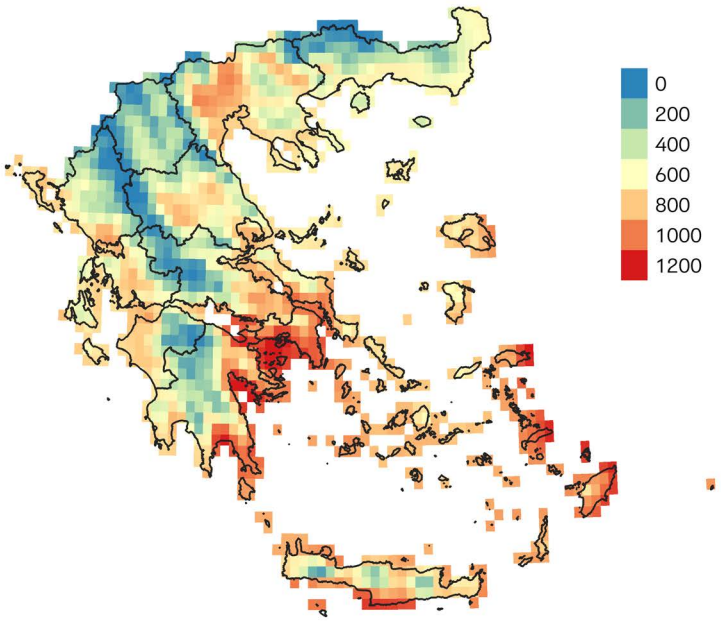
Η σχετική υγρασία παρουσιάζει ετήσια κύμανση αντίθετη με αυτή της θερμοκρασίας του αέρα, με τις ελάχιστες τιμές της να παρατηρούνται κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου. Τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων από τα περιοχικά κλιματικά μοντέλα για τη θερινή περίοδο και οι αντίστοιχες μεταβολές τους από την περίοδο αναφοράς, ταυτίζονται σε μεγάλο βαθμό με τα αντίστοιχα αποτελέσματα των ετήσιων τιμών. Τα επίπεδα των παραμέτρων αυτών καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό τη θερμική άνεση και ιδιαίτερα την περίοδο του καλοκαιριού μπορούν να οδηγήσουν σε συνθήκες θερμικής δυσφορίας. Η αύξηση της θερμοκρασίας σε συνθήκες κλιματικής αλλαγής, σε συνδυασμό με υψηλές τιμές της σχετικής υγρασίας και λαμβάνοντας υπόψη την έλλειψη χώρων πρασίνου και τον περιορισμό του δροσισμού στον αστικό ιστό, αναμένεται να αυξήσουν την αίσθηση δυσφορίας στους πολίτες των μεγάλων πόλεων.

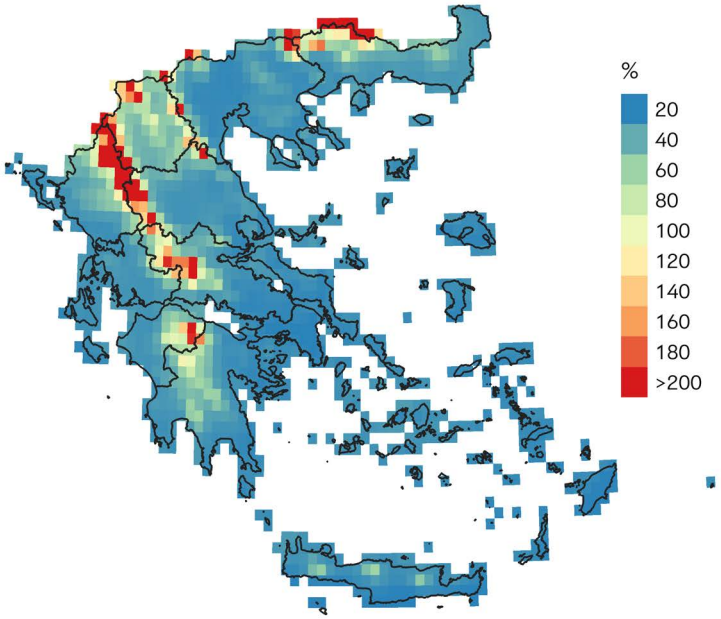
Βαθμοημέρες ψύξης και θέρμανσης

Οι βαθμοημέρες ψύξης και θέρμανσης αποτελούν δείκτες των ενεργειακών απαιτήσεων των κτηρίων για την επίτευξη της απαιτούμενης θερμικής άνεσης, λαμβάνοντας υπόψη τις κλιματικές συνθήκες και ειδικότερα τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Οι βαθμοημέρες υπολογίζονται σε σύγκριση με τη θερμοκρασία βάσης/αναφοράς και υπολογίζονται ως το άθροισμα των διαφορών μεταξύ της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και της θερμοκρασίας βάσης (ως θερμοκρασία βάσης χρησιμοποιήθηκαν οι 18 °C) κατά τη διάρκεια ενός ορισμένου χρονικού διαστήματος. Στην παρούσα μελέτη, οι βαθμοημέρες ψύξης και θέρμανσης υπολογίστηκαν σε

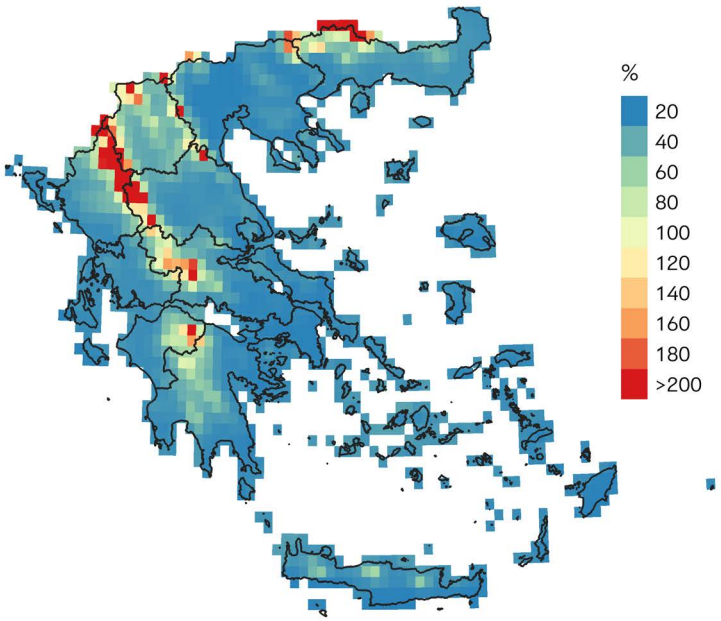
ημερήσια βάση και στα Σχήματα 46 και 47 παρουσιάζονται οι διαφορές (σε ποσοστιαία βάση) μεταξύ των εκτιμήσεων των βαθμοημερών για τις μελλοντικές περιόδους 2026-2045 και 2046-2065 και της περιόδου 1971-2000 για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων.

Σχήμα 46. Μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης μεταξύ των περιόδων 2026-2045 και 2046-2065 και της περιόδου 1971-2000 για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5 σε ποσοστά

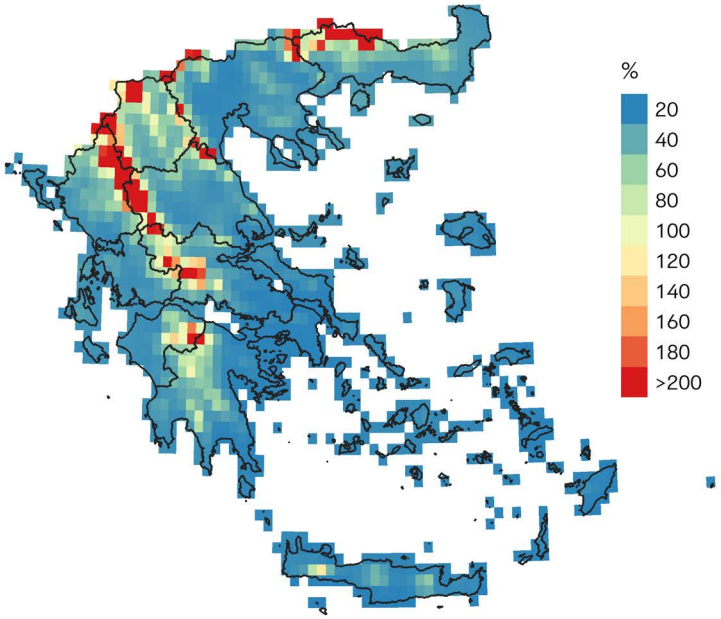




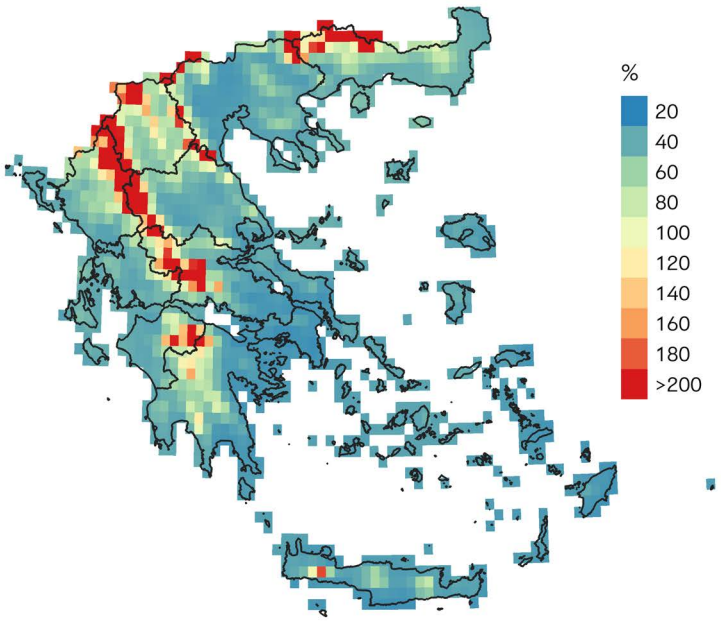
Ποσοστιαία μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



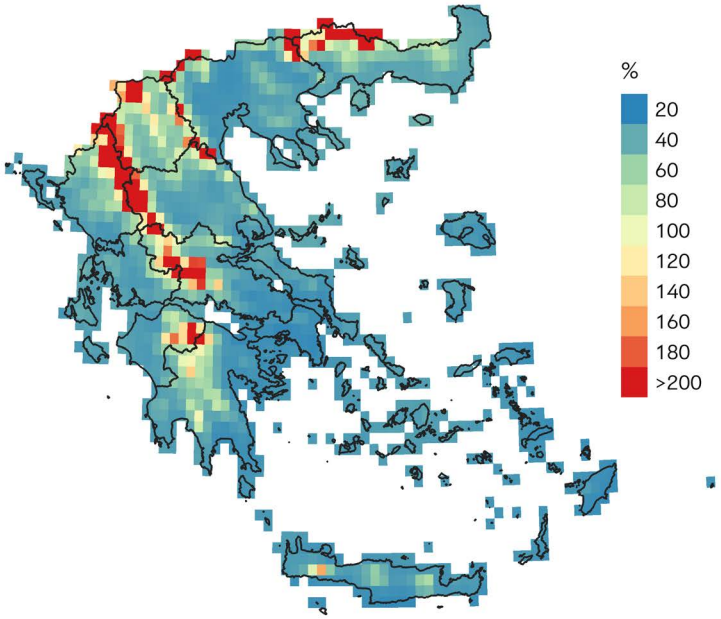
Ποσοστιαία μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



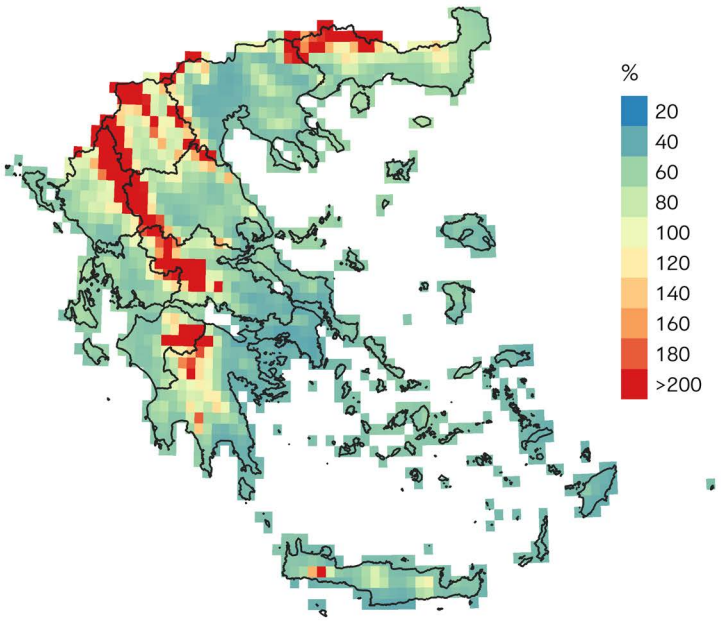
Ποσοστιαία μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Ποσοστιαία μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



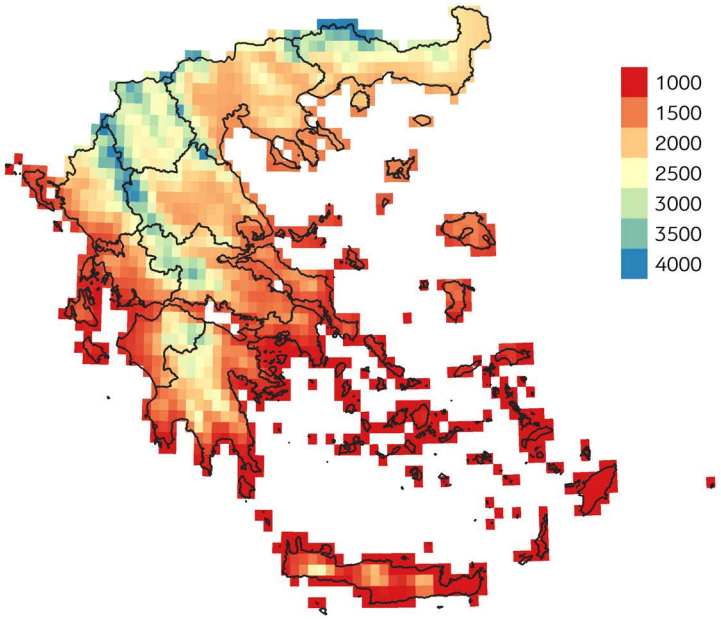
Ποσοστιαία μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



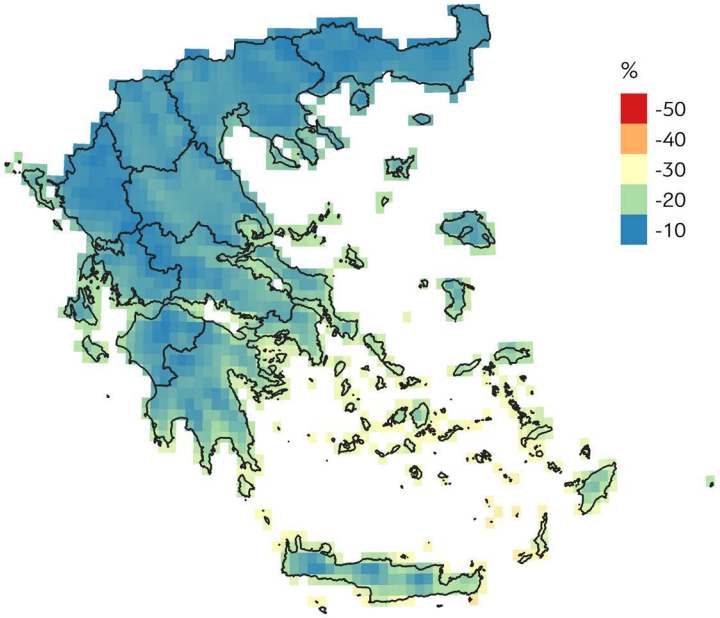
Ποσοστιαία μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

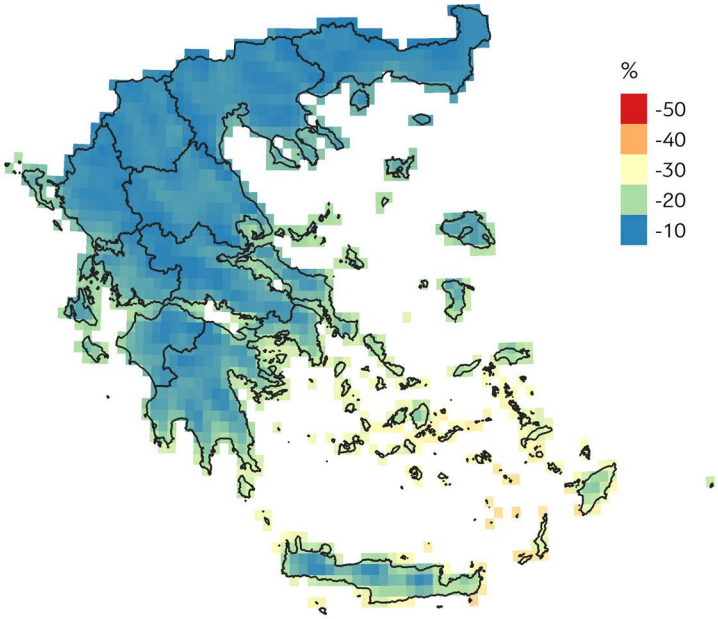
Σχήμα 47. Μεταβολή των βαθμοημερών θέρμανσης μεταξύ των περιόδων 2026-2045 και 2046-2065 και της περιόδου 1971-2000 για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5 σε ποσοστά



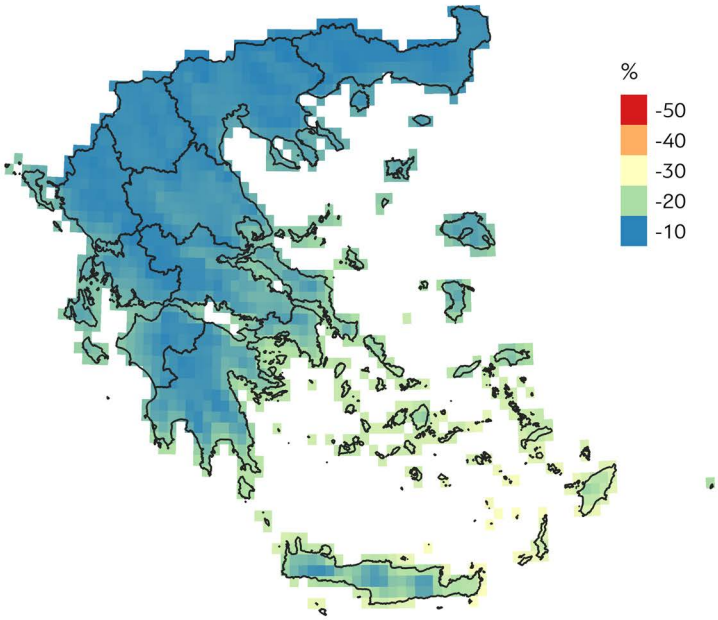
Βαθμοημέρες θέρμανσης
Περίοδος: 1971-2000



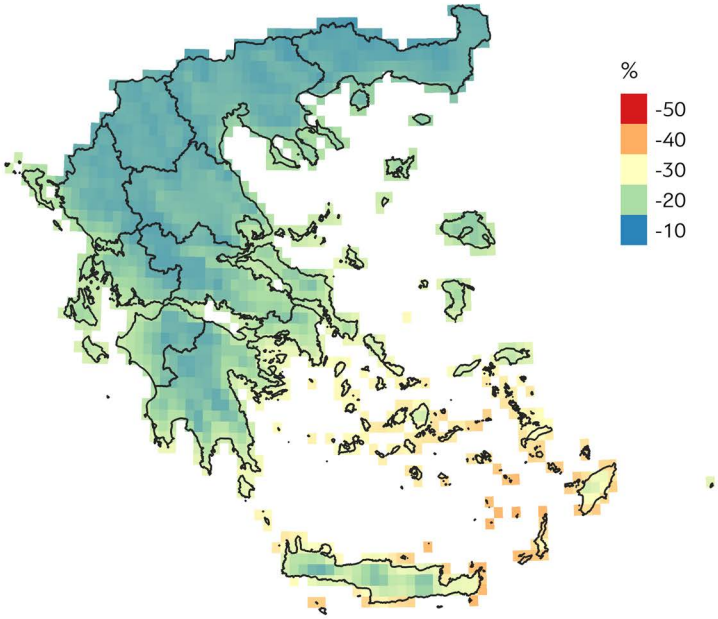
Ποσοστιαία μεταβολή των βαθμοημερών θέρμανσης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



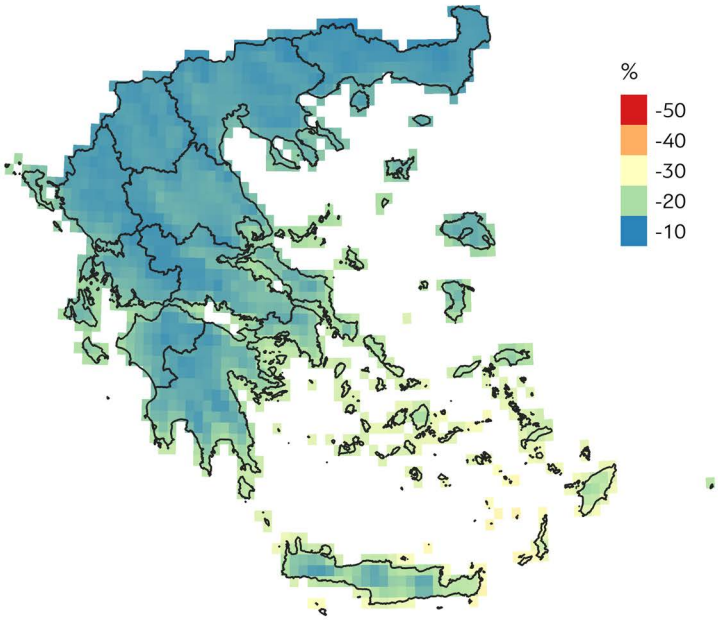
Ποσοστιαία μεταβολή των βαθμοημερών θέρμανσης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



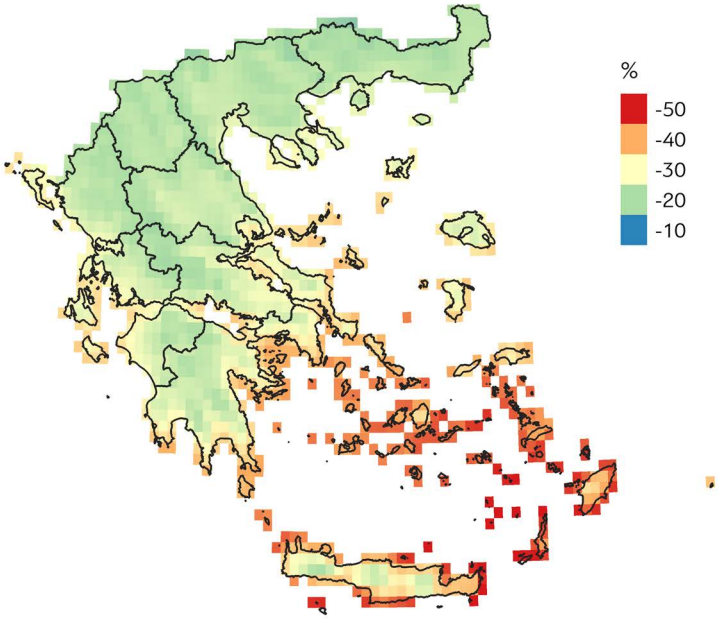
Ποσοστιαία μεταβολή των βαθμοημερών θέρμανσης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Ποσοστιαία μεταβολή των βαθμοημερών θέρμανσης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Ποσοστιαία μεταβολή των βαθμοημερών θέρμανσης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



Ποσοστιαία μεταβολή των βαθμοημερών θέρμανσης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

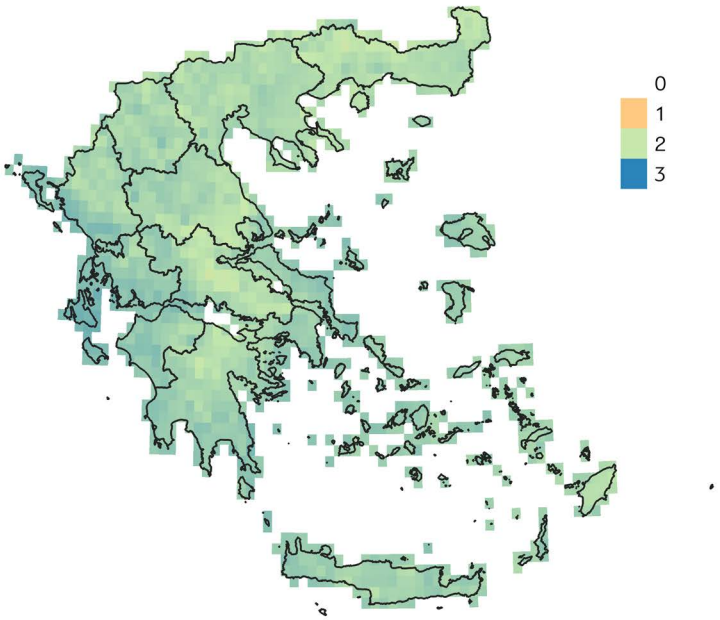
Σε συμφωνία με τις τάσεις αύξησης της θερμοκρασίας που εκτιμάται ότι θα παρατηρηθεί στον ελλαδικό χώρο, οι ανάγκες για ψύξη αναμένεται να αυξηθούν ενώ αντίθετα οι ανάγκες για θέρμανση θα ελαττωθούν για όλα τα σενάρια εκπομπών. Συγκεκριμένα, οι εκτιμήσεις των βαθμοημερών ψύξης υποδεικνύουν ότι οι μεγαλύτερες διαφορές θα παρατηρηθούν στις ορεινές περιοχές, ενώ χαρακτηριστικά για τη μεσοπρόθεσμη περίοδο (2046-2065) εκτιμάται έως και διπλασιασμός των αναγκών για ψύξη των κτηρίων που βρίσκονται και στις πεδινές περιοχές. Στον αντίποδα, λόγω των υψηλότερων τιμών της θερμοκρασίας κατά την ψυχρή περίοδο του έτους οι ανάγκες για θέρμανση εκτιμάται πως θα μειωθούν, κυρίως στις παραθαλάσσιες περιοχές και στη νότια νησιωτική χώρα. Συνδυαστικά, οι ενεργειακές ανάγκες των κτηριακών εγκαταστάσεων αναμένεται να αυξηθούν καθώς εκτιμάται σημαντικότερη αύξηση των βαθμοημερών ψύξης σε σύγκριση με την αντίστοιχη μείωση των βαθμοημερών θέρμανσης.

Κλιματικοί δείκτες

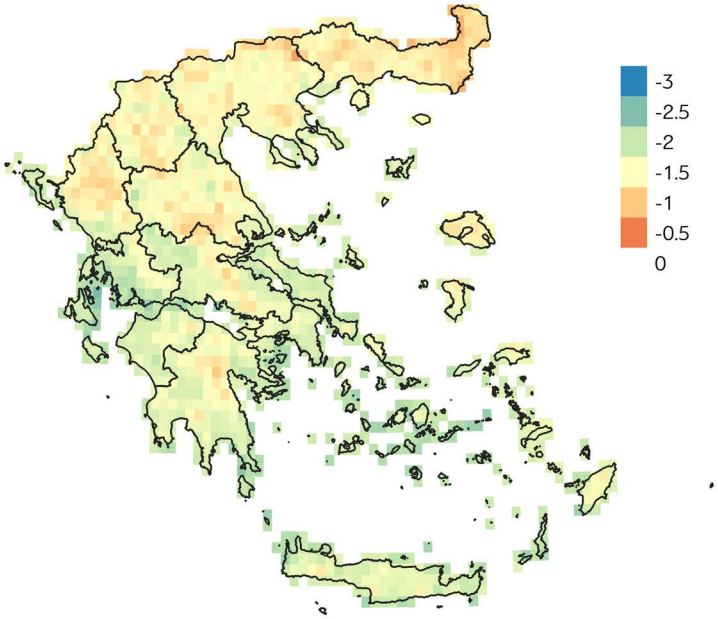
Αριθμός και διάρκεια ψυχρών επεισοδίων (coldwave number and duration)
Οι δείκτες σχετίζονται με την εμφάνιση ακραίων τιμών χαμηλών θερμοκρασιών και ορίζονται με βάση την ελάχιστη τιμή της ημερήσιας θερμοκρασίας. Ο αριθμός των ψυχρών επεισοδίων υπολογίζεται σε ετήσια βάση ως ο αριθμός των περιπτώσεων που η ελάχιστη θερμοκρασία είναι μικρότερη για έξι συνεχόμενες ημέρες από το 10-οστό εκατοστημόριο της ελάχιστης θερμοκρασίας της περιόδου αναφοράς (1971-2000). Αντίστοιχα, ο δείκτης

της διάρκειας των ψυχρών επεισοδίων υπολογίζεται σε ετήσια βάση ως η μέγιστη διάρκεια ενός ψυχρού επεισοδίου με τα ανωτέρω χαρακτηριστικά. Τα αποτελέσματα των περιοχικών κλιματικών μοντέλων σχετικά τόσο με τον αριθμό και τη διάρκεια των ψυχρών επεισοδίων παρουσιάζονται στα Σχήματα 48 και 49, όπου παρατηρείται συστηματική μείωση τόσο στη συχνότητα όσο και στην ένταση των επεισοδίων. Η χωρική κατανομή των μεταβολών ως προς τη συχνότητα παρουσιάζει μέγιστες τιμές στη Νότια Ελλάδα ενώ μεγαλύτερες διαφορές ως προς τη διάρκεια εντοπίζονται κυρίως στη Βόρεια και Κεντρική Ελλάδα. Λόγω της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής, ο κίνδυνος από ψυχρά επεισόδια στην περιοχή της Ελλάδας αναμένεται, όπως και στην υπόλοιπη Νότια Ευρώπη, να εξαλειφθεί σταδιακά και να αποτελεί υπολογίσιμο κίνδυνο μόνο σε τοπική κλίμακα (Smid et al., 2019).

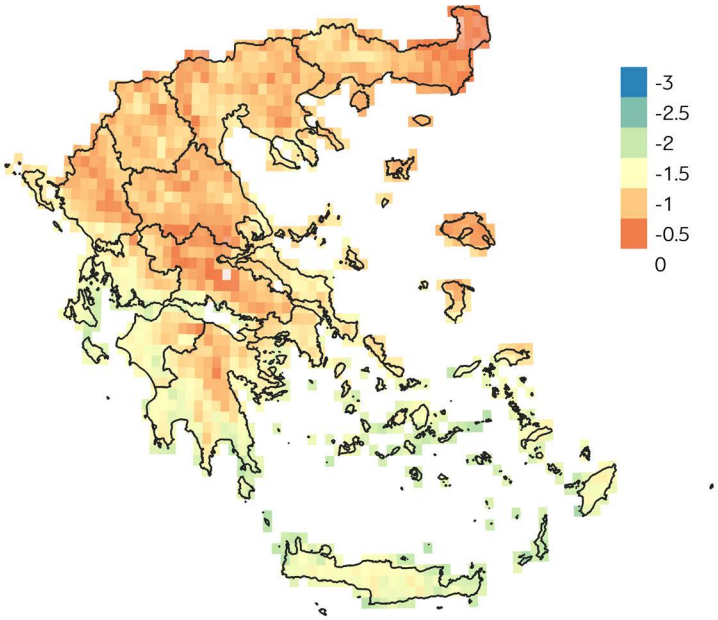
Σχήμα 48. Μεταβολή του ετήσιου αριθμού ψυχρών επεισοδίων μεταξύ των περιόδων 2026-2045 και 2046-2065 και της περιόδου 1971-2000 για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5



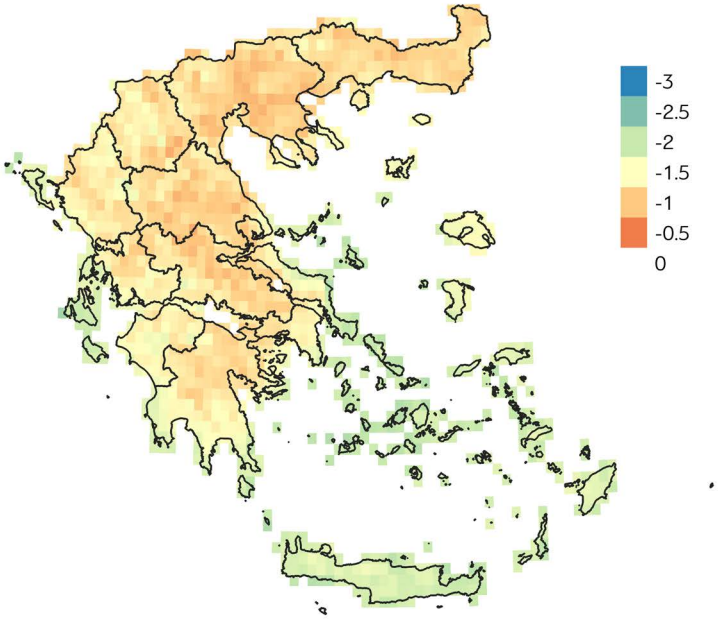
Μέσος ετήσιος αριθμός ψυχρών επεισοδίων
Περίοδος: 1971-2000



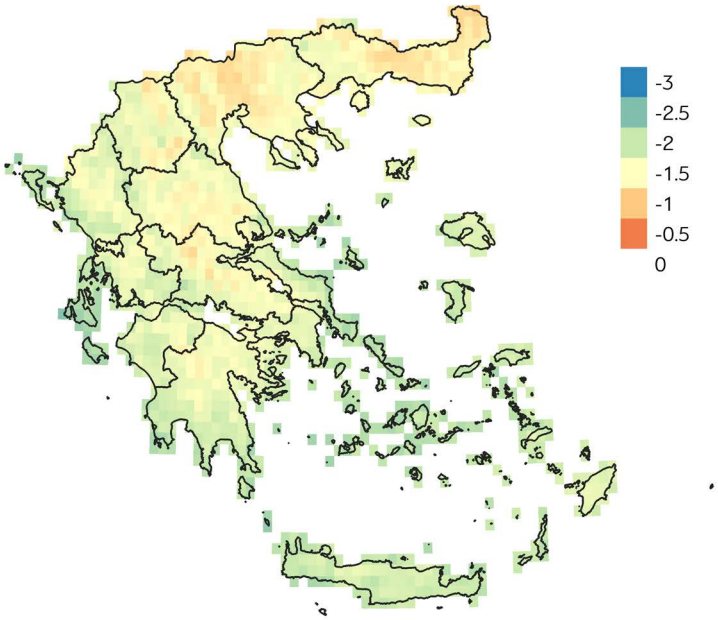
Μεταβολή του μέσου ετήσιου αριθμού ψυχρών επεισοδίων
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



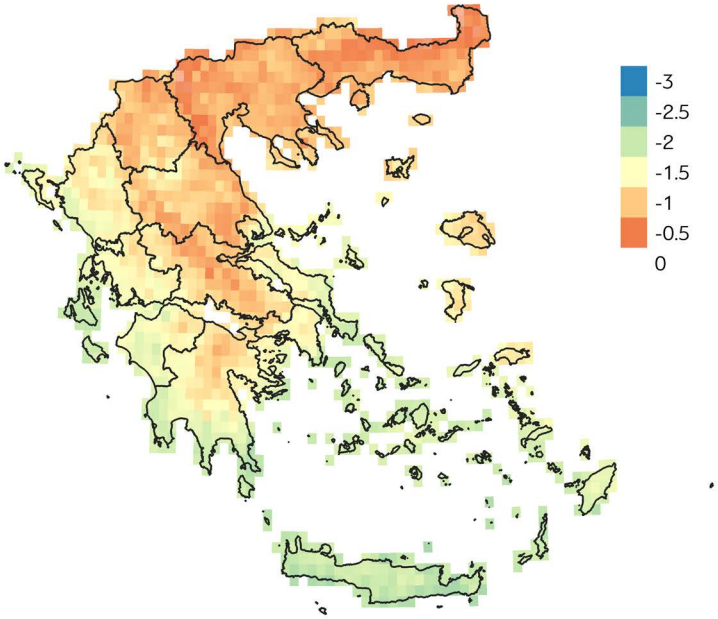
Μεταβολή του μέσου ετήσιου αριθμού ψυχρών επεισοδίων
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



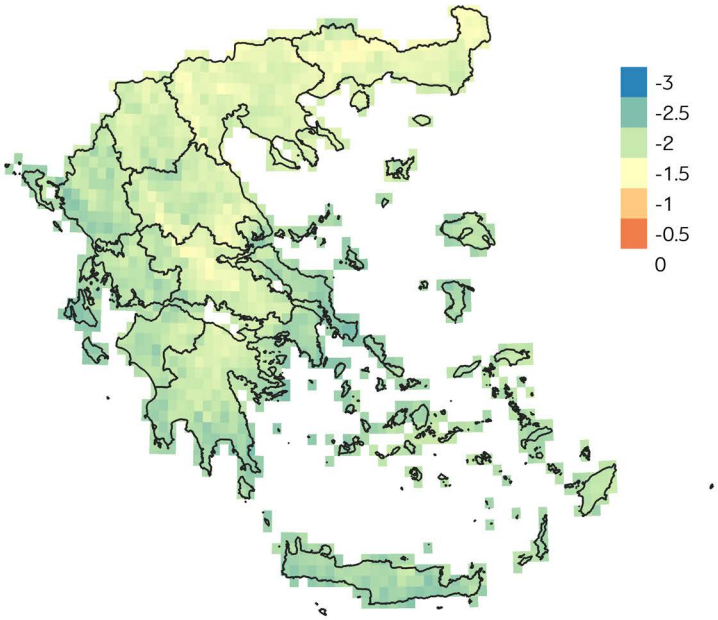
Μεταβολή του μέσου ετήσιου αριθμού ψυχρών επεισοδίων
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του μέσου ετήσιου αριθμού ψυχρών επεισοδίων
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



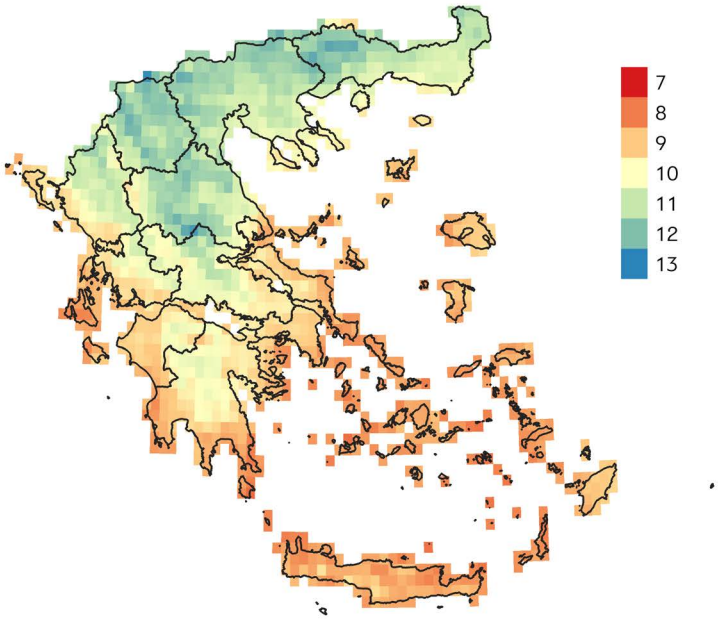
Μεταβολή του μέσου ετήσιου αριθμού ψυχρών επεισοδίων
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



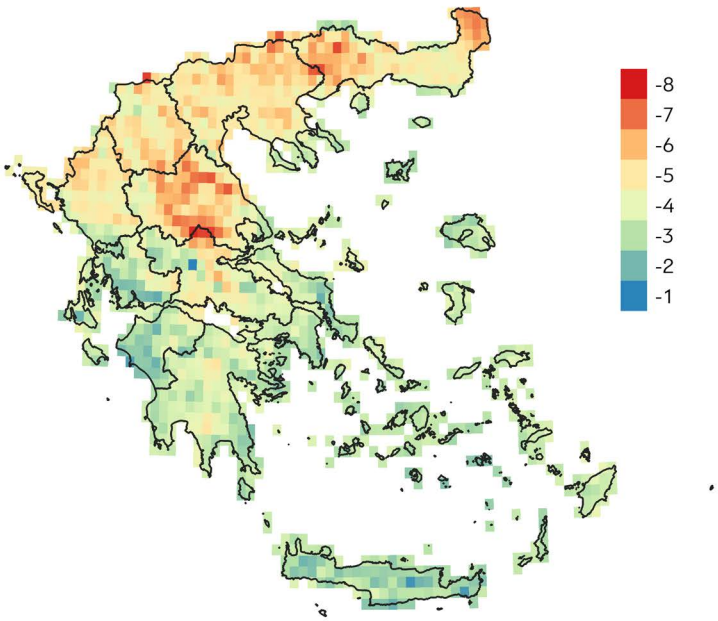
Μεταβολή του μέσου ετήσιου αριθμού ψυχρών επεισοδίων
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

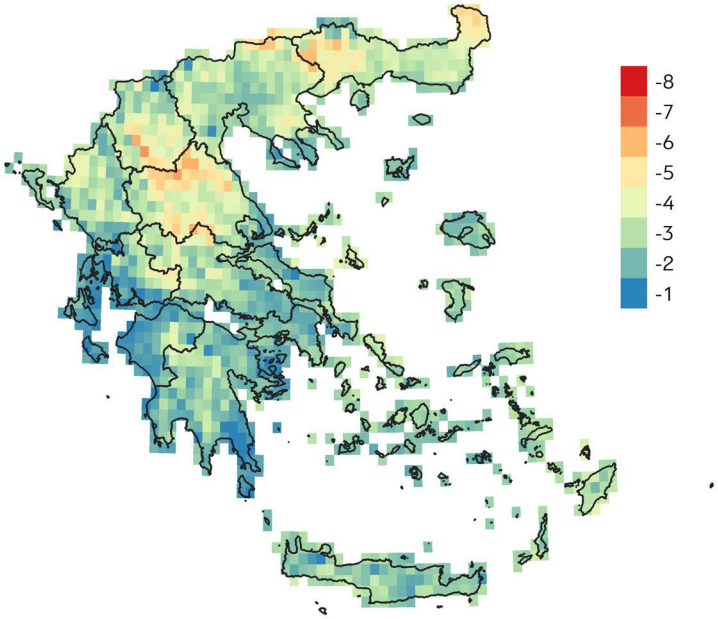
Σχήμα 49. Μεταβολή της διάρκειας των ψυχρών επεισοδίων μεταξύ των περιόδων 2026-2045 και 2046-2065 και της περιόδου 1971-2000 για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5



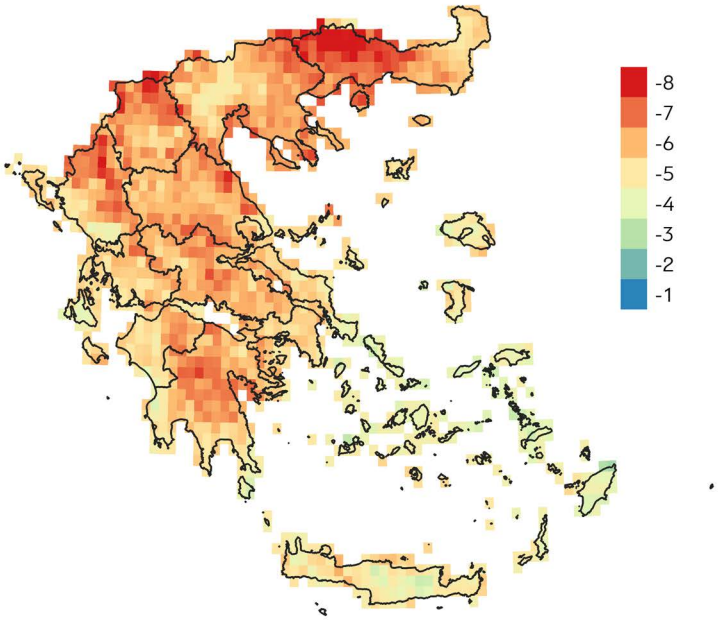
Μέση διάρκεια των ψυχρών επεισοδίων
Περίοδος: 1971-2000



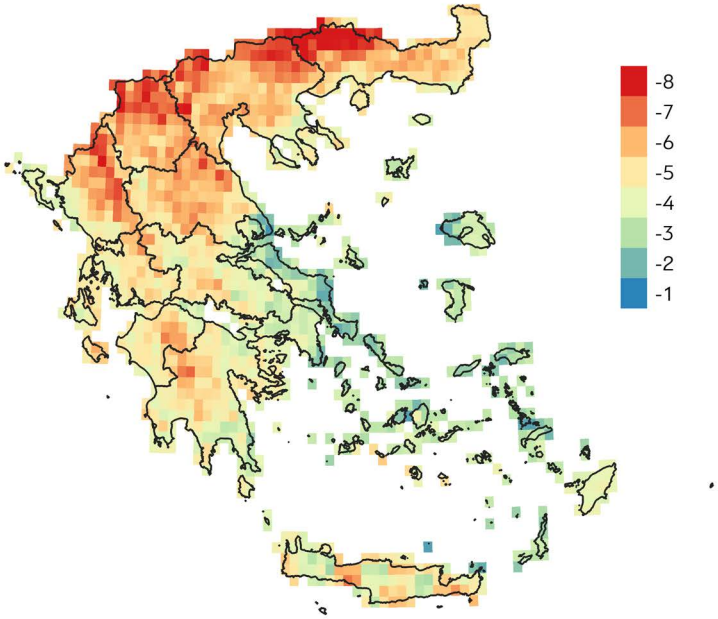
Μεταβολή στη μέση διάρκεια των ψυχρών επεισοδίων
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



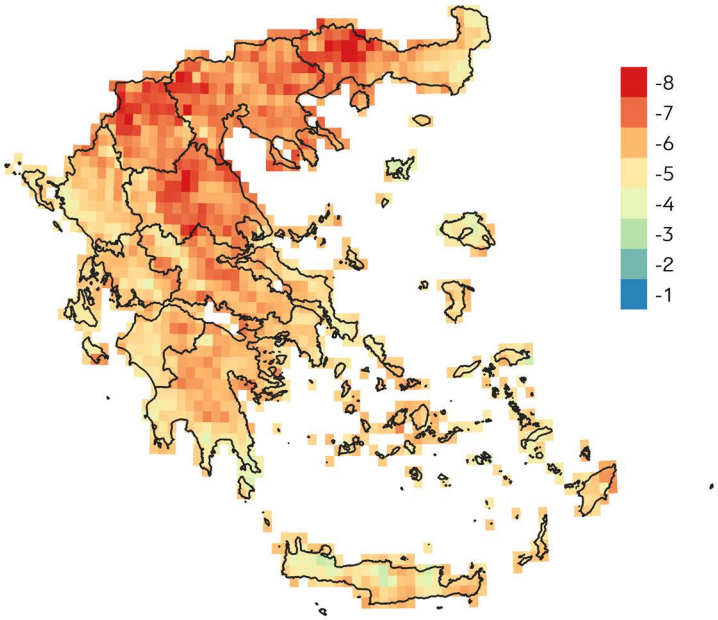
Μεταβολή στη μέση διάρκεια των ψυχρών επεισοδίων
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



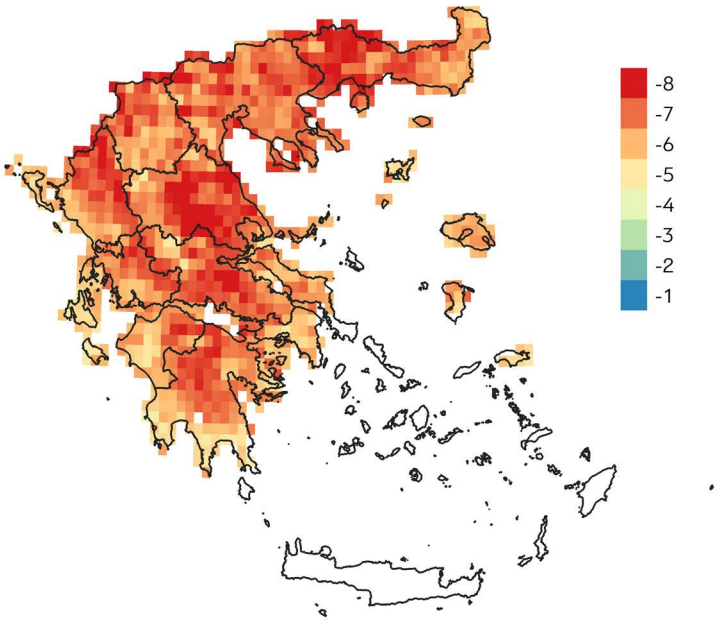
Μεταβολή στη μέση διάρκεια των ψυχρών επεισοδίων
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή στη μέση διάρκεια των ψυχρών επεισοδίων
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή στη μέση διάρκεια των ψυχρών επεισοδίων
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



Μεταβολή στη μέση διάρκεια των ψυχρών επεισοδίων
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

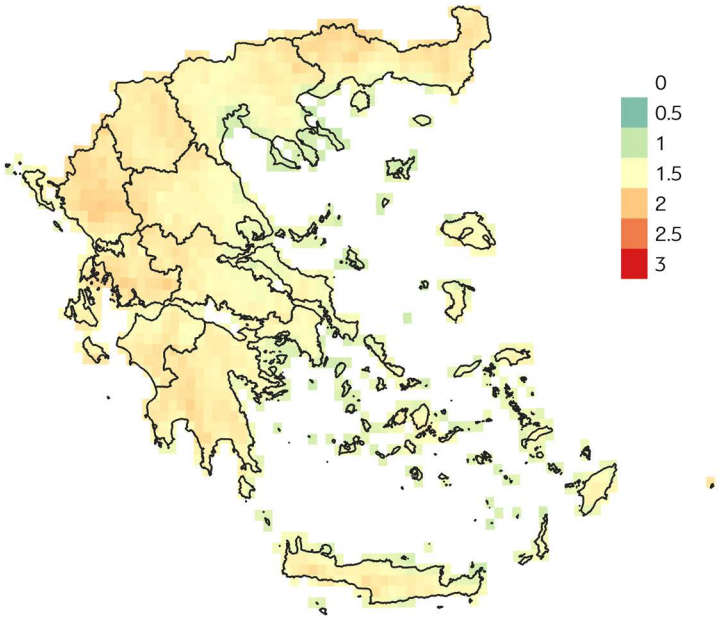
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Αριθμός θερμών επεισοδίων (heatwave number)

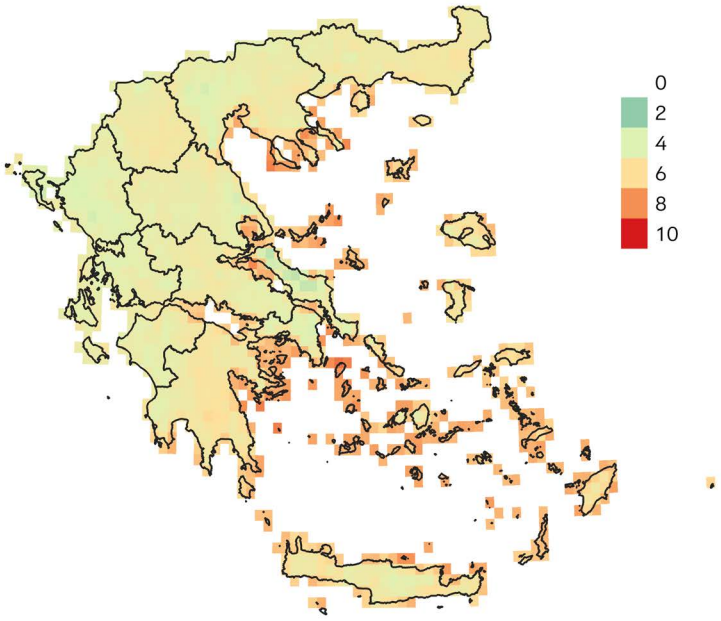
Οι αστικές περιοχές είναι ιδιαίτερα ευάλωτες στην ένταση και στον αριθμό των θερμών επεισοδίων λόγω των σημαντικών επιπτώσεών τους στην ανθρώπινη δραστηριότητα και την υγεία. Σε αντιστοιχία με τον αριθμό ψυχρών επεισοδίων, για τον καθορισμό του δείκτη χρησιμοποιείται η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία και οι τιμές του δείκτη αντιστοιχούν στον αριθμό των περιπτώσεων κατά τη διάρκεια ενός έτους, όπου η τιμή της μέγιστης θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερη από το 90-οστό εκατοστημόριό της κατά την περίοδο αναφοράς (1971-2000).

Σύμφωνα με τις προσομοιώσεις (Σχήμα 50), εκτιμάται ότι θα αυξηθούν τα θερμά επεισόδια σε όλη την επικράτεια με τις μεγαλύτερες αυξήσεις να αναμένονται στην Ανατολική και Νότια Ελλάδα, ακόμα και κατά την περίοδο 2026-2045. Ειδικότερα, οι μέγιστες τιμές εντοπίζονται στην Ανατολική Στερεά Ελλάδα και στην Κρήτη για την περίοδο 2046-2065 και για το σενάριο RCP 8.5.

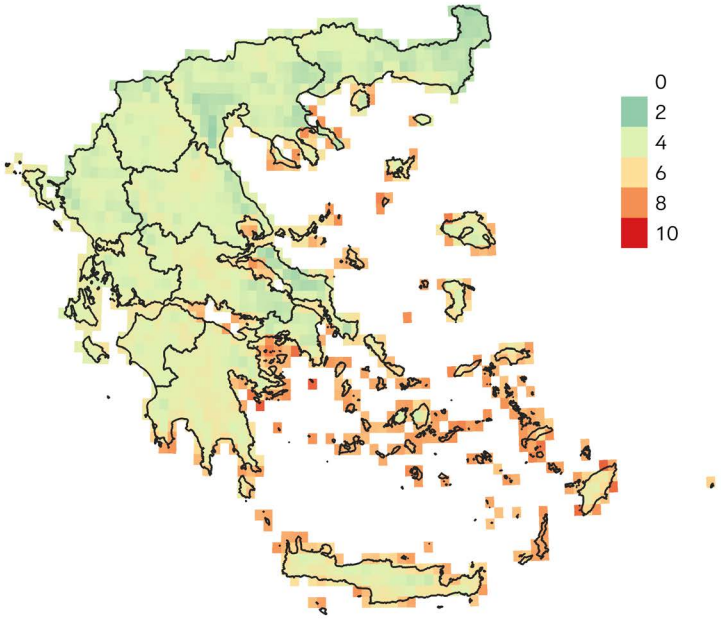
Σχήμα 50. Μεταβολή του ετήσιου αριθμού θερμών επεισοδίων μεταξύ των περιόδων 2026-2045 και 2046-2065 και της περιόδου 1971-2000 για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5



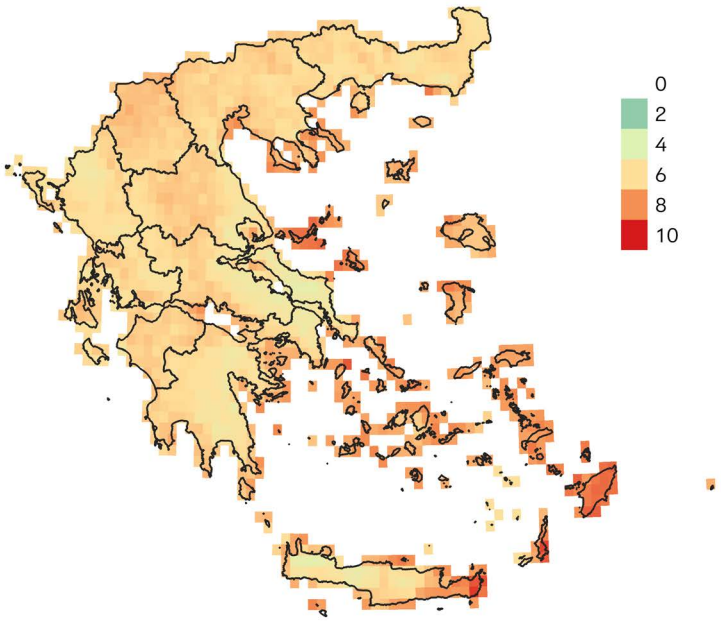
Μέσος αριθμός θερμών επεισοδίων
Περίοδος: 1971-2000



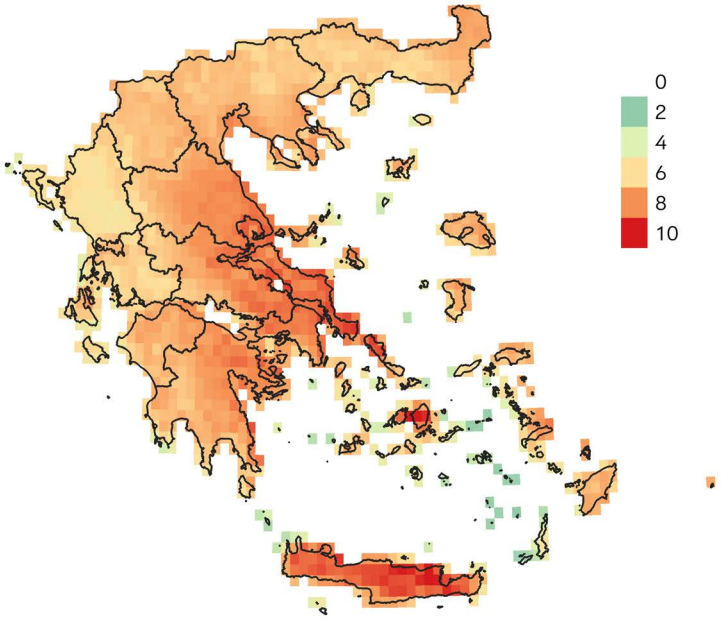
Μεταβολή του αριθμού των θερμών επεισοδίων
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



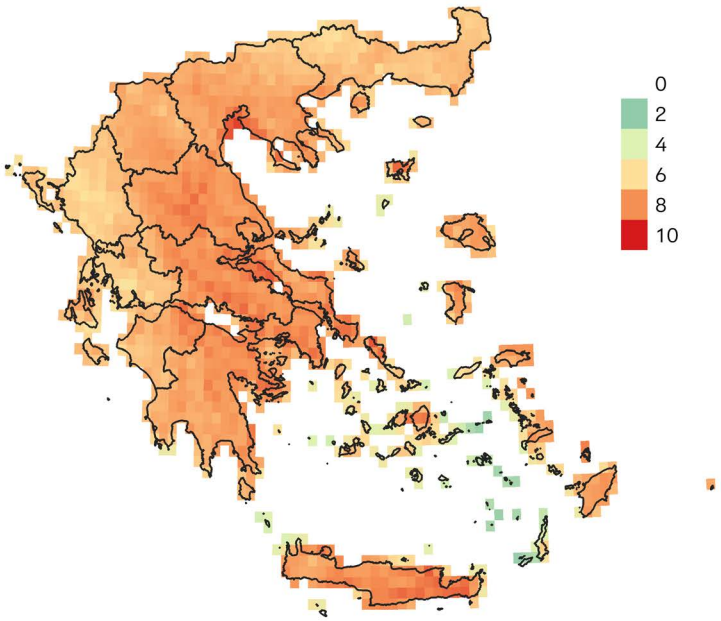
Μεταβολή του αριθμού των θερμών επεισοδίων
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



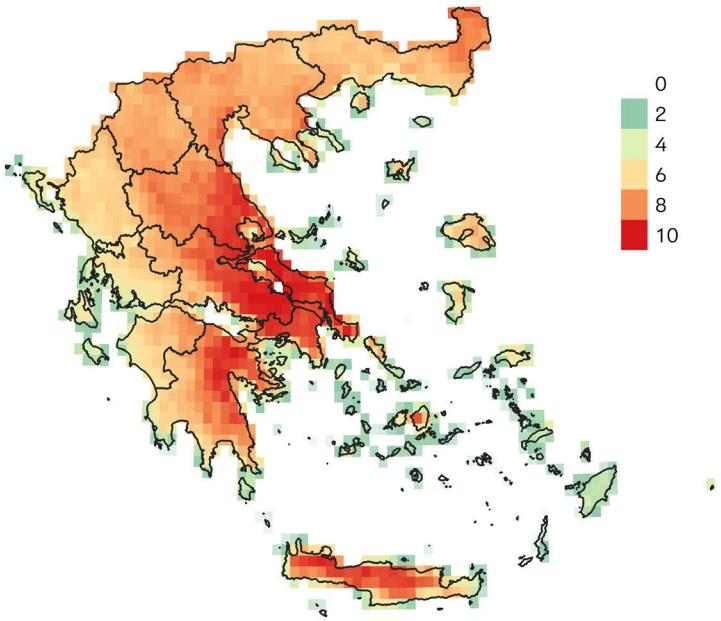
Μεταβολή του αριθμού των θερμών επεισοδίων
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των θερμών επεισοδίων
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των θερμών επεισοδίων
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



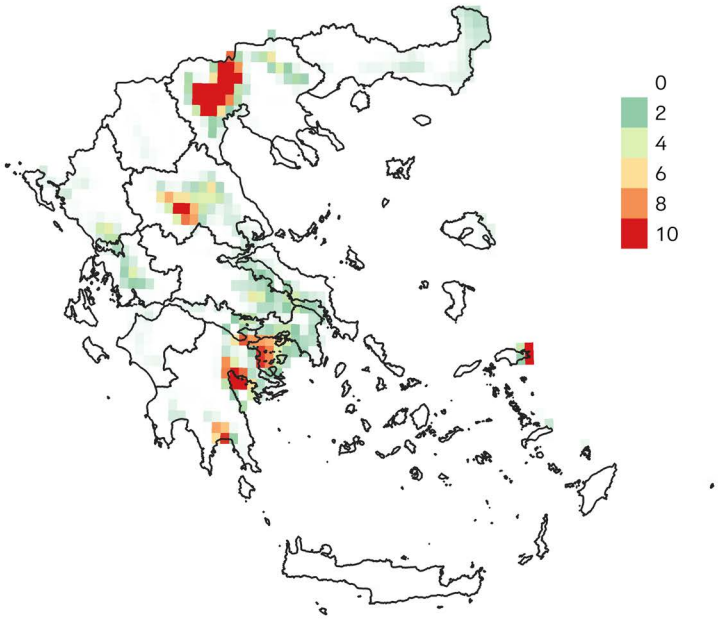
Μεταβολή του αριθμού των θερμών επεισοδίων
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

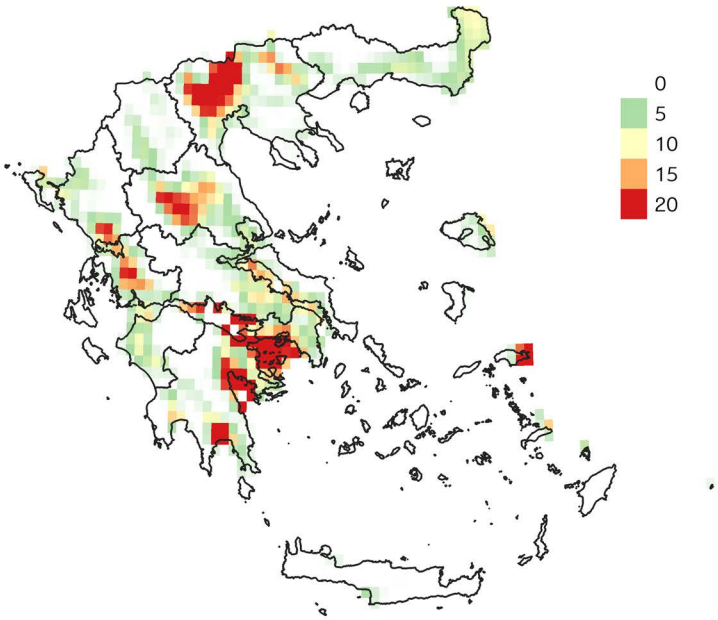
Δείκτες πολύ και εξαιρετικά θερμών ημερών

Οι δείκτες των πολύ και εξαιρετικά θερμών ημερών υπολογίζονται βάσει της μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας και αποτελούν δείκτες που σχετίζονται με καυσωνικά επεισόδια σε μια περιοχή. Ο υπολογισμός τους σε ετήσια βάση δίνει τον αριθμό των ημερών όπου η μέγιστη θερμοκρασία υπερβαίνει τους 35 °C και 37 °C αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα των μεταβολών (Σχήματα 51 και 52), μεταξύ των εκτιμήσεων των περιοχικών μοντέλων για τις μελλοντικές υποπεριόδους και της περιόδου αναφοράς και για τα τρία σενάρια, παρουσιάζουν καλά καθορισμένα χωρικά πρότυπα όπου οι μέγιστες διαφορές εντοπίζονται σε αστικές περιοχές, ιδιαίτερα, δε, αυτές με υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα (π.χ. Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Λάρισα).

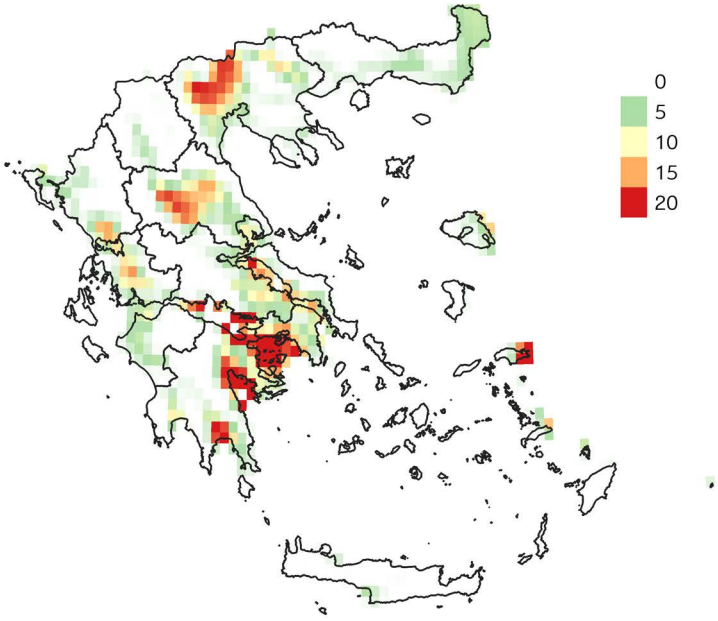
Σχήμα 51. Μεταβολή των πολύ θερμών ημερών μεταξύ των περιόδων 2026-2045 και 2046-2065 και της περιόδου 1971-2000 για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5



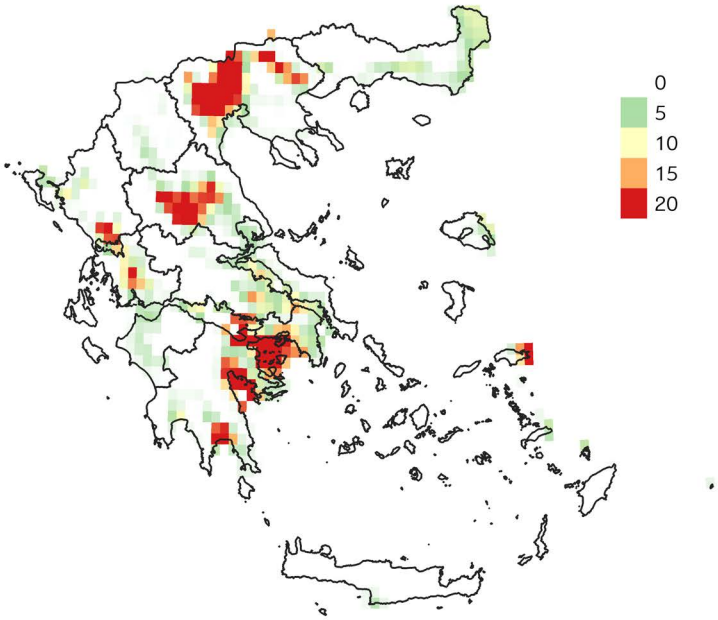
Αριθμός πολύ θερμών ημερών (Tmax>35°C)
Περίοδος: 1971-2000



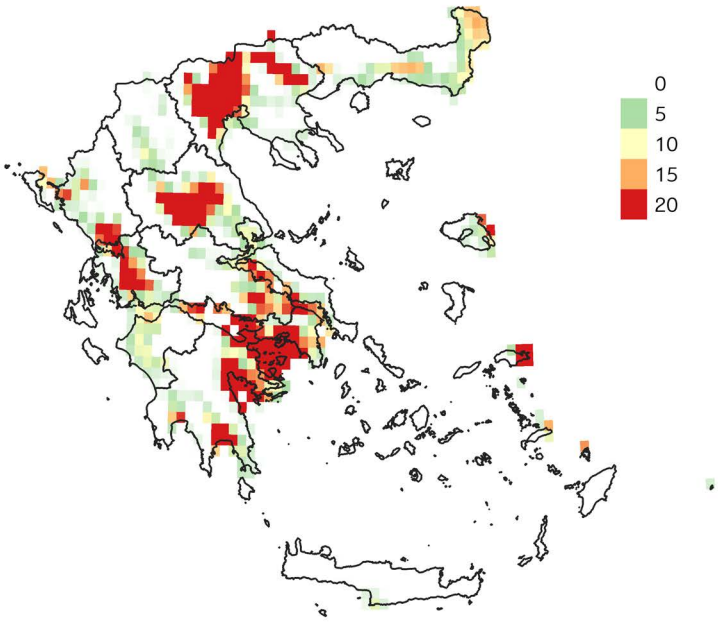
Μεταβολή του αριθμού των πολύ θερμών ημερών (Tmax>35°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



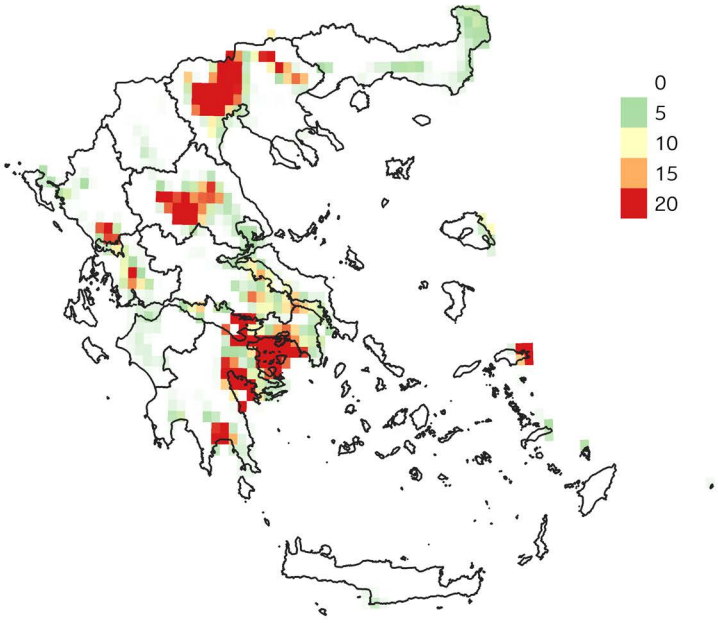
Μεταβολή του αριθμού των πολύ θερμών ημερών (Tmax>35°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



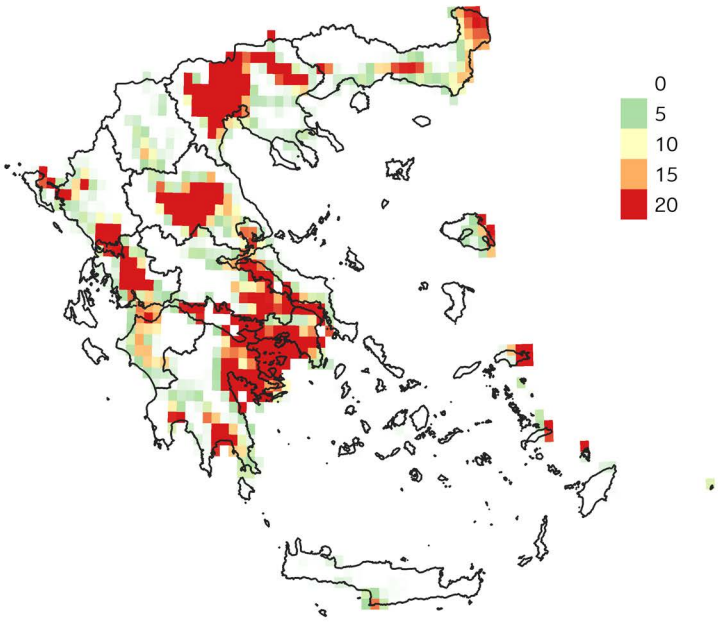
Μεταβολή του αριθμού των πολύ θερμών ημερών (Tmax>35°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των πολύ θερμών ημερών (Tmax>35°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



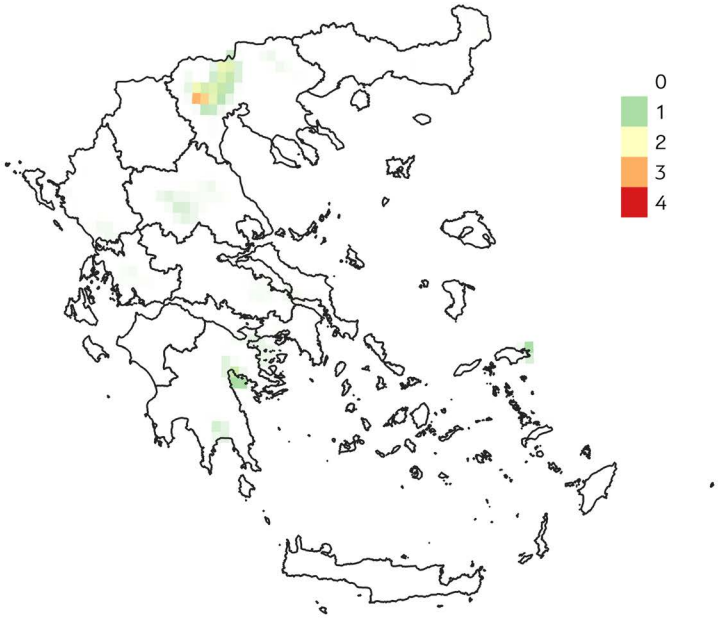
Μεταβολή του αριθμού των πολύ θερμών ημερών (Tmax>35°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



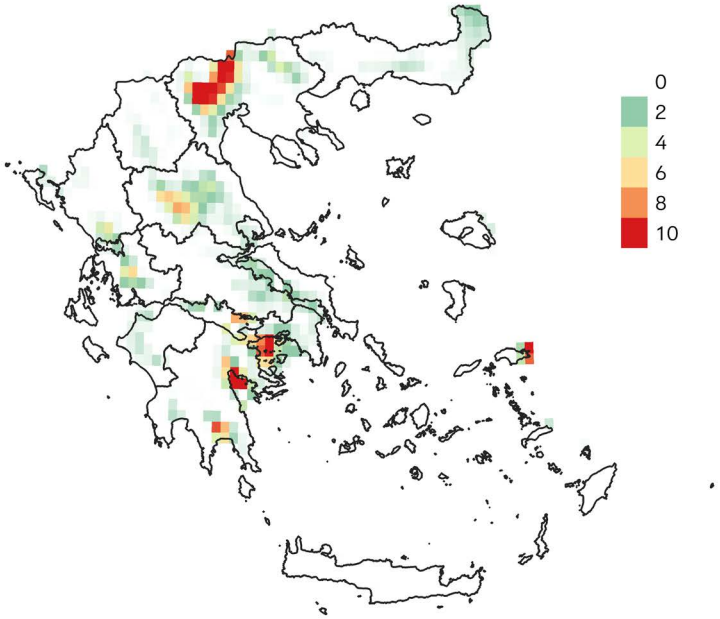
Μεταβολή του αριθμού των πολύ θερμών ημερών (Tmax>35°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

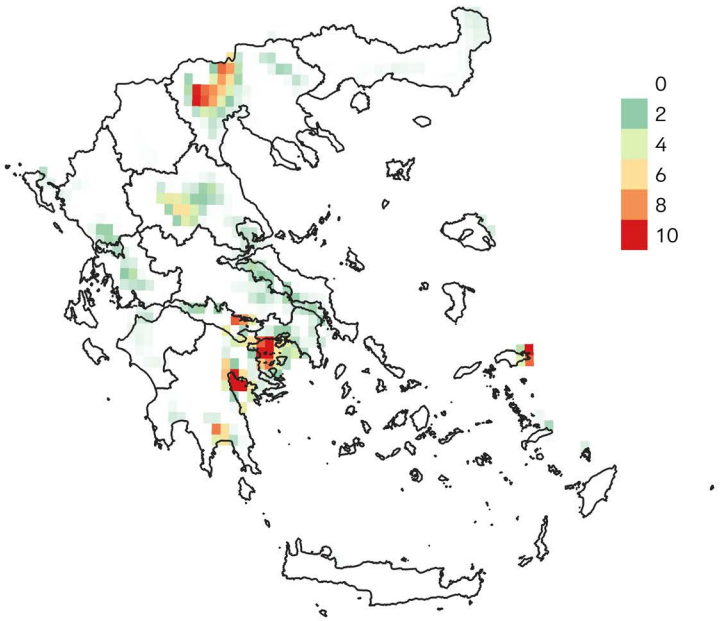
Σχήμα 52. Μεταβολή των εξαιρετικά θερμών ημερών μεταξύ των περιόδων 2026-2045 και 2046-2065 και της περιόδου 1971-2000 για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5



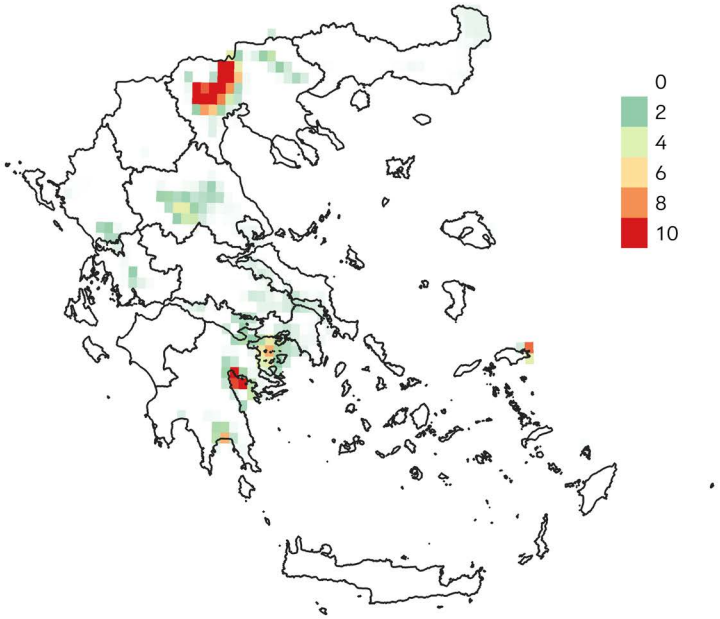
Αριθμός εξαιρετικά θερμών ημερών (Tmax>37°C)
Περίοδος: 1971-2000



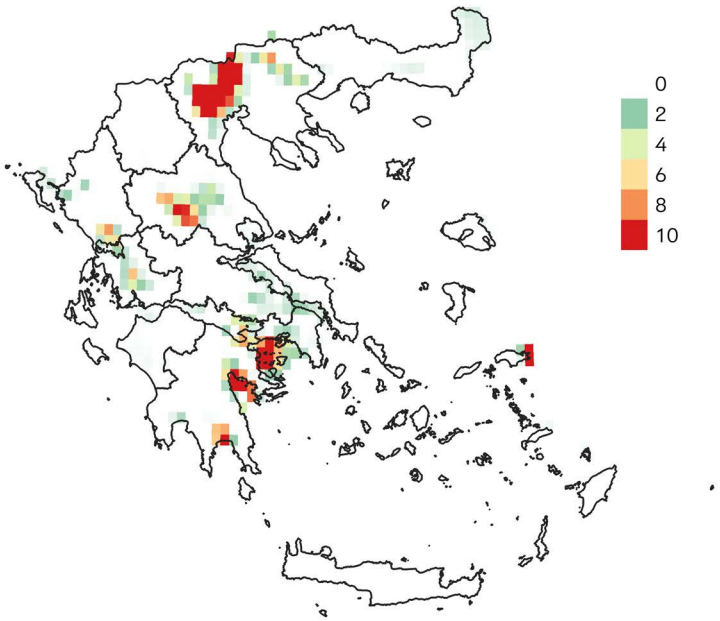
Μεταβολή του αριθμού των εξαιρετικά θερμών ημερών (Tmax>37°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



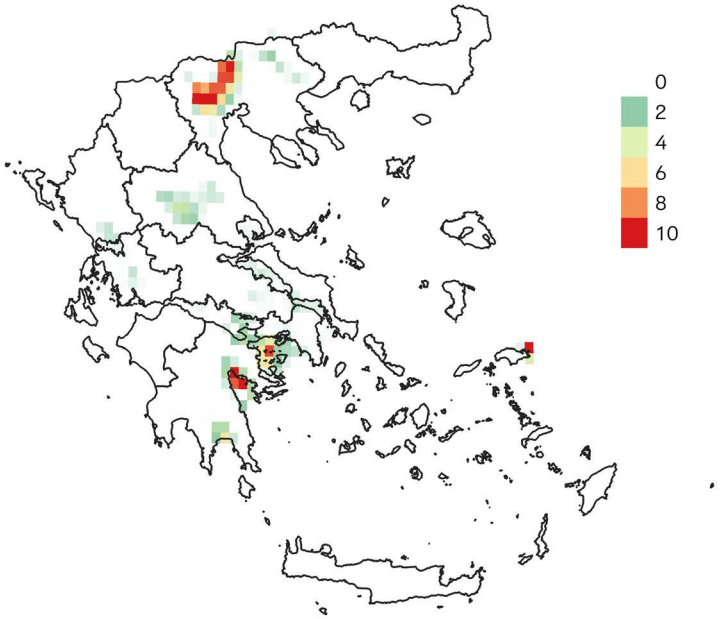
Μεταβολή του αριθμού των εξαιρετικά θερμών ημερών (Tmax>37°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



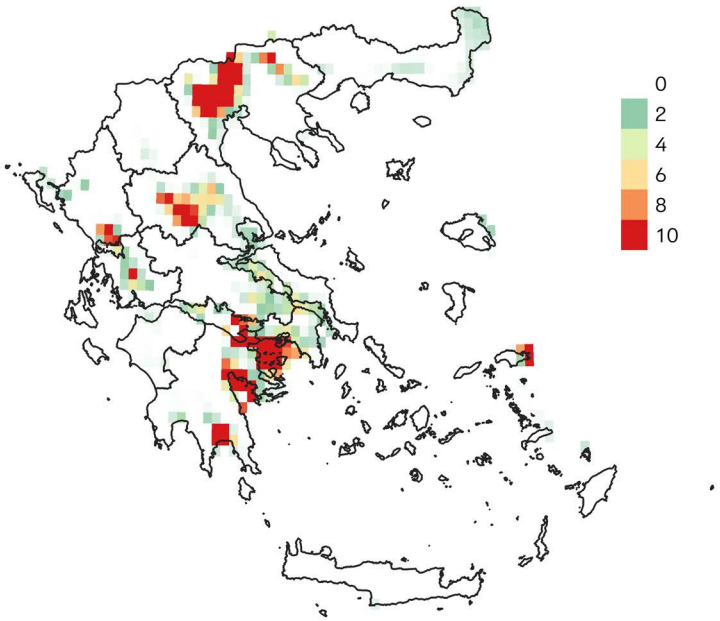
Μεταβολή του αριθμού των εξαιρετικά θερμών ημερών (Tmax>37°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των εξαιρετικά θερμών ημερών (Tmax>37°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των εξαιρετικά θερμών ημερών (Tmax>37°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



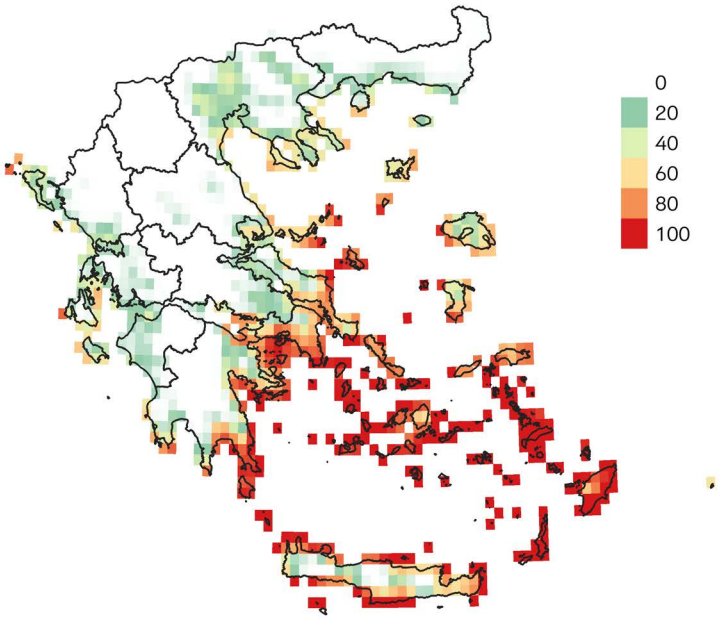
Μεταβολή του αριθμού των εξαιρετικά θερμών ημερών (Tmax>37°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

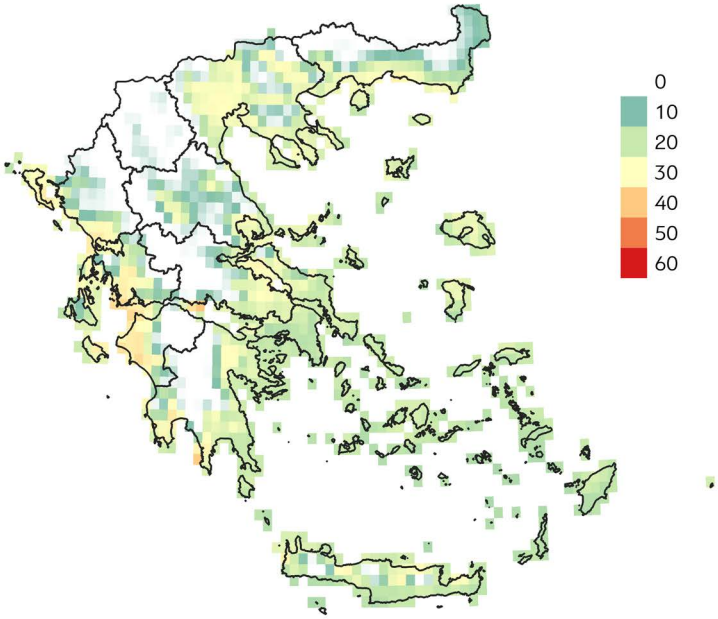
Τροπικές νύχτες (tropical nights)

Ως τροπικές νύχτες ορίζονται οι ημέρες με ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία άνω των 20 °C. Σε συνδυασμό με τους δείκτες των πολύ θερμών και εξαιρετικά θερμών ημερών αποτυπώνουν την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στις ακραίες τιμές της ενδοημερήσιας θερμοκρασίας. Πολλές μελέτες αναφέρουν συσχετίσεις μεταξύ των ακραίων θερμοκρασιών και των ποσοστών θνησιμότητας και καρδιοαγγειακών παθήσεων. Τα μέγιστα των μεταβολών εντοπίζονται, για όλα τα σενάρια εκπομπών, κυρίως σε περιοχές με χαμηλό υψόμετρο (Σχήμα 53).

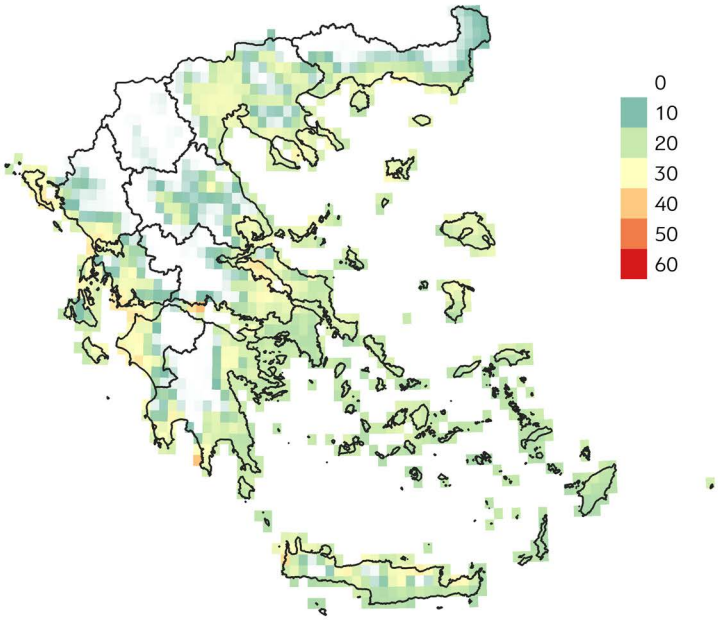
Σχήμα 53. Μεταβολή των τροπικών νυχτών μεταξύ των περιόδων 2026-2045 και 2046-2065 και της περιόδου 1971-2000 για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5



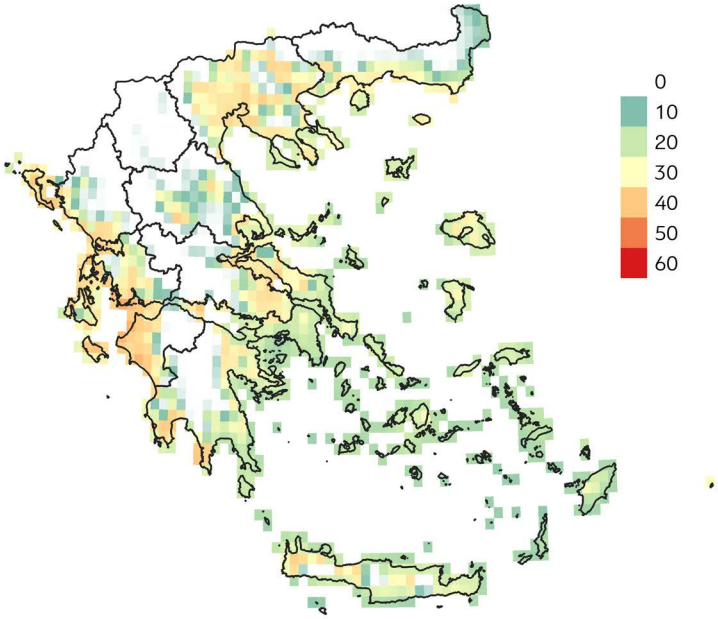
Αριθμός τροπικών νυχτών (Tmin>20°C)
Περίοδος: 1971-2000



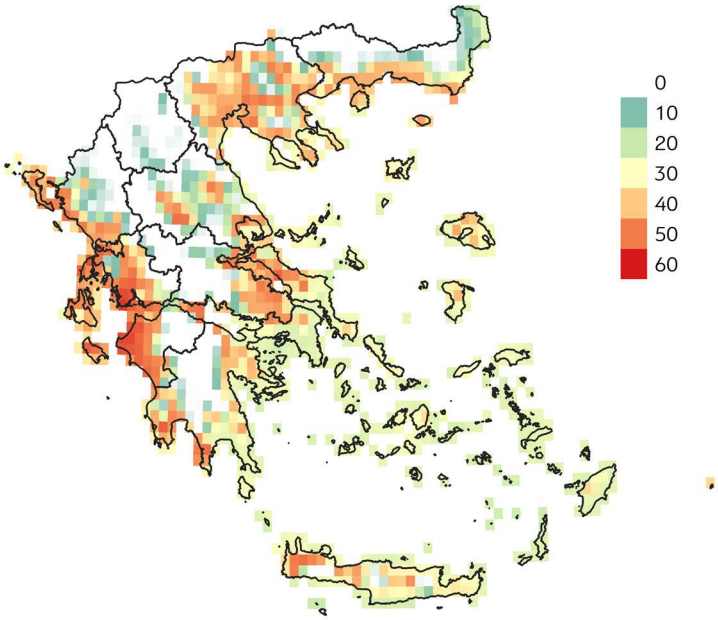
Μεταβολή του αριθμού των τροπικών νυχτών (Tmin>20°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



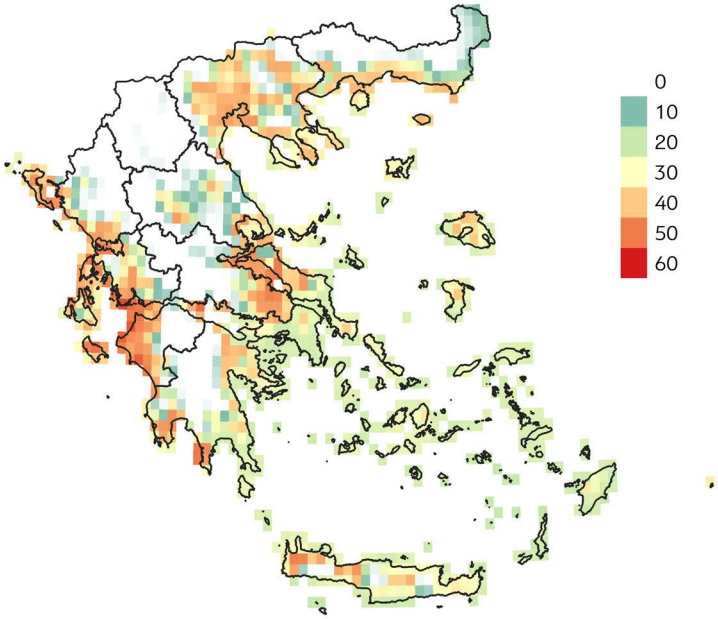
Μεταβολή του αριθμού των τροπικών νυχτών (Tmin>20°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



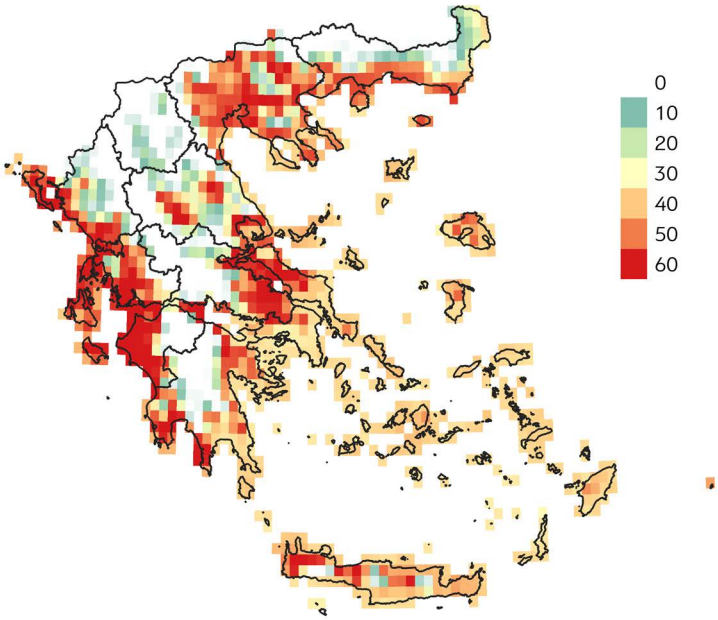
Μεταβολή του αριθμού των τροπικών νυχτών (Tmin>20°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των τροπικών νυχτών (Tmin>20°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των τροπικών νυχτών (Tmin>20°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



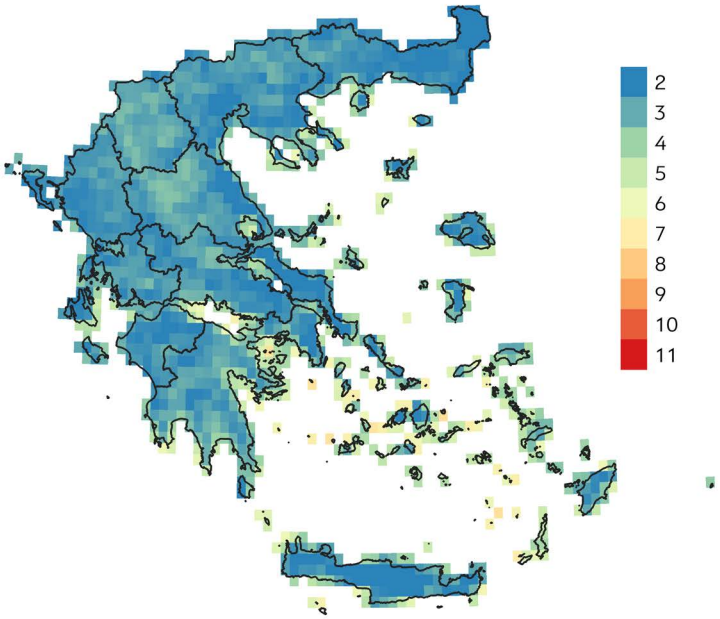
Μεταβολή του αριθμού των τροπικών νυχτών (Tmin>20°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

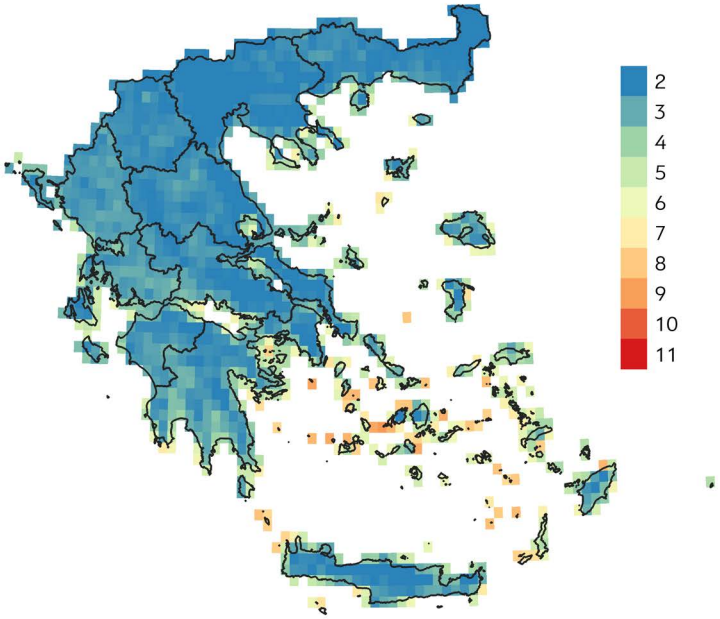
Αριθμός γεγονότων με τρεις συνεχόμενες θερμές ημέρες και νύχτες

Ο υπολογισμός του δείκτη λαμβάνει υπόψη τόσο την ελάχιστη όσο και τη μέγιστη θερμοκρασία και αποτελεί τον αριθμό των γεγονότων κατά τη διάρκεια ενός έτους όπου τόσο η ελάχιστη όσο και η μέγιστη θερμοκρασία είναι μεγαλύτερες για τουλάχιστον τρεις συνεχόμενες ημέρες από τα αντίστοιχα 95-οστά εκατοστημόριά τους κατά την περίοδο αναφοράς. Στο Σχήμα 54 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ως οι διαφορές των εκτιμήσεων των περιοχικών μοντέλων για τις περιόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000 για τα τρία σενάρια εκπομπών.

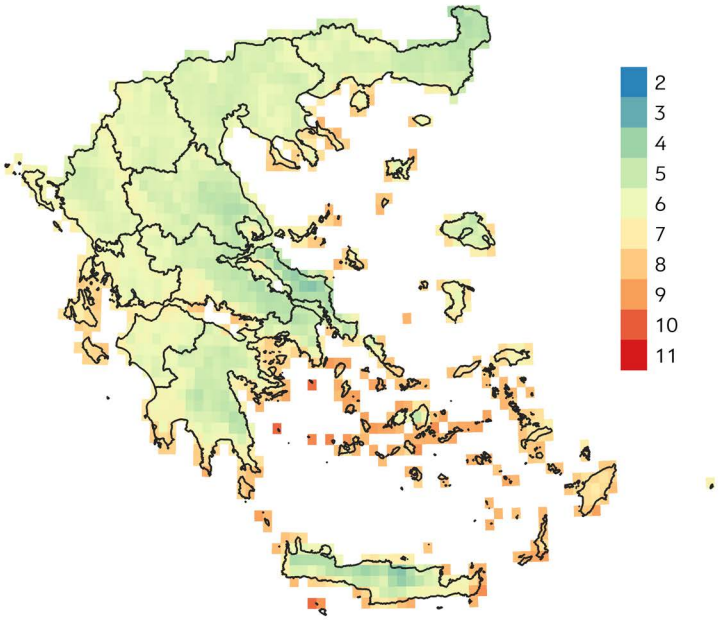
Σχήμα 54. Μεταβολή των γεγονότων με τρεις συνεχόμενες θερμές ημέρες και νύχτες μεταξύ των περιόδων 2026-2045 και 2046-2065 και της περιόδου 1971-2000 για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5



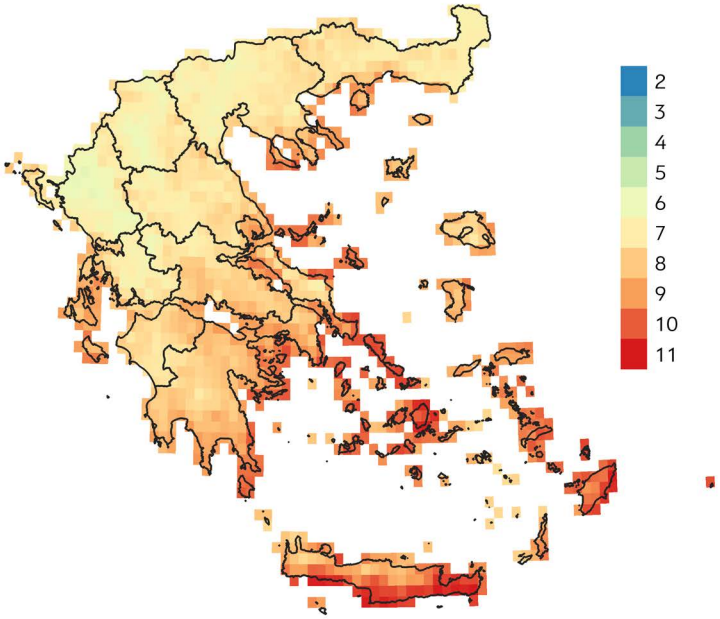
Μεταβολή του αριθμού των γεγονότων με τρεις συνεχόμενες θερμές μέρες και νύχτες
Περίοδος: 2026-2045 σε σχεση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



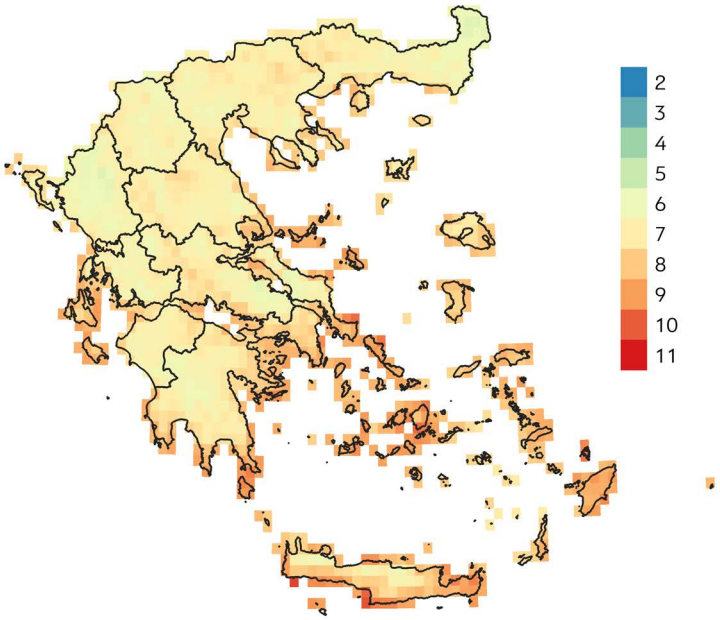
Μεταβολή του αριθμού των γεγονότων με τρεις συνεχόμενες θερμές μέρες και νύχτες
Περίοδος: 2046-2065 σε σχεση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



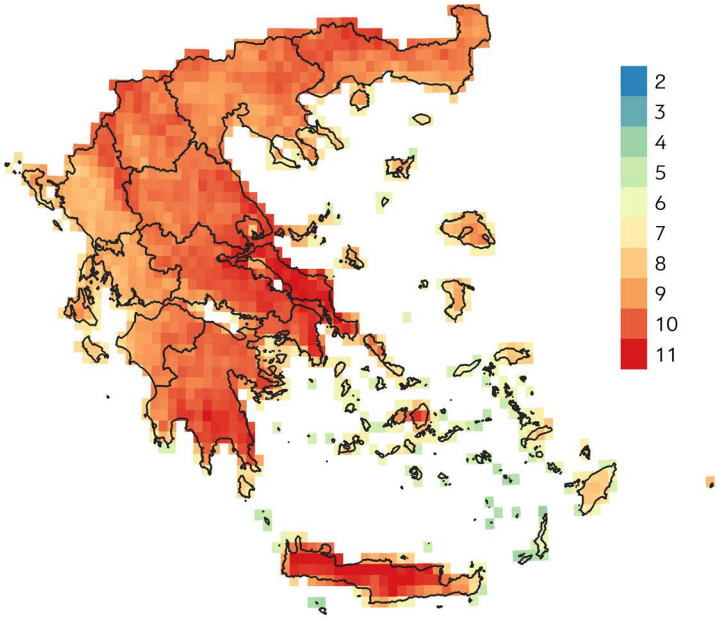
Μεταβολή του αριθμού των γεγονότων με τρεις συνεχόμενες θερμές μέρες και νύχτες
Περίοδος: 2026-2045 σε σχεση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των γεγονότων με τρεις συνεχόμενες θερμές μέρες και νύχτες
Περίοδος: 2046-2065 σε σχεση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των γεγονότων με τρεις συνεχόμενες θερμές μέρες και νύχτες
Περίοδος: 2026-2045 σε σχεση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



Μεταβολή του αριθμού των γεγονότων με τρεις συνεχόμενες θερμές μέρες και νύχτες
Περίοδος: 2046-2065 σε σχεση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν την αύξηση των περιπτώσεων όπου οι ημέρες και οι νύχτες χαρακτηρίζονται ως θερμές, με τη μέγιστη αύξηση να παρατηρείται για το δυσμενές σενάριο κατά τη μεσοπρόθεσμη περίοδο. Η χωρική κατανομή αποτυπώνει τη μεγαλύτερη αύξηση στον ετήσιο αριθμό των επεισοδίων στις παράκτιες περιοχές και στην Ανατολική και Νότια Ελλάδα. Η επίδραση των ιδιαίτερα θερμών συνθηκών στις αστικές περιοχές ενισχύεται από το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας και σχετίζεται με υψηλά επίπεδα θερμικής δυσφορίας στον πληθυσμό με σημαντικές επιπτώσεις στη δημόσια υγεία.

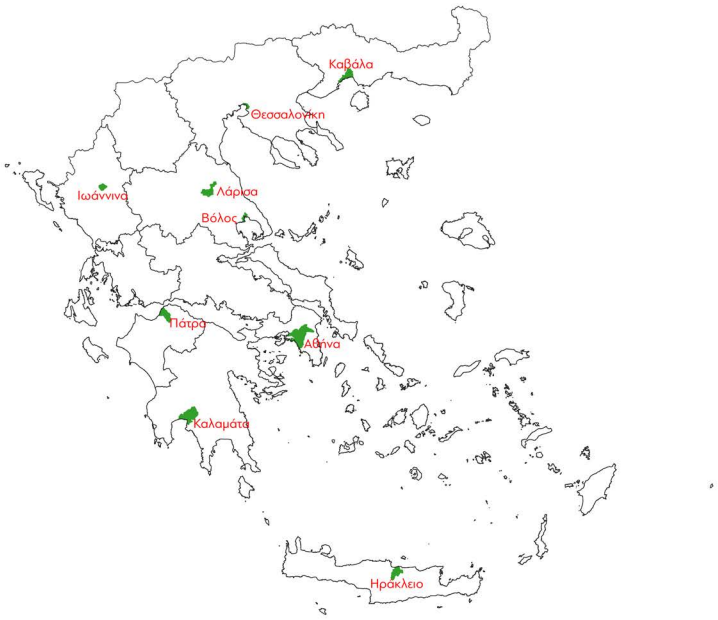
Ημέρες υψηλής βροχόπτωσης

Οι ημέρες υψηλής βροχόπτωσης υπολογίζονται σε ετήσια βάση ως ο αριθμός των ημερών με ημερήσιο ύψος βροχής μεγαλύτερο από 20mm και παρουσιάζουν αύξηση στη συχνότητα εμφάνισης κυρίως στην Κεντρική, Βόρεια και Δυτική Ελλάδα (Σχήμα 26 – Κεφάλαιο 2). Ο δείκτης συνδέεται με τον κίνδυνο πλημμυρικών επεισοδίων που μπορεί να προκαλέσουν μεγάλες υλικές καταστροφές στον αστικό ιστό και την απώλεια ζωής. Ιδιαίτερη αύξηση στις ημέρες υψηλής βροχόπτωσης εμφανίζεται στις αστικές περιοχές της Δυτικής Ελλάδας (Πάτρα και Ιωάννινα) ενώ στα μεγάλα αστικά κέντρα της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης παρουσιάζονται μικρές αυξήσεις.

3.4 Επίδραση κλιματικής αλλαγής σε επιλεγμένες πόλεις

Η σχετικά υψηλή χωρική ανάλυση των περιοχικών κλιματικών μοντέλων, σε συνδυασμό με την ανάλυση σε πανελλαδικό επίπεδο, επιτρέπει την εξέταση της κλιματικής αλλαγής σε επίπεδο πόλης. Στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκαν οι αστικές περιοχές (Σχήμα 55) των οποίων τα όρια και οι χρήσεις γης παρέχονται από τον Ευρωπαϊκό Αστικό Άτλαντα (Urban Atlas) και έχουν πληθυσμό περισσότερο από 100.000 κατοίκους. Η εκτίμηση της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στις επιλεγμένες πόλεις πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας την έκταση των αστικών περιοχών και την κλιματική πληροφορία που παρέχεται από τα περιοχικά κλιματικά μοντέλα.

Σχήμα 55. Επιλεγμένες αστικές περιοχές



Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Μέσες κλιματικές συνθήκες

Σύμφωνα με την ανάλυση των μεταβολών σχετικά με τη θερμοκρασία για τις δύο μελλοντικές υποπεριόδους για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων παρατηρείται:

α. Αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας (Σχήμα 56α) που για το δυσμενές σενάριο κυμαίνεται από 1,3 °C στα Ιωάννινα έως τους 1,6 °C στην Πάτρα την περίοδο 2026-2045, και από τους 2,15 °C στο Ηράκλειο έως τους 2,5 °C στην Πάτρα την περίοδο 2046-2065. Οι μεγαλύτερες αυξήσεις εκτιμώνται για την Πάτρα, την Καλαμάτα και την Αθήνα και είναι μεγαλύτερες των 1,4 °C και 2,3 °C για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 αντίστοιχα.

β. Η μεγαλύτερη αύξηση της εποχιακής θερμοκρασίας εκτιμάται ότι θα παρατηρηθεί κατά τη θερινή περίοδο (Σχήμα 56β) και είναι μεγαλύτερη των 3 °C για την Πάτρα και την Καλαμάτα για το σενάριο RCP 8.5 την περίοδο 2046-2065. Η αντίστοιχη αύξηση για την Αθήνα και για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων είναι μεγαλύτερη των 2 °C.

Σχήμα 56α. Μεταβολές της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας ανά πόλη για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000



Σχήμα 56β. Μεταβολές της μέσης θερμοκρασίας κατά το καλοκαίρι ανά πόλη για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000



Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις των περιοχικών κλιματικών μοντέλων για τη σχετική υγρασία και για την ταχύτητα του ανέμου παρατηρείται:

α. Η σχετική υγρασία θα παραμείνει σχετικά αμετάβλητη κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου. Ειδικότερα ανά σενάριο παρατηρείται μεικτή συμπεριφορά και μικρή μείωση σε όλες τις πόλεις (εκτός του Ηρακλείου) για το σενάριο RCP 8.5 που οφείλεται μερικώς στη μεγαλύτερη ικανότητα της ατμόσφαιρας κατακράτησης υδρατμών λόγω της σημαντικής αύξησης της θερμοκρασίας.
β. Αύξηση της ταχύτητας του ανέμου κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου με τη μεγαλύτερη αύξηση να παρατηρείται για το σενάριο RCP 8.5 την υποπερίοδο 2046-2065 στο Ηράκλειο, την Καλαμάτα και την Αθήνα (Σχήμα 57).

Σχήμα 57. Μεταβολές της μέσης ταχύτητας του ανέμου κατά το καλοκαίρι στην Αθήνα, στην Καλαμάτα και στο Ηράκλειο για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000



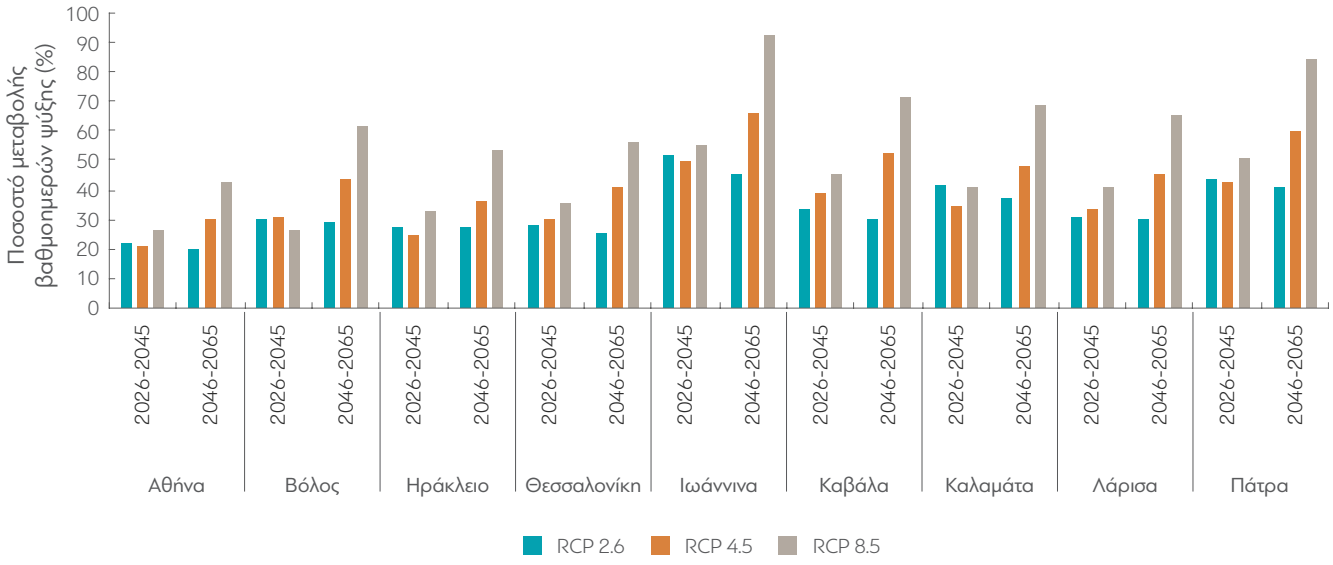
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Τα ανωτέρω αποτελέσματα, συνδυαστικά εκτιμάται ότι θα επιφέρουν επιπλέον πίεση στον πληθυσμό των αστικών περιοχών σχετικά με τα επίπεδα θερμικής δυσφορίας κυρίως λόγω της σημαντικής αύξησης της θερμοκρασίας που εκτιμάται ότι θα επιταθεί από το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας.

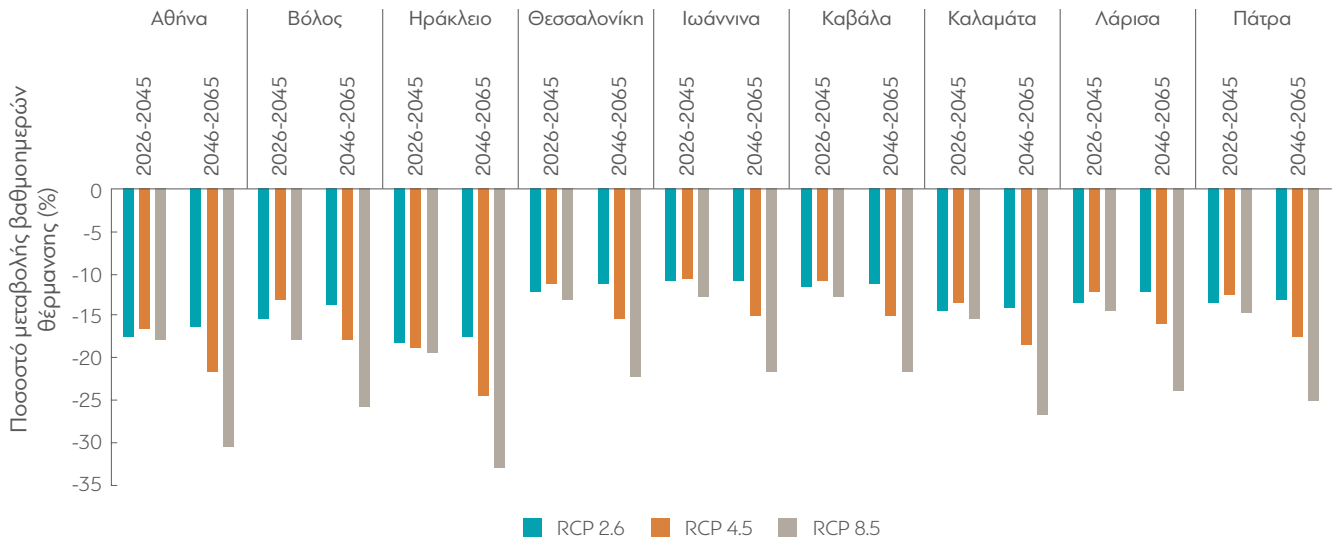
Σχετικά με τις ενεργειακές ανάγκες για ψύξη και για θέρμανση, όπως αυτές αποτυπώνονται από τις μεταβολές των αντίστοιχων βαθμοημερών, τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί συστηματικά σε σημαντική αύξηση των αναγκών για ψύξη με ταυτόχρονη (αλλά μικρότερη) μείωση των ενεργειακών αναγκών για θέρμανση (Σχήμα 58). Συγκεκριμένα παρατηρείται:

α. Σημαντική αύξηση των βαθμοημερών ψύξης σε όλες τις πόλεις με τις μέγιστες τιμές να εντοπίζονται στα Ιωάννινα, στην Πάτρα, στην Καβάλα, στην Καλαμάτα και στη Λάρισα.
β. Μείωση των αναγκών για θέρμανση με υψηλότερες τιμές στο Ηράκλειο και στην Αθήνα, με μείωση μεγαλύτερη του 30% για το σενάριο RCP 8.5 την περίοδο 2046-2065.

Σχήμα 58α. Μεταβολές των βαθμοημερών ψύξης ανά πόλη για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000



Σχήμα 58β. Μεταβολές των βαθμοημερών θέρμανσης ανά πόλη για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065, σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000



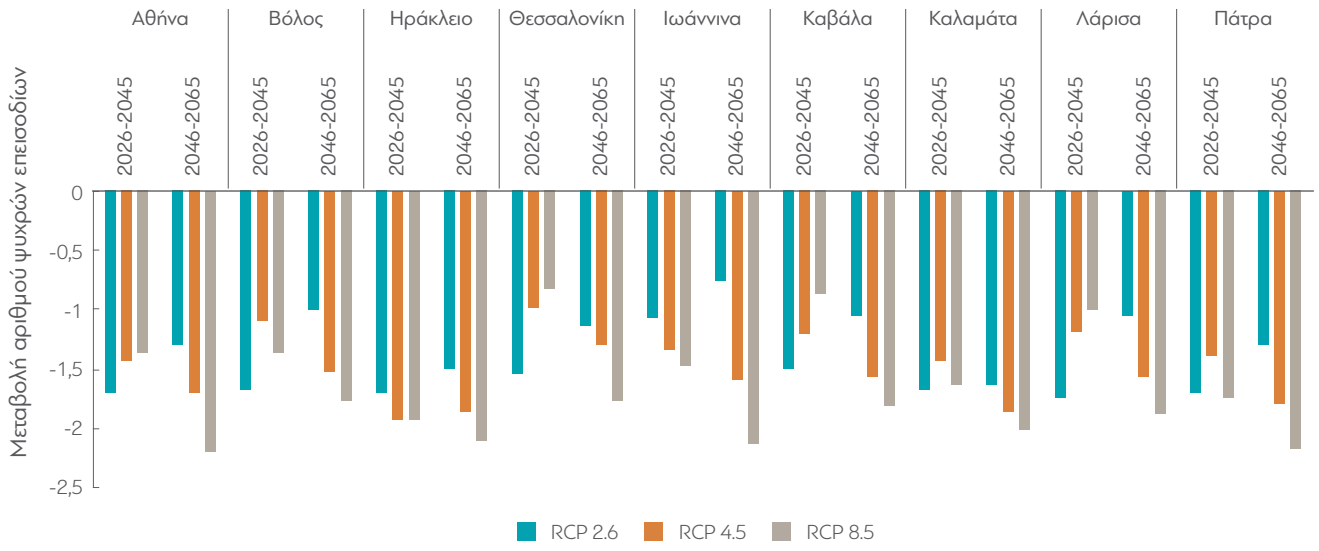
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Κλιματικοί δείκτες

Σχετικά με τον κίνδυνο έκθεσης του πληθυσμού σε ψυχρά επεισόδια, τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων ανά πόλη τόσο ως προς τη συχνότητα (Σχήμα 59) όσο και ως προς τη διάρκεια των επεισοδίων, για όλα τα σενάρια

και για τις δύο υποπεριόδους, οδηγούν στο συμπέρασμα της σταδιακής μείωσης του κινδύνου.

Σχήμα 59. Μεταβολές του αριθμού ψυχρών επεισοδίων ανά πόλη για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000

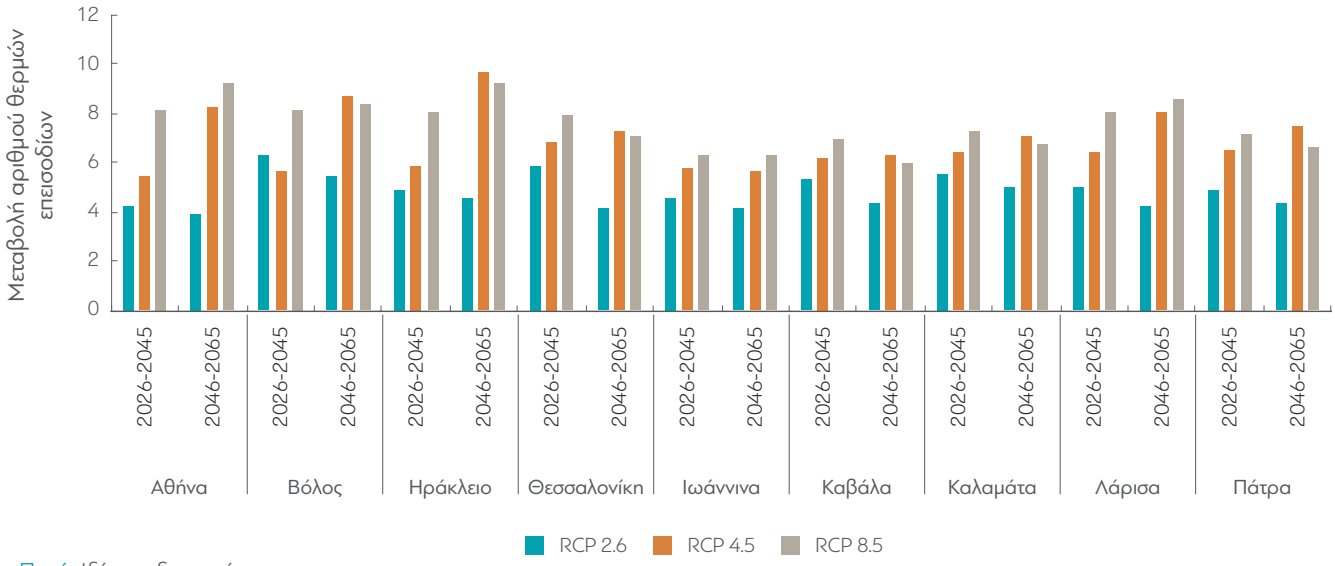


Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Οι αστικές υπό μελέτη περιοχές, σύμφωνα με τις προσομοιώσεις, αναμένεται ότι θα είναι ευάλωτες στον κίνδυνο θερμών επεισοδίων, τα οποία σχετίζονται με επιβάρυνση στην υγεία των πολιτών και ιδιαίτερα των ευπαθών πληθυσμιακών ομάδων. Συγκεκριμένα τα αποτελέσματα των δεικτών ακραίων τιμών της θερμοκρασίας υποδεικνύουν:

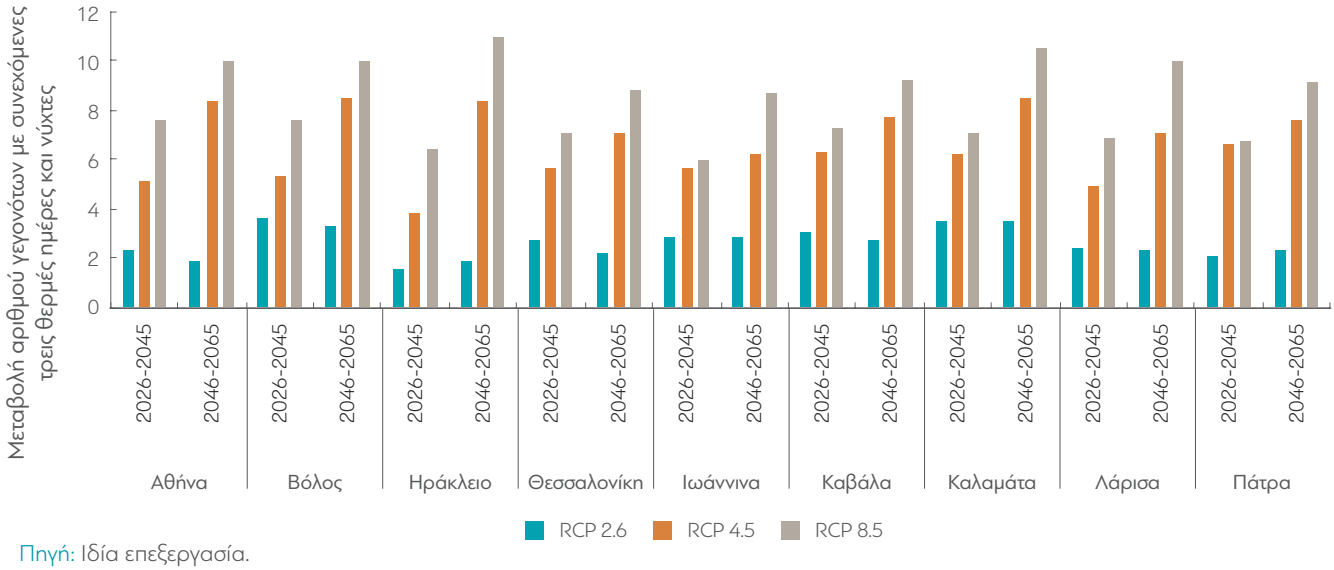
α. Αύξηση του αριθμού των θερμών επεισοδίων (Σχήμα 60). Σύμφωνα με τα σενάρια RCP 8.5 και 4.5, η αύξηση του πλήθους των επεισοδίων εκτιμάται ότι θα είναι κατά μέσο όρο μεγαλύτερη από 8 στο Ηράκλειο, στην Αθήνα, στη Λάρισα και στον Βόλο την περίοδο 2046-2065.
β. Αντίστοιχα αναμένεται αύξηση των πολύ και εξαιρετικά θερμών ημερών με τις μεγαλύτερες τιμές να εντοπίζονται στην Αθήνα και στη Λάρισα με ταυτόχρονη αύξηση των τροπικών νυχτών.
γ. Η μεγαλύτερη αύξηση του συνδυαστικού δείκτη των τριών συνεχόμενων θερμών ημερών και νυχτών (Σχήμα 61) παρατηρείται επίσης στην Αθήνα καθώς και στο Ηράκλειο, στην Καλαμάτα, στον Βόλο και στη Λάρισα, με αριθμό περιπτώσεων που υπερβαίνουν ή προσεγγίζουν τα 10 γεγονότα ανά έτος για το σενάριο RCP 8.5 την περίοδο 2046-2065.

Σχήμα 60. Μεταβολές του αριθμού θερμών επεισοδίων ανά πόλη για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000



Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Σχήμα 61. Μεταβολές του αριθμού των γεγονότων με τρεις συνεχόμενες θερμές ημέρες και νύχτες ανά πόλη για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000



Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

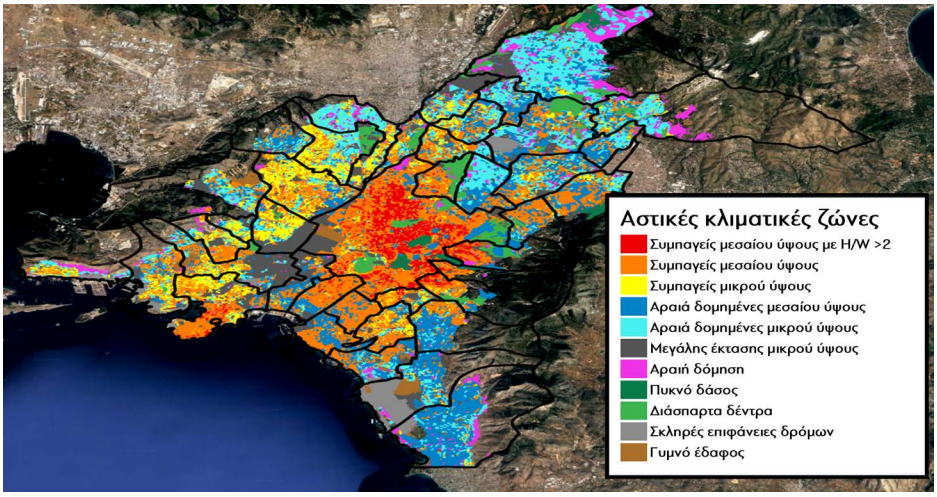
Τέλος, σχετικά με τον κίνδυνο πλημμυρικών φαινομένων για τις υπό μελέτη πόλεις τα αποτελέσματα του δείκτη των ημερών με ύψος υετού μεγαλύτερο από 20mm υποδεικνύουν αύξηση του εν λόγω κινδύνου. Οι εκτιμήσεις σχετίζονται με την αύξηση της συχνότητας των ημερών πολύ υψηλής βροχόπτωσης, με τις μεγαλύτερες αυξήσεις να εντοπίζονται στη Θεσσαλονίκη, τα Ιωάννινα, τη Λάρισα και τον Βόλο.

3.5 Προτάσεις για έξυπνες αστικές παρεμβάσεις για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στις πόλεις

Από τα «καρμπόν» σχέδια προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, στα σχέδια με κριτήριο τη διάκριση των πόλεων σε Αστικές Κλιματικές Ζώνες

Οι Αστικές Κλιματικές Ζώνες διακρίνονται με βάση μια σειρά από αστικές παραμέτρους όπως η αστική πυκνότητα, τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των κτηρίων (λ.χ. ύψος κτηρίων και πλάτος οδών, πυκνότητα δόμησης), το ποσοστό πρασίνου, τις θερμικές ιδιότητες των υλικών, τη γωνία θέασης του ουρανού και τη σκίαση, κ.ά. Στο Σχήμα 62 παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση του ευρύτερου πολεοδομικού συγκροτήματος της Αθήνας σε Αστικές Κλιματικές Ζώνες. Τα σχέδια προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή θα πρέπει να διαφοροποιούνται ανάλογα με την Αστική Κλιματική Ζώνη, ουσιαστικά θα πρέπει να αποφεύγεται η εφαρμογή του ιδίου σχεδίου αδιάκριτα σε όλες τις περιοχές, γεγονός που θα οδηγούσε σε περιορισμένα αποτελέσματα.

Σχήμα 62. Κατανομή του ευρύτερου πολεοδομικού συγκροτήματος της Αθήνας σε Αστικές Κλιματικές Ζώνες



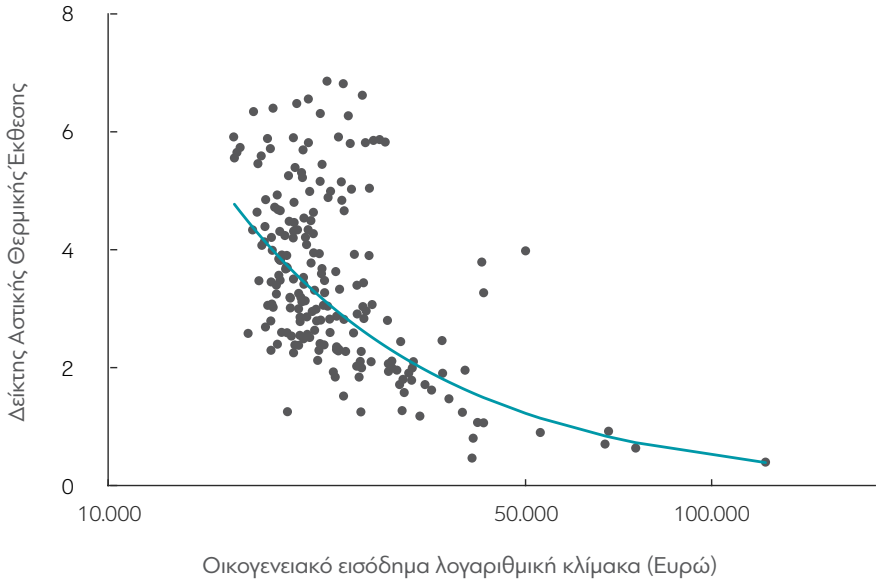
Πηγή: Επεξεργασία από Agathangelidis et al., 2019.

Το Πρόγραμμα «Εξοικονομώ - Αυτονομώ» από άλλη ματιά

Η διαφοροποίηση της έντασης των ανθρωπογενών πηγών θερμότητας εντός του αστικού ιστού καθορίζει σε συνδυασμό με την αστική μορφολογία αλλά και την αύξηση της θερμοκρασίας λόγω της κλιματικής αλλαγής, τη θερμική έκθεση των πολιτών.

Στο Σχήμα 63, παρουσιάζεται η θερμική έκθεση (κάθετος άξονας, δείκτης Αστικής Θερμικής Έκθεσης – Urban Heat Exposure) με το οικογενειακό εισόδημα των νοικοκυριών στο ευρύτερο πολεοδομικό συγκρότημα της Αθήνας. Νοικοκυριά με χαμηλά εισοδήματα δέχονται μεγαλύτερες θερμικές πιέσεις κυρίως λόγω της μέτριας ή και κακής ποιότητας και της μεγάλης ηλικίας των κτηριακών κατασκευών, τη μεγαλύτερη πυκνότητα πηγών θερμότητας (λ.χ. μεγάλοι οδικοί άξονες, βιοτεχνικές μονάδες, υψηλή πυκνότητα κτηρίων) ή/και την έλλειψη χώρων πρασίνου.

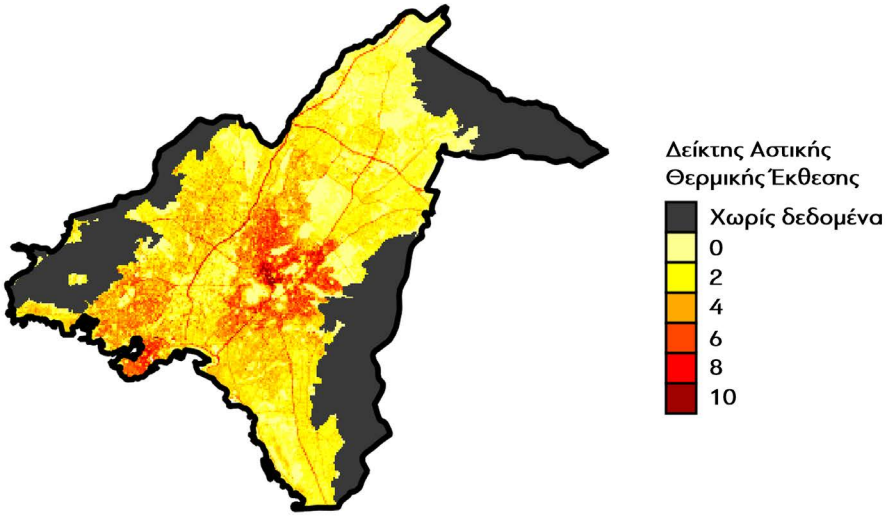
Σχήμα 63. Συσχέτιση του δείκτη Αστικής Θερμικής Έκθεσης με το οικογενειακό εισόδημα νοικοκυριών στο ευρύτερο πολεοδομικό συγκρότημα της Αθήνας



Πηγή: Επεξεργασία από Agathangelidis et al., 2019.

Υπό αυτό το πρίσμα προτείνεται ο ανασχεδιασμός του Προγράμματος Εξοικονομώ - Αυτονομώ ώστε να λαμβάνεται υπόψη και το κριτήριο της θερμικής έκθεσης. Στο Σχήμα 64, παρουσιάζεται η κατανομή του δείκτη Αστικής Θερμικής Έκθεσης για το ευρύτερο πολεοδομικό συγκρότημα της Αθήνας για το έτος 2019.

Σχήμα 64. Κατανομή του δείκτη Αστικής Θερμικής Έκθεσης για το ευρύτερο πολεοδομικό συγκρότημα της Αθήνας για το έτος 2019 (από το μηδέν προς το 10 εντείνεται η θερμική έκθεση)



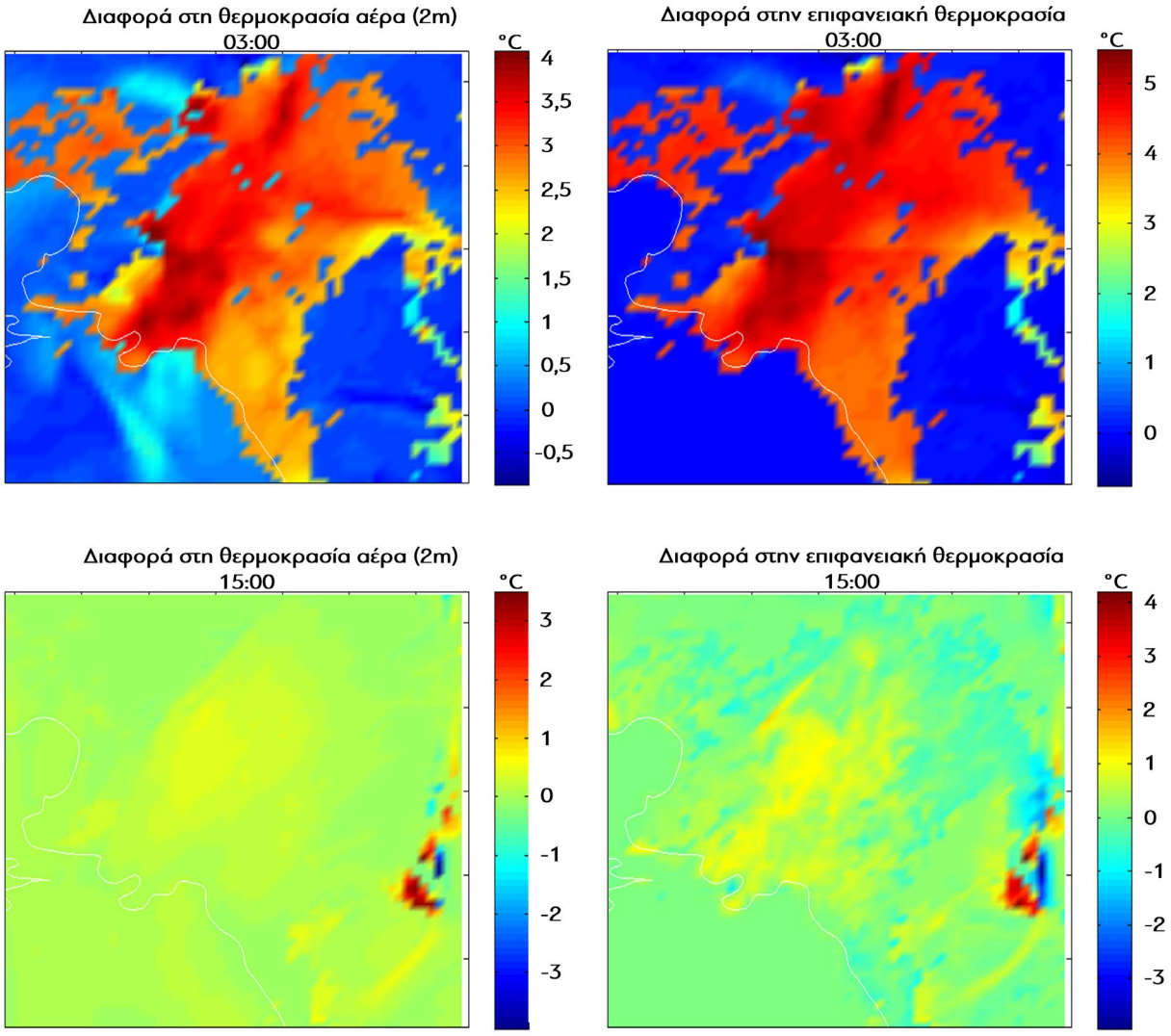
Πηγή: Επεξεργασία από Agathangelidis et al., 2019.

Πως να δημιουργήσεις χώρους πρασίνου σε πόλεις χωρίς χώρους για πράσινο

Πρόγραμμα δημιουργίας πράσινων οροφών σε δημόσια και ιδιωτικά κτήρια

Η δημιουργία πράσινων οροφών σε δημόσια και ιδιωτικά κτήρια μπορεί να συμβάλλει στη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα καθώς και σε αυτή των επιφανειών των κτηρίων. Στο Σχήμα 65 που ακολουθεί έχει υπολογιστεί η μείωση της θερμοκρασίας σε σχέση με τις τιμές αναφοράς. Σε αυτό αποτυπώνεται η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της τιμής αναφοράς και αυτής που προκύπτει από τη δημιουργία πράσινων οροφών στο ευρύτερο πολεοδομικό συγκρότημα της Αθήνας. Όπως διαπιστώνεται, κατά τις νυχτερινές ώρες (Σχήμα 65α και 65β) η θερμοκρασία αέρα μπορεί να μειωθεί κατά περίπου 2-3,5 °C, ενώ η θερμοκρασία επιφάνειας (skin temperature) μέχρι και 5 °C. Κατά τη διάρκεια της ημέρας (Σχήμα 65γ και 65δ), η μείωση της θερμοκρασίας του αέρα είναι της τάξης του 1-1,5 °C. Σημειώνεται όμως ότι η μείωση κατά ένα βαθμό Κελσίου της θερμοκρασίας του αέρα στην Αθήνα οδηγεί σε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη κατά 4,1%, της θνησιμότητας σε πνευμονολογικά και καρδιολογικά νοσήματα κατά 8% και της συγκέντρωσης του όζοντος κατά περίπου 7-8%.

Σχήμα 65. Συμβολή των πράσινων οροφών στη μείωση της θερμοκρασίας αέρα και επιφάνειας

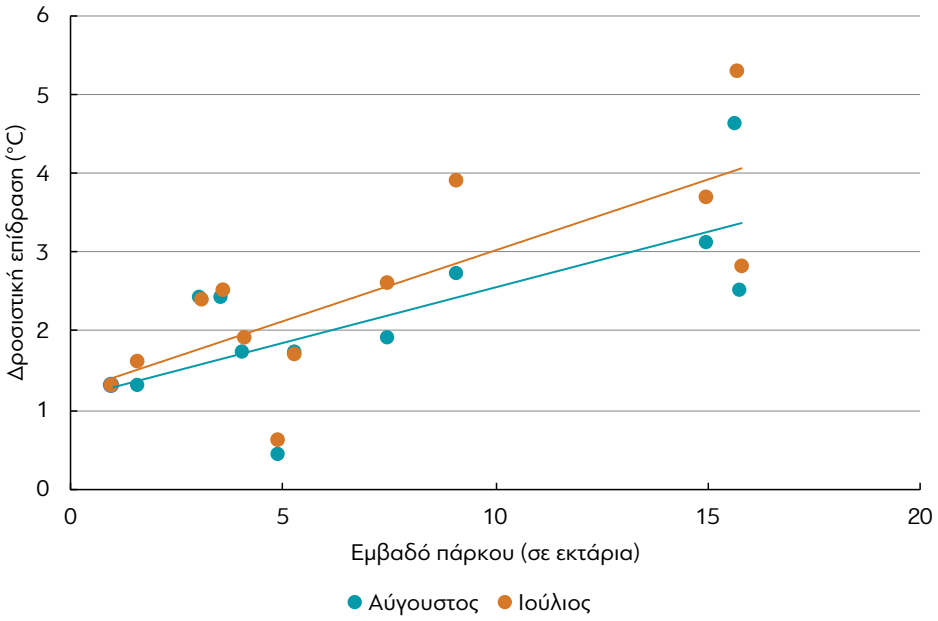


Πηγή: Επεξεργασία από Αγγελική Ντάντου, τμήμα Φυσικής, ΕΚΠΑ.

Πολλά μικρά πάρκα – αστικός βελονισμός

Η σημασία των πάρκων στις πόλεις είναι προφανής και αυτονόητη. Πάρκα μικρού και μεσαίου μεγέθους έχουν τη δυνατότητα δροσισμού των γειτονικών περιοχών κατά περίπου την ίδια ένταση με μεγαλύτερα πάρκα. Στο Σχήμα 66 παρουσιάζεται η συσχέτιση της δροσιστικής επίδρασης ενός πάρκου (Surface Park Cooling Intensity - SPCI) σε ό,τι αφορά στη θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους με την έκταση πάρκων με εμβαδόν μέχρι 16 εκτάρια, στο ευρύτερο πολεοδομικό συγκρότημα της Αθήνας. Παρατηρείται ότι όσο μεγαλύτερη η έκταση, τόσο ισχυρότερη η δροσιστική επίδραση του πάρκου.

Σχήμα 66. Συσχέτιση της δροσιστικής επίδρασης ενός πάρκου σε ό,τι αφορά στη θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους (κάθετος άξονας, σε βαθμούς Κελσίου) με την έκταση πάρκων με εμβαδόν μέχρι 16 εκτάρια

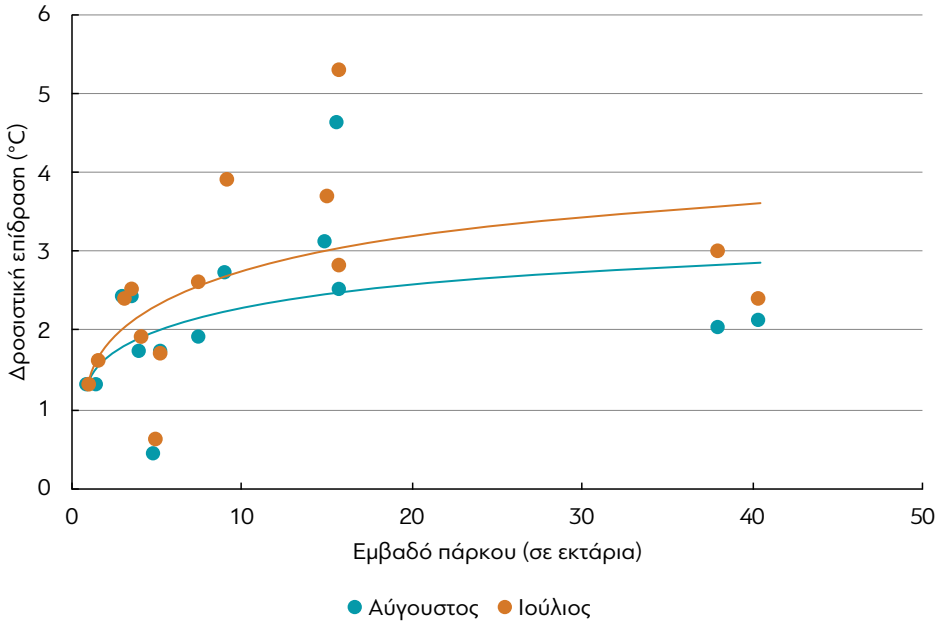


Πηγή: Επεξεργασία από Αγγελική Δαλαγγέλη, τμήμα Φυσικής, ΕΚΠΑ.

Στην περίπτωση που η συσχέτιση περιλαμβάνει το σύνολο των πάρκων ανεξαρτήτως έκτασης, διαπιστώνεται ότι η δροσιστική επίδραση για πάρκα μεγαλύτερα των 16 εκταρίων παραμένει σχεδόν σταθερή (Σχήμα 67). Το γεγονός αυτό δεν περιορίζει την αξία των μεγάλων χώρων πρασίνου, πλην όμως αναδεικνύει τη σημασία της διάχυσης **(αστικός βελονισμός)** μικρών και μεσαίων πάρκων στον αστικό ιστό, στο πλαίσιο της διαμόρφωσης σχεδίων προσαρμογής στην αστική κλιματική αλλαγή. Στο ίδιο πλαίσιο, μελέτη της διαΝΕΟσις[4] αναφέρεται στα πάρκα γειτονιάς και στη σημασία τους ως πνεύμονες πρασίνου και συμπληρωματικά ως χώροι προσφοράς υπηρεσιών κοινωνικής πρόνοιας και αναψυχής σε επίπεδο γειτονιάς.

4 https://www.dianeosis.org/wp-content/uploads/2019/10/parka_final-2.pdf.

Σχήμα 67. Συσχέτιση της δροσιστικής επίδρασης ενός πάρκου σε ό,τι αφορά στη θερμοκρασία επιφάνειας (κάθετος άξονας, σε βαθμούς Κελσίου) συμπεριλαμβανομένων και πάρκων με έκταση άνω των 16 εκταρίων



Πηγή: Επεξεργασία από Αγγελική Δαλαγγέλη, τμήμα Φυσικής, ΕΚΠΑ.

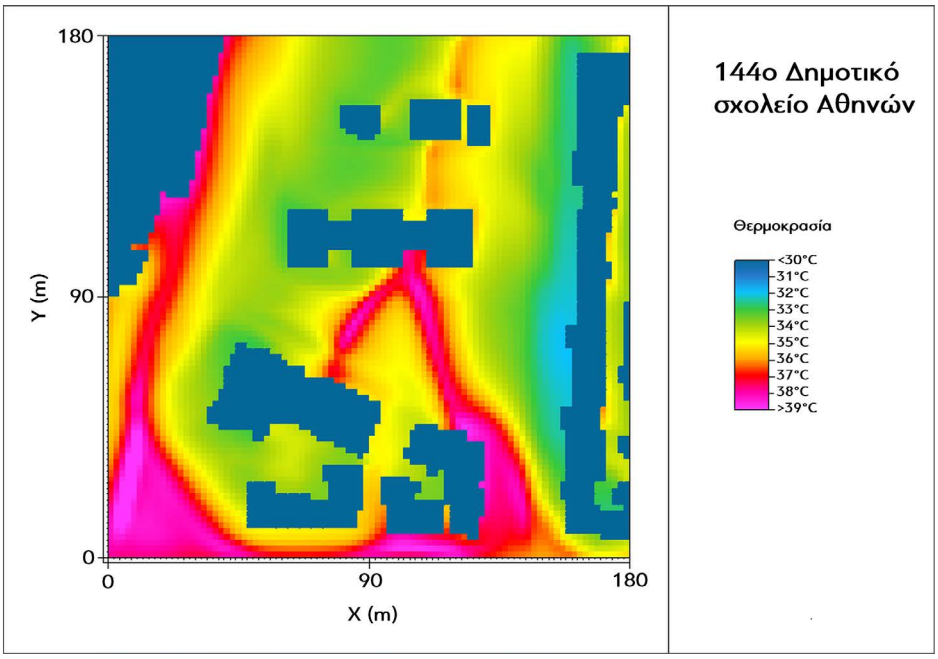
Διαμορφώνοντας ένα εναλλακτικό δίκτυο πράσινων χώρων

Σε πόλεις με περιορισμένους ελεύθερους χώρους για τη δημιουργία πάρκων, μία εναλλακτική λύση είναι η μετατροπή των σχολικών αυλών σε δίκτυο μικρών πάρκων. Αντίστοιχα δίκτυα δρομολογούν πόλεις στην Ευρώπη, όπως το Παρίσι (πρόγραμμα OASIS) και η Βαρκελώνη (πρόγραμμα Climate Shelters), σε μία προσπάθεια μείωσης –σε συνδυασμό με βιοκλιματικές παρεμβάσεις στα σχολικά κτήρια– της θερμοκρασίας αέρα και επιφάνειας, και κατά συνέπεια της αντιμετώπισης της θερμικής επιβάρυνσης λόγω και της κλιματικής αλλαγής.

Ως παράδειγμα εξετάζεται το 144ο Δημοτικό Σχολείο Αθηνών (Σχήμα 68). Η αναδιαμόρφωση του σχολείου περιλαμβάνει φύτευση στην αυλή, τη δημιουργία ενός μεσογειακού πάρκου στην πίσω πλευρά του σχολικού κτηρίου, τη δημιουργία πράσινης οροφής, τη διαμόρφωση σκιάστρων και ενός πράσινου τοίχου στη δυτική πλευρά του σχολείου και τέλος την τοποθέτηση ψυχρών (ανακλαστικών) υλικών στον προαύλιο χώρο, με στόχο τη μείωση της απορροφημένης ηλιακής ακτινοβολίας και κατά συνέπεια των θερμοκρασιών επιφάνειας εδάφους και του υπερκείμενου αέρα.

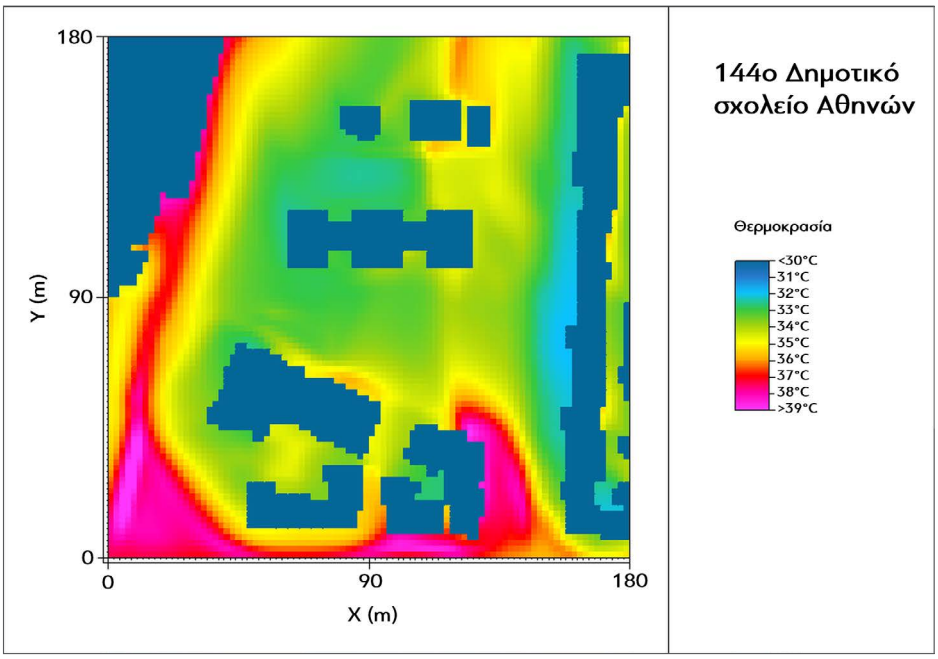
Στο Σχήμα 68 παρουσιάζεται η αρχική θερμοκρασιακή κατανομή στο σχολείο στις 15:00 για μια τυπική ημερομηνία τον μήνα Ιούνιο, ενώ στο Σχήμα 69 η νέα (προσομοιωμένη) κατανομή μετά την εφαρμογή των παρεμβάσεων που αναφέρονται παραπάνω.

Σχήμα 68. Η αρχική θερμοκρασιακή κατανομή στο σχολείο (15:00) για μια τυπική ημερομηνία του Ιουνίου



Πηγή: Επεξεργασία από Μαρία Σαλιάρη, Τμήμα Φυσικής, ΕΚΠΑ.

Σχήμα 69. Η νέα (προσομοιωμένη) κατανομή μετά την εφαρμογή των παρεμβάσεων στη σχολική αυλή και το σχολικό κτήριο

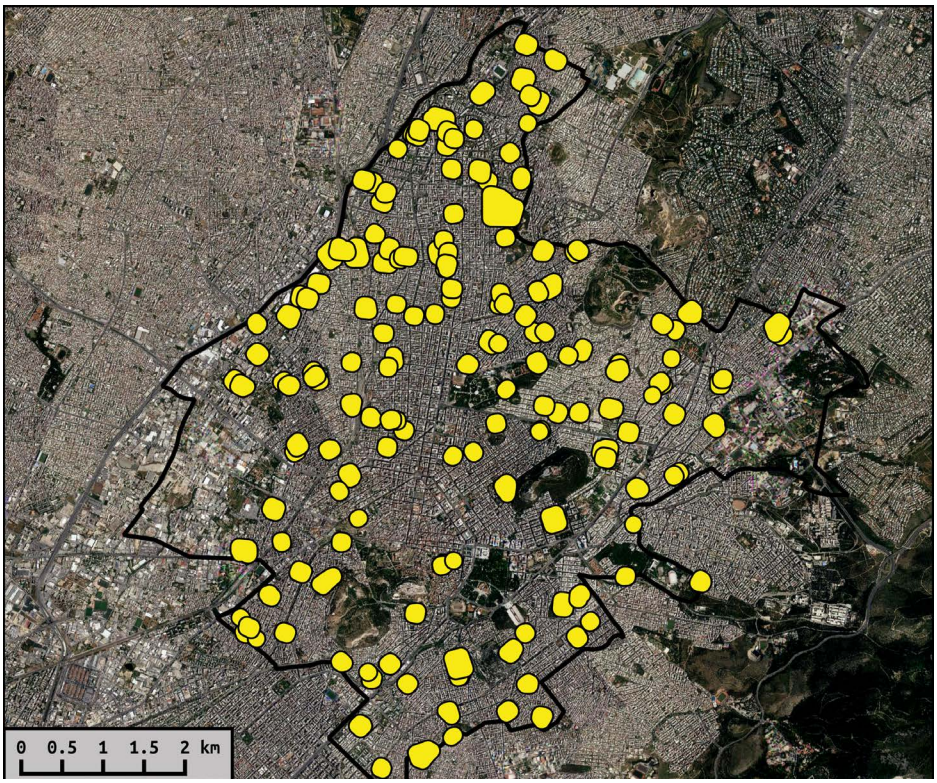


Πηγή: Επεξεργασία από Μαρία Σαλιάρη, Τμήμα Φυσικής, ΕΚΠΑ.

Όπως προκύπτει από τη συγκριτική εξέταση των δύο Σχημάτων, η θερμοκρασία αέρα μειώνεται κατά περίπου 1-3 °C στη σχολική αυλή και στους χώρους που βρίσκονται στην περίμετρο του σχολικού κτηρίου. Επισημαίνεται επίσης ότι το εύρος της θερμοκρασιακής επίδρασης των παρεμβάσεων δεν εξαντλείται στον χώρο του σχολείου, αλλά σε απόσταση περίπου 80-100 μέτρα, δηλαδή στη γειτονιά του σχολείου.

Για την παρούσα μελέτη έχει επιχειρηθεί μία αναγωγή για το σύνολο των σχολείων στον Δήμο Αθηναίων. Περιμετρικά των σχολείων διαμορφώνεται μια έκταση (με κίτρινο χρώμα) ακτίνας 100 μέτρων. Το τελικό αποτέλεσμα από την εν δυνάμει μετατροπή του συνόλου των σχολείων σε πράσινους χώρους αποτυπώνεται στο Σχήμα 70. Ειδικότερα προκύπτει ότι η δροσιστική επίδραση εκτείνεται σε περίπου 8 τετραγωνικά χιλιόμετρα, δηλαδή σε περίπου το 20% της έκτασης του Δήμου Αθηναίων.

Σχήμα 70. Περιοχές (με κίτρινο χρώμα) στις οποίες μειώνεται η θερμοκρασία του αέρα κατά περίπου 1-3 °C λόγω της μετατροπής των σχολικών αυλών σε μικρά πάρκα

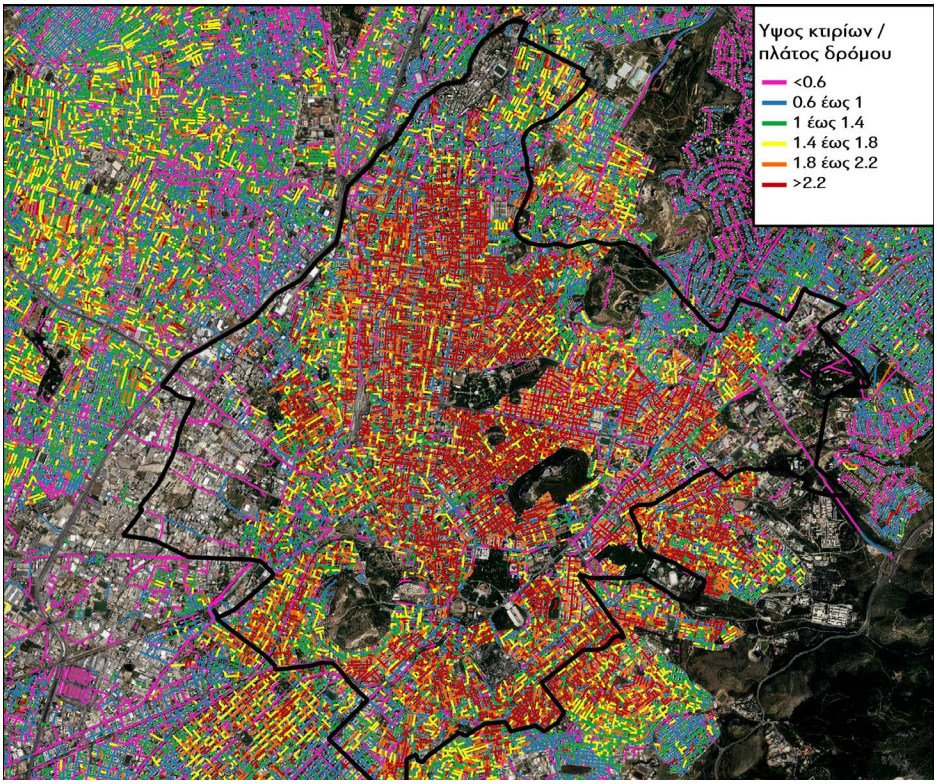


Πηγή: Επεξεργασία από Ηλία Αγαθαγγελίδη, τμήμα Φυσικής, ΕΚΠΑ.

Ναι σε πεζόδρομους και δρόμους ήπιας κυκλοφορίας. Αλλά πού;
Η αστική μορφολογία επηρεάζει χαρακτηριστικά τη θερμοκρασία αέρα στους δρόμους των πόλεων. Ειδικότερα, όσο μεγαλύτερος ο λόγος του ύψους των κτηρίων προς το πλάτος του δρόμου, τόσο υψηλότερη η θερμοκρασία αέρα χαμηλά στην επιφάνεια λόγω της μείωσης της ταχύτητας

του αέρα. Σε δρόμους με τέτοια χαρακτηριστικά, είναι αναγκαία η μείωση της θερμοκρασίας είτε με την ενίσχυση του πρασίνου ή με την απομάκρυνση πηγών θερμότητας όπως για παράδειγμα η κυκλοφορία οχημάτων, μέσω της μετατροπής τους σε πεζόδρομους ή δρόμους ήπιας κυκλοφορίας. Στο Σχήμα 71 παρουσιάζεται χρωματικά η κατανομή των δρόμων στο κέντρο της Αθήνας ανάλογα με τον λόγο ύψους/πλάτους (aspect ratio). Δρόμοι με πορτοκαλί και κόκκινο χρώμα αποτελούν πρώτη προτεραιότητα για τη μετατροπή, υπό την προϋπόθεση, πάντα, μίας ολοκληρωμένης κυκλοφοριακής μελέτης.

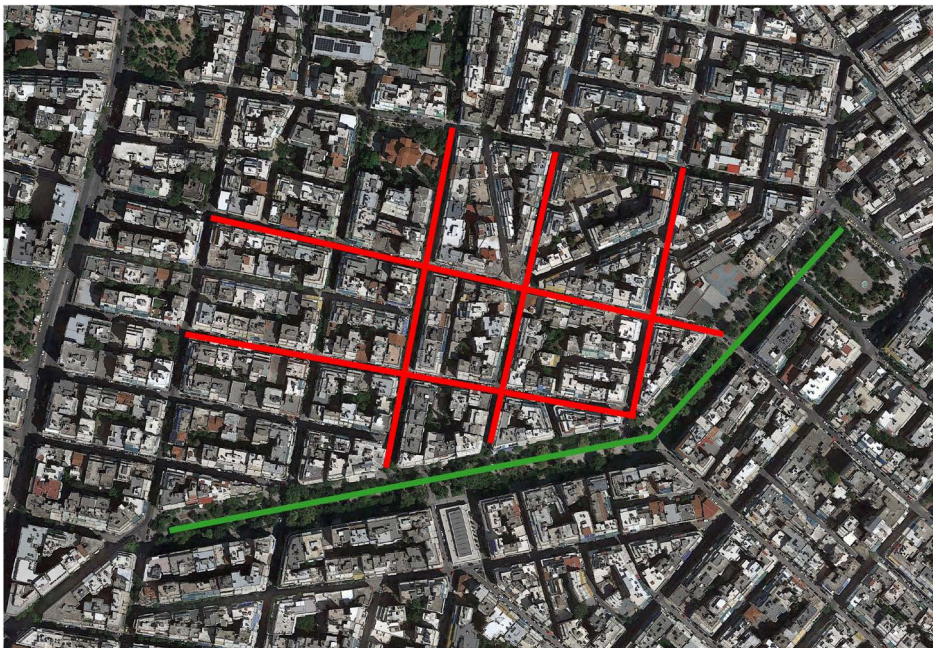
Σχήμα 71. Χρωματική αποτύπωση της αστικής μορφολογίας, ειδικότερα σε ό,τι αφορά στον λόγο του ύψους κτηρίων προς το πλάτος του δρόμου (aspect ratio)



Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Το Σχήμα 72 επικεντρώνεται στην περιοχή της Κυψέλης. Με πράσινο χρώμα εμφανίζεται η Φωκίωνος Νέγρη που χαρακτηρίζεται από χαμηλό λόγο ύψους/πλάτους (< 1) και με κόκκινο χρώμα δρόμοι στην εγγύτητα της Φωκίωνος Νέγρη που όμως έχουν λόγο μεγαλύτερο του 1,8.

Σχήμα 72. Αποτύπωση δρόμων με ικανοποιητικό και προβληματικό λόγο ύψους κτηρίων προς πλάτος δρόμου (με πράσινο και κόκκινο χρώμα αντίστοιχα)



Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Το παράδειγμα της Βαρκελώνης

Η λύση των super blocks[5] εφαρμόζεται πιλοτικά στη Βαρκελώνη σε μία προσπάθεια ανάκτησης του δημόσιου χώρου αλλά και (κυρίως) ενίσχυσης του πρασίνου σε χώρους που μέχρι πρότινος καταλαμβάνονταν από αυτοκίνητα. Στο Σχήμα 73 παρουσιάζεται το πρότυπο σχεδιασμού.

5 https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/Pla-director-arbrat-barcelona-ENG.pdf.

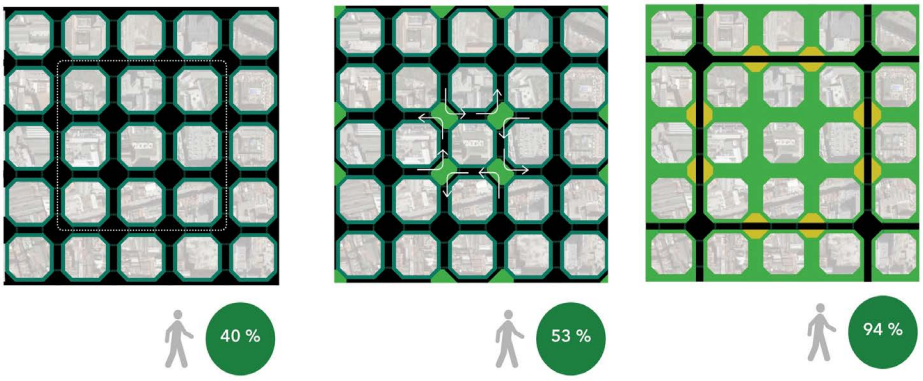
Σχήμα 73. Διαμόρφωση super blocks στη Βαρκελώνη για την αύξηση των πράσινων χώρων και την απομάκρυνση πηγών θερμότητας (κυκλοφορία οχημάτων)



Πηγή: Barcelona Urban Ecology Agency.

Στο Σχήμα 74 το πρότυπο σχεδιασμού εξειδικεύεται περαιτέρω, από αριστερά προς τα δεξιά. Στη μεσαία εικόνα, φαίνεται η απόδοση διασταυρώσεων σε χώρους πρασίνου, ενώ στη δεξιά εικόνα η τελική διαμόρφωση με την απομάκρυνση της διαμπερούς κυκλοφορίας και τη χρήση των δρόμων εντός του περιγράμματος μόνο από τους κατοίκους της γειτονιάς.

Σχήμα 74. Λεπτομερής απεικόνιση των super blocks



Πηγή: Barcelona Urban Ecology Agency.

Η πόλη αλλιώς – η γειτονιά των 15 λεπτών

Η αυξημένη, λόγω και της διασποράς των κοινωνικών και εμπορικών υποδομών και δραστηριοτήτων, κυκλοφορία ιδιωτικών και δημόσιων οχημάτων στις πόλεις οδηγεί στην παραγωγή (ανθρωπογενούς) θερμότητας και εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η κυκλοφορία ενισχύεται περαιτέρω από τη συρρίκνωση της γειτονιάς ως της βασικής ενότητας εξυπηρέτησης του πολίτη, γεγονός που οδηγεί σε μετακινήσεις εκτός της γειτονιάς που θα μπορούσαν να είχαν αποφευχθεί.

Στον παγκόσμιο μετασχηματισμό των πόλεων για να ανταποκριθούν στην ανάγκη προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή δεν λείπουν οι καινοτόμες ιδέες, όπως αυτή της γειτονιάς των 15 λεπτών που δρομολογείται στο Παρίσι.[6] Πρόκειται για τη γειτονιά που σε απόσταση 15 λεπτών προσφέρει ολοκληρωμένες υπηρεσίες προς τον πολίτη, από τις βασικές που μπορεί να αφορούν την προμήθεια πρώτων ειδών μέχρι αυτές που σχετίζονται με την ψυχαγωγία ή την παροχή κοινωνικών υπηρεσιών.

Είναι προφανές ότι η παραπάνω ιδέα ανατρέπει μεν παραδοσιακούς πολεοδομικούς σχεδιασμούς όπως οι περιοχές αποκλειστικής κατοικίας, πλην όμως διαμορφώνει ένα νέο πλαίσιο αστικού σχεδιασμού το οποίο περιορίζοντας, μεταξύ άλλων, την κυκλοφορία των οχημάτων, συμβάλλει στην προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή.

---

6 https://urbanland.uli.org/economy-markets-trends/paris-embracing-the-compact-density-of-15-minute-neighborhoods/?utm_source=realmagnet&utm_medium=email&utm_campaign=HQ%20Urban%20Land%202%2F22%2F21.

ΕΝΣΩΜΑΤΩΝΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΟΝ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ ΤΟΥ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Οκτώβριος 2021

Προσαρμογή του τουρισμού στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής

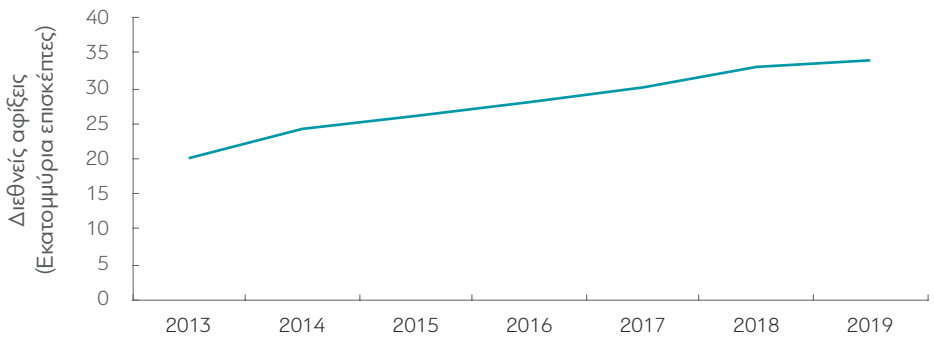
4

4.1 Εισαγωγή

Ο τουρισμός αποτελεί πολυσύνθετο τομέα που αφορά και επηρεάζει, συχνά καθοριστικά, ευρύ κοινωνικο-οικονομικό φάσμα. Η Ελλάδα, ως χώρα με πληθώρα τουριστικών προορισμών, παρουσιάζει αυξητική πορεία όσον αφορά τα βασικά μεγέθη που χαρακτηρίζουν τον τουρισμό. Ως εκ τούτου, ο τουρισμός αποτελούσε και αποτελεί μια σημαντική δραστηριότητα τόσο για τη συνεισφορά του στο ΑΕΠ και την απασχόληση της χώρας, όσο και για τους λοιπούς κλάδους που συνδέονται άμεσα και έμμεσα με αυτόν. Ειδικότερα, σύμφωνα με τον ΟΟΣΑ, για το έτος 2017 η άμεση συνεισφορά του τουρισμού στο ΑΠΑ της χώρας ήταν 6,8% και 10% στην απασχόληση (OECD, Tourism Trends and Policies 2020). Αν συνυπολογισθεί ότι ο τουρισμός, ως πολυκλάδος, αποτελεί ουσιαστικά μια οριζόντια δραστηριότητα η οποία συνδέεται άμεσα και έμμεσα με πληθώρα άλλων κλάδων, η συνεισφορά του είναι σαφώς μεγαλύτερη.

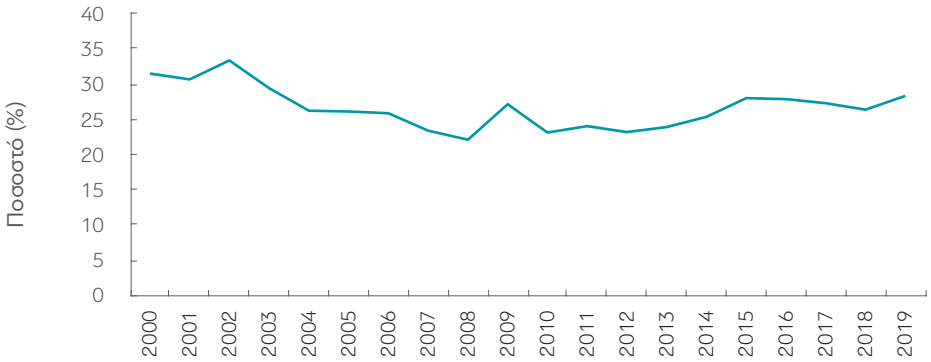
Όσον αφορά την Ελλάδα, ο αριθμός των αφίξεων έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία έτη (Σχήμα 75) ενώ και οι εισπράξεις από τον διεθνή τουρισμό αποτελούν σημαντικό μερίδιο των συνολικών εξαγωγών της χώρας από προϊόντα και υπηρεσίες (Σχήμα 76).

Σχήμα 75. Ετήσιος αριθμός διεθνών αφίξεων



Πηγή: World Bank.

Σχήμα 76. Ποσοστό συμμετοχής του τουρισμού στις εξαγωγές



Πηγή: World Bank.

Ο τουρισμός συνετέλεσε σημαντικά στον περιορισμό της ανεργίας καθώς παρουσίασε θετικούς και αυξανόμενους ρυθμούς ανάπτυξης κατά την περίοδο της οικονομικής κρίσης. Ως εκ τούτου και λόγω της διασποράς των τουριστικών προορισμών σε όλη την επικράτεια, συνέβαλε στην οικονομική στήριξη πολλών περιοχών και στην αύξηση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ πολλών περιφερειών. Παρά ταύτα, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η εποχικότητα στην απασχόληση που χαρακτηρίζει τον τομέα, όπως και το μοντέλο του τουριστικού προϊόντος που εξαρτάται κυρίως από τον μαζικό τουρισμό, ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες.

Η εξάρτηση του τουρισμού από τις κλιματικές συνθήκες τον καθιστά εξαιρετικά ευάλωτο όσον αφορά την κλιματική αλλαγή. Είναι άλλωστε γνωστό ότι οι επικρατούσες κλιματικές συνθήκες επηρεάζουν τα είδη τουρισμού που εξαρτώνται άμεσα από εξωτερικές δραστηριότητες. Παράλληλα οι κλιματικές συνθήκες διαμορφώνουν και τον βαθμό επισκεψιμότητας μίας τουριστικής περιοχής. Ως εκ τούτου, η κλιματική αλλαγή δύναται να επηρεάσει σε κάποιες περιπτώσεις αρνητικά μια περιοχή, αν και υπάρχουν και εκτιμήσεις για θετικές επιδράσεις που όμως υπολείπονται εν γένει από τις αντίστοιχες αρνητικές.

Το κλίμα, ουσιαστικά οι επικρατούσες κλιματικές συνθήκες, αναδεικνύεται ως κρίσιμος παράγοντας για τη βιωσιμότητα τουριστικών περιοχών, ως προς τη μεταβλητότητα που το διακρίνει, με ό,τι αυτό συνεπάγεται στο χωρικό αντίκτυπο του τομέα, στην ποιότητα του προσφερόμενου τουριστικού προϊόντος και κατ' επέκταση στη ζήτηση αυτού. Ακραίο παράδειγμα αποτελεί αυτό του χιονοδρομικού τουρισμού στη χώρα μας, όπου μια μεταβολή της θερμοκρασίας των χειμερινών μηνών μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της ήδη μικρής χιονοδρομικής περιόδου, καθιστώντας μη βιώσιμη τη λειτουργία των χιονοδρομικών κέντρων. Ακόμα και όσον αφορά τη θερινή τουριστική περίοδο, στην οποία στηρίζεται ως επί το πλείστον ο τουριστικός τομέας στη χώρα μας, η αύξηση της θερμοκρασίας ή/και η συχνότερη

εμφάνιση καυσώνων εκτιμάται ότι θα υποβαθμίσουν σε σημαντικό βαθμό την ποιότητα του τουριστικού προϊόντος. Παρά ταύτα, μια θετική επίδραση που μπορεί να προκύψει είναι η επιμήκυνση της τουριστικής περιόδου (της θερινής) η οποία σίγουρα θα επηρεάσει με τη σειρά της την προσφορά στον τουρισμό, αλλά και τη ζήτηση.

4.2 Επίδραση της κλιματικής αλλαγής και οι κίνδυνοι που προκύπτουν για τον τομέα του τουρισμού

Η εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στον τουρισμό αποτελεί κεντρικό αντικείμενο μελέτης διεθνών οργανισμών, με στόχο μεταξύ άλλων και την αναγνώριση της σύνδεσης των επιπτώσεων με τις προοπτικές βιωσιμότητας του τουριστικού τομέα και των περιοχών που εξαρτώνται οικονομικά από αυτόν. Ενδεικτικά αναφέρεται το έργο της IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change – Διακυβερνητική Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή) και η συμβολή του Συνεδρίου του UNWTO σε συνεργασία με τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (World Meteorological Organization – WMO). Κατά το Συνέδριο αυτό προσδιορίστηκαν σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τον τουρισμό σε συνάρτηση με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής:

α. Οι επιπτώσεις στις τουριστικές περιοχές μπορούν να διακριθούν σε άμεσες, όπως η αύξηση της θερμοκρασίας (ή του παγετού) και τα ακραία καιρικά φαινόμενα, και έμμεσες, όπως η αλλοίωση του τοπίου λόγω και της (αν και επί του παρόντος περιορισμένης) αύξησης της στάθμης της θάλασσας, καθώς και η διατάραξη της βιοποικιλότητας.
β. Οι επιπτώσεις στην τουριστική κινητικότητα (επισκεψιμότητα) έχουν έμμεσες επιδράσεις στην κοινωνία, την οικονομία, ακόμα και στην πολιτική σταθερότητα τουριστικών χωρών.
γ. Οι κύριες επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής θα πρέπει να προσδιορίζονται προκειμένου να προκύψουν σχέδια προσαρμογής για τους τουριστικούς προορισμούς αλλά και για τη διαχείριση της τουριστικής κίνησης.

Παρακάτω αναφέρονται επιγραμματικά οι πιθανές επιπτώσεις που επιφέρει η κλιματική αλλαγή στον τομέα του τουρισμού, με τις επιπτώσεις να διακρίνονται σε φυσικές (άμεσες και έμμεσες) (Πίνακας 7) και οικονομικές (Πίνακας 8).

Πίνακας 7. Φυσικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον τουρισμό

Φυσικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον τουρισμό
Άμεσες επιπτώσεις
• Αύξηση της θερμοκρασίας
• Άνοδος της στάθμης της θάλασσας
• Αλλαγές στην υγρασία και την ποιότητα του αέρα
• Αύξηση ξηρασίας
• Αύξηση της ρύπανσης
• Αύξηση του δείκτη δυσφορίας των επισκεπτών
• Μείωση βροχοπτώσεων και χιονοπτώσεων
• Συχνότερη εμφάνιση φωτοχημικού νέφους
• Αύξηση ακραίων γεγονότων (καταιγίδων, πλημμυρών, τυφώνων)
• Αύξηση πυρκαγιών και ασθενειών
• Καταστροφή ευαίσθητων οικοσυστημάτων
Έμμεσες επιπτώσεις
• Φθορές παράκτιων τουριστικών υποδομών
• Απαξίωση τουριστικών υποδομών λόγω έλλειψης φυσικών προϋποθέσεων χρήσης τους (ενδεικτικά, έλλειψη χιονιού για τα χιονοδρομικά κέντρα)
• Διείσδυση θαλάσσιου νερού στον υδροφόρο ορίζοντα και υφαλμύρωση του πόσιμου νερού
• Μείωση διαθέσιμου νερού λόγω μείωσης βροχοπτώσεων
• Μείωση-εξάλειψη οικοτουριστικών υποδομών και δραστηριοτήτων

Πηγή: Επιτροπή μελέτης επιπτώσεων κλιματικής αλλαγής, Τράπεζα της Ελλάδος, 2011.

Πίνακας 8. Οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον τουρισμό

Οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον τουρισμό
• Πιθανή μείωση αριθμού αφικνουμένων τουριστών
• Πιθανή μείωση μέσου χρόνου παραμονής τους
• Μείωση εποχικότητας
• Μείωση διαθέσιμου εισοδήματος παγκοσμίως για τον τουρισμό λόγω της πτώσης ΑΕΠ, οφειλόμενη στις επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος
• Αύξηση μέσου κόστους εξυπηρέτησης αφικνούμενων τουριστών
• Κόστος αναγκαστικής διακοπής προσφερόμενης τουριστικής υπηρεσίας λόγω ακραίων φυσικών φαινομένων (κόστος ευκαιρίας ή απολεσθέντα έσοδα)
• Έργα στην κατεύθυνση μείωσης ρύπανσης και αέριων εκπομπών
• Έργα αντιμετώπισης των φυσικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και αντιμετώπισης ακραίων γεγονότων (φράγματα, συστήματα ανακύκλησης νερού)
• Ανάγκη ανάπτυξης νέων καινοτόμων βιοκλιματικών υποδομών
• Αυξημένο κόστος συντήρησης των παλαιότερων υποδομών
• Έργα υποκατάστασης του φυσικού κεφαλαίου με ανθρωπογενές κεφάλαιο στην κατεύθυνση διατήρησης των θέλγητρων μίας περιοχής (π.χ. υποκατάσταση δάσους με θεματικό πάρκο, δραστηριοτήτων mountain bike με πίστα carting, έλλειψη χιονιού με δημιουργία πίστας αναρρίχησης)
• Υποβάθμιση πολιτιστικών και ιστορικών μνημείων (μελέτη UNESCO, 2007) και πιθανή καταστροφή αρχαιολογικών μνημείων
• Κόστος εκπαίδευσης και προσαρμογής του προσωπικού στα νέα μέσα και τρόπους λειτουργίας
• Επανατοποθέτηση του τουριστικού προϊόντος διεθνώς

Πηγή: Επιτροπή μελέτης επιπτώσεων κλιματικής αλλαγής, Τράπεζα της Ελλάδος, 2011.

4.3 Κλιματικοί δείκτες που επηρεάζουν τον τομέα του τουρισμού

Στην παρούσα μελέτη εξετάζονται κλιματικοί δείκτες που συναρτώνται με τις μέσες και τις ακραίες κλιματικές συνθήκες, όπως αυτές επηρεάζουν άμεσα τον τομέα του τουρισμού (Πίνακας 9).

Πίνακας 9. Δείκτες της κλιματικής αλλαγής που επηρεάζουν τον τουρισμό

Μέσες κλιματικές συνθήκες	
Βροχοπτώσεις	mm/ημέρα
Θερμοκρασία καλοκαιρινών μηνών	°C
Ακραίες κλιματικές συνθήκες	
Μεταβολή του αριθμού των θερμών ημερών (Tmax > 30 °C)	Ημέρες ανά έτος
Μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης	Αριθμός βαθμοημερών
Μεταβολή του αριθμού των τροπικών νυχτών	Αριθμός ημερών
Μεταβολή του αριθμού καυσωνικών επεισοδίων	Αριθμός ημερών
Μεταβολή του αριθμού γεγονότων με τρεις συνεχόμενες θερμές ημέρες και νύχτες	Αριθμός γεγονότων

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

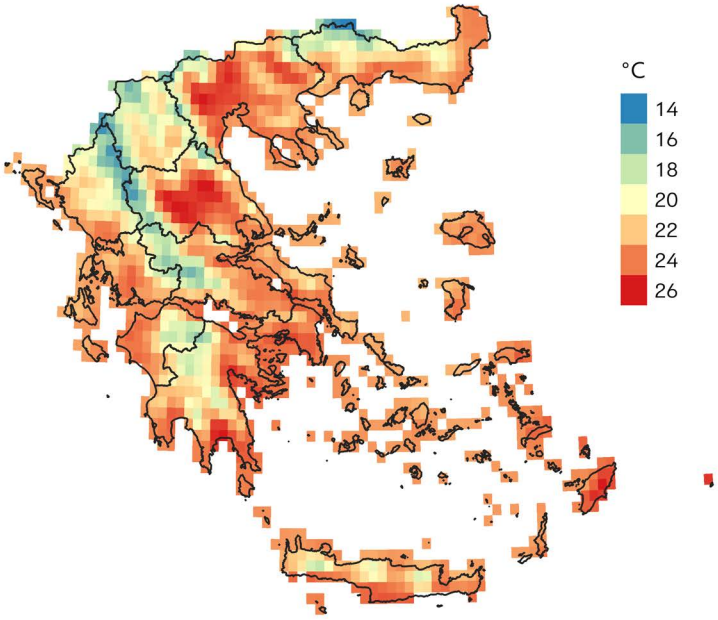
Μέσες κλιματικές συνθήκες

Θερμοκρασία

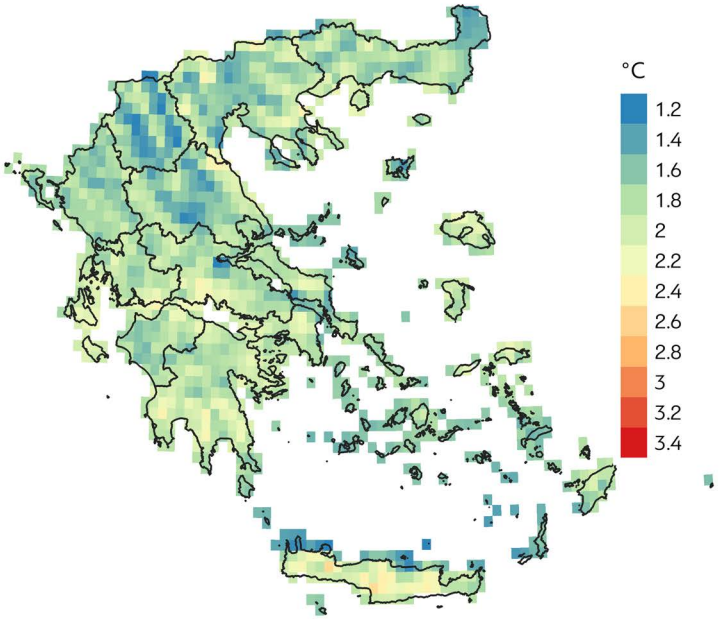
Η θερμοκρασία αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα τόσο για το περιβάλλον και την εύρυθμη λειτουργία των οικοσυστημάτων, όσο και για τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Όσον αφορά τον τομέα του τουρισμού, η θερμοκρασία των καλοκαιρινών μηνών αναγνωρίζεται ως ένας από τους κρίσιμους παράγοντες σε σχέση με την κλιματική αλλαγή. Μια καθολική άνοδος της θερμοκρασίας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες μπορεί να επηρεάσει το επίπεδο του τουριστικού προϊόντος όσον αφορά τη δυσφορία των επισκεπτών ή/και την αδυναμία περάτωσης κάποιων δραστηριοτήτων. Στην παρούσα μελέτη η μεταβολή της θερμοκρασίας των καλοκαιρινών μηνών εξετάζεται για τα τρία προβλεπόμενα σενάρια (RCP 2.6, 4.5 και 8.5) για τους χρονικούς ορίζοντες 20ετίας και 40ετίας. Βάσει των χαρτών (Σχήμα 77) σε μια πρώτη παρατήρηση η Ελλάδα παρουσιάζει ακραίες τιμές στην άνοδο της καλοκαιρινής θερμοκρασίας. Τα αποτελέσματα ποικίλουν

ανάλογα με τα επιλεγόμενα προς εξέταση σενάρια και τον χρονικό ορίζοντα που αναφέρονται. Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας είναι και η τοπογραφία της Ελλάδας, που επίσης ποικίλει με αποτέλεσμα τη διαμόρφωση έντονων μικροκλιμάτων που διαφέρουν ακόμα και σε γειτονικές περιοχές. Η ανάλυση των περιοχών αυτών ακολουθεί σε επόμενο υποκεφάλαιο.

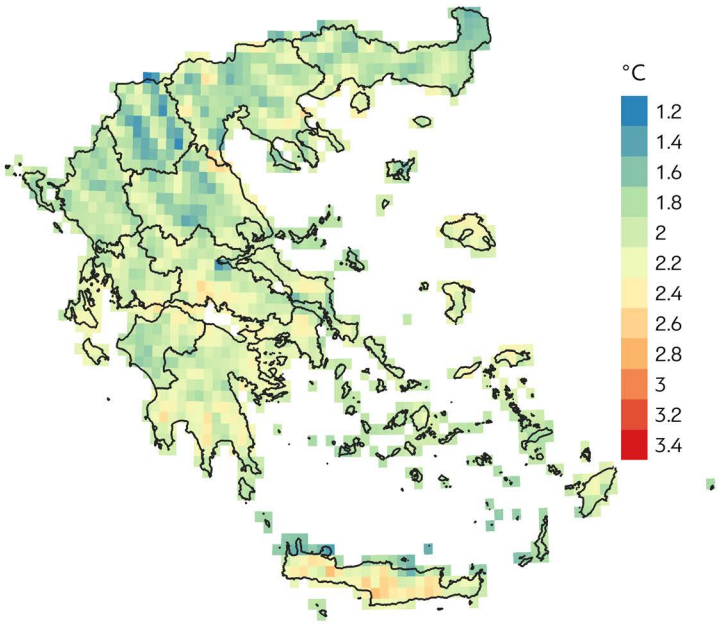
Σχήμα 77. Μεταβολή της θερμοκρασίας των καλοκαιρινών μηνών για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000



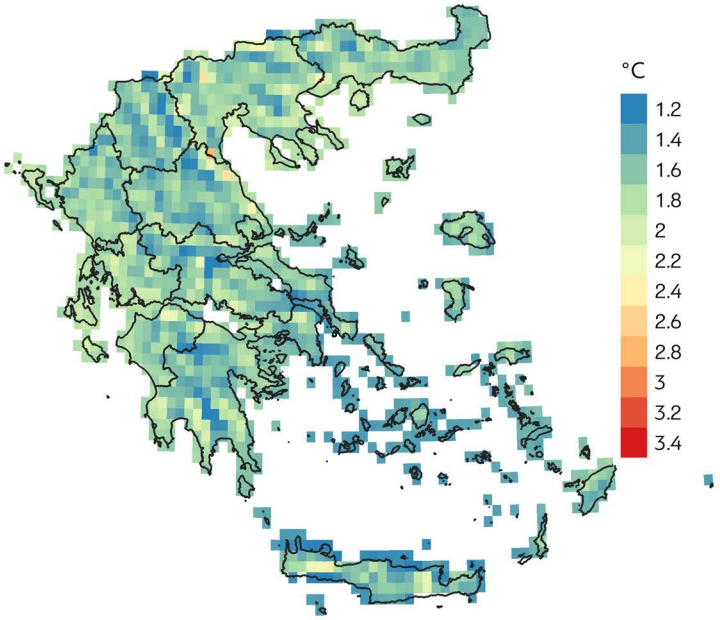
Μέση θερμοκρασία των καλοκαιρινών μηνών (°C)
Περίοδος: 1971-2000



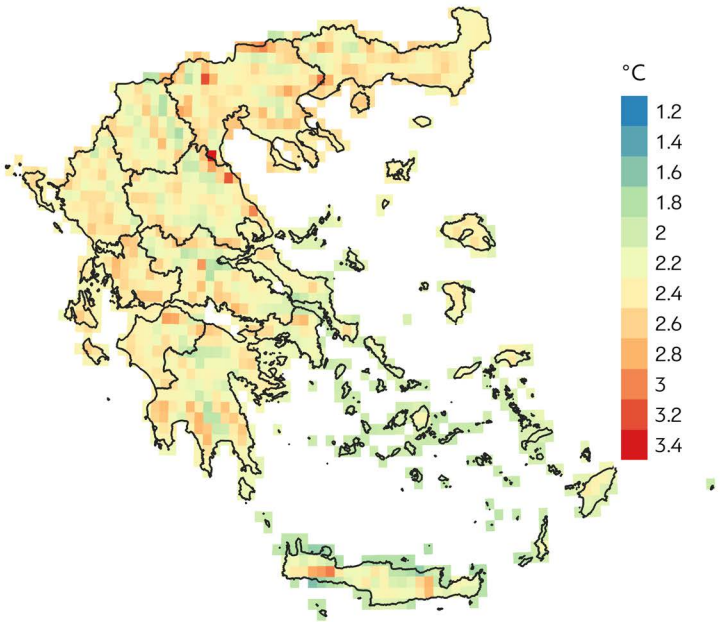
Μεταβολή της θερμοκρασίας των καλοκαιρινών μηνών (°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



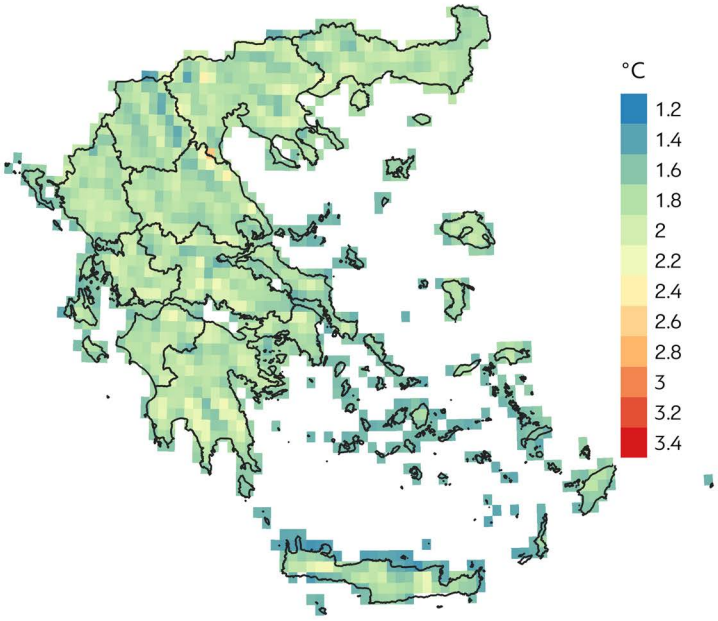
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας των καλοκαιρινών μηνών (°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



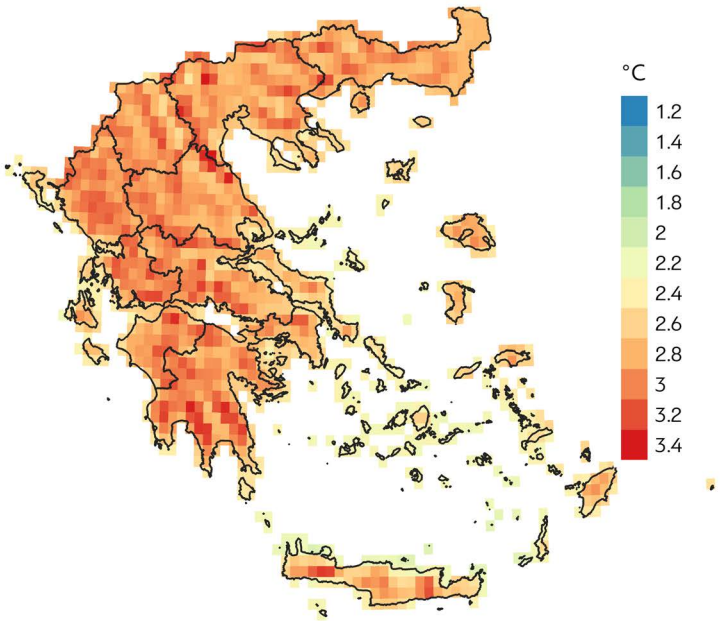
Μεταβολή της θερμοκρασίας των καλοκαιρινών μηνών (°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας των καλοκαιρινών μηνών (°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή της θερμοκρασίας των καλοκαιρινών μηνών (°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



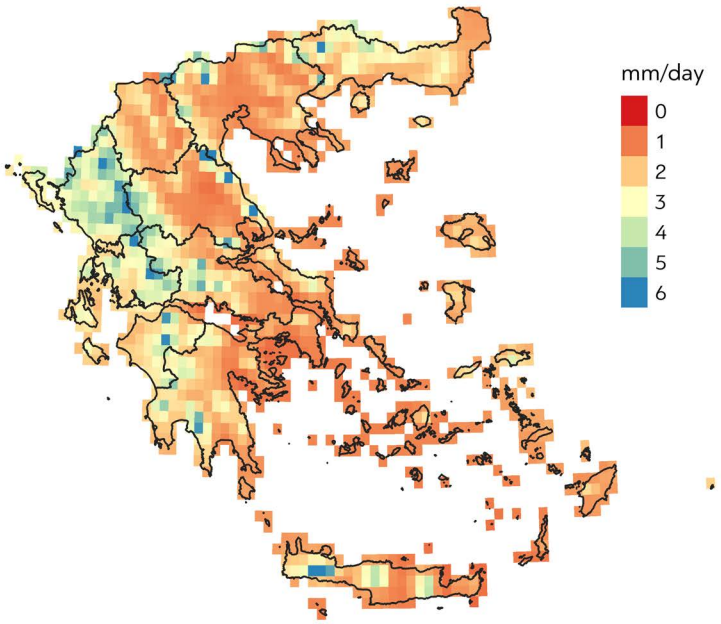
Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας των καλοκαιρινών μηνών (°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

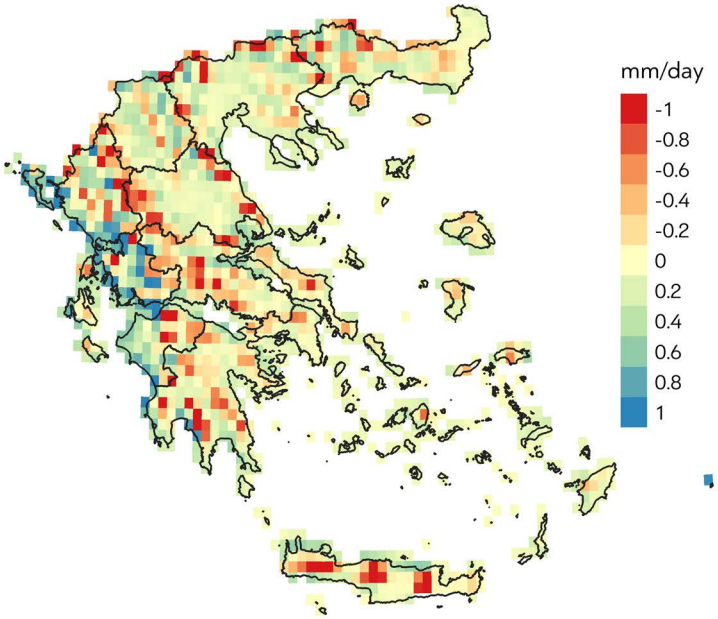
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Βροχοπτώσεις

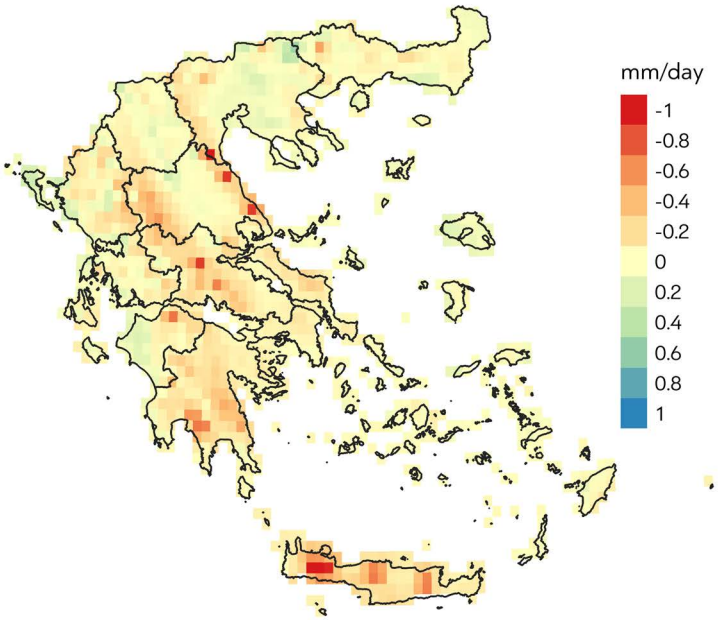
Οι βροχοπτώσεις εξαρτώνται άμεσα από το ανάγλυφο και την τοπογραφία της κάθε περιοχής. Οι μεταβολές της βροχόπτωσης σε μια πρώτη ανάλυση για το σενάριο RCP 2.6 παρουσιάζουν μεικτή συμπεριφορά καθώς διαπιστώνεται αύξηση ή μείωση ανάλογα με τη γεωγραφική περιοχή, ενώ τα δυσμενέστερα σενάρια σχετίζονται κυρίως με μείωση σε όλη την επικράτεια (Σχήματα 78 και 79). Σημειώνεται ότι η μείωση των βροχοπτώσεων επιφέρει ευνοϊκότερες κλιματικές συνθήκες για τους τουρίστες ενώ είναι πιθανόν να επιμηκύνει την τουριστική περίοδο.

Σχήμα 78. Μεταβολή της ετήσιας βροχόπτωσης για την περίοδο 2026-2045 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς (1971-2000) για τα τρία σενάρια εκπομπών

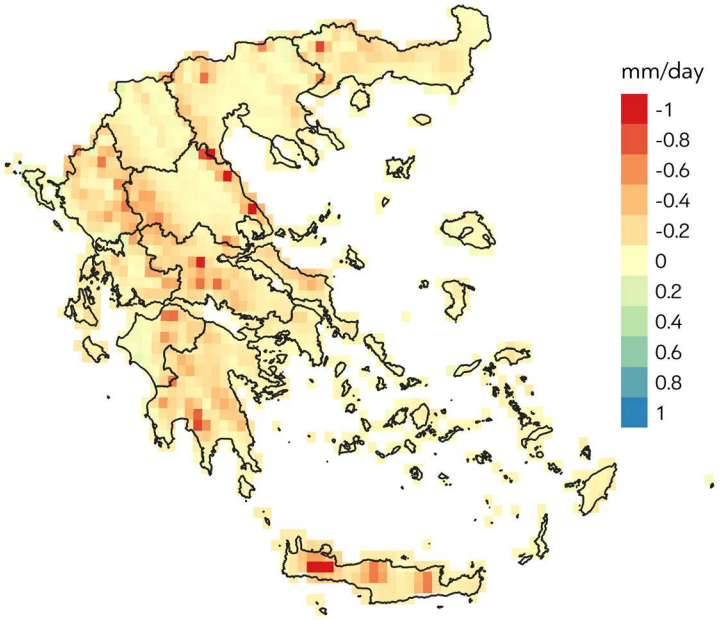




Μεταβολή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης (mm/day)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



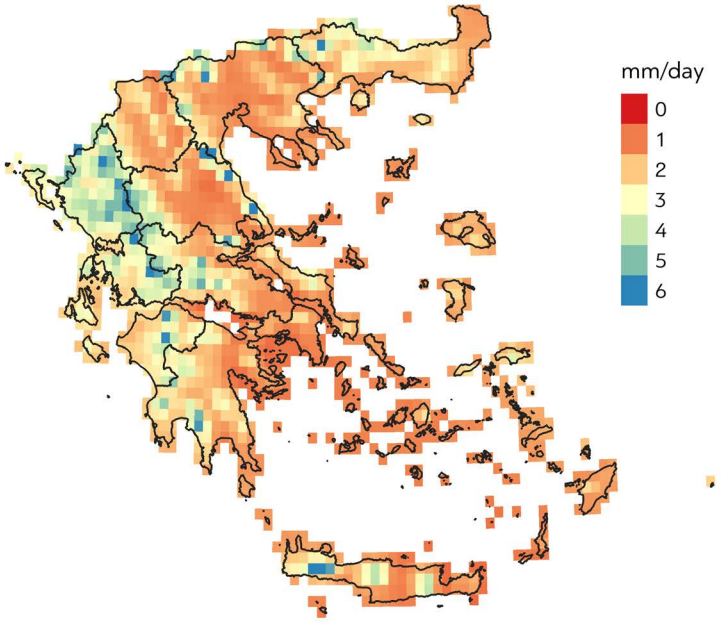
Μεταβολή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης (mm/day)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



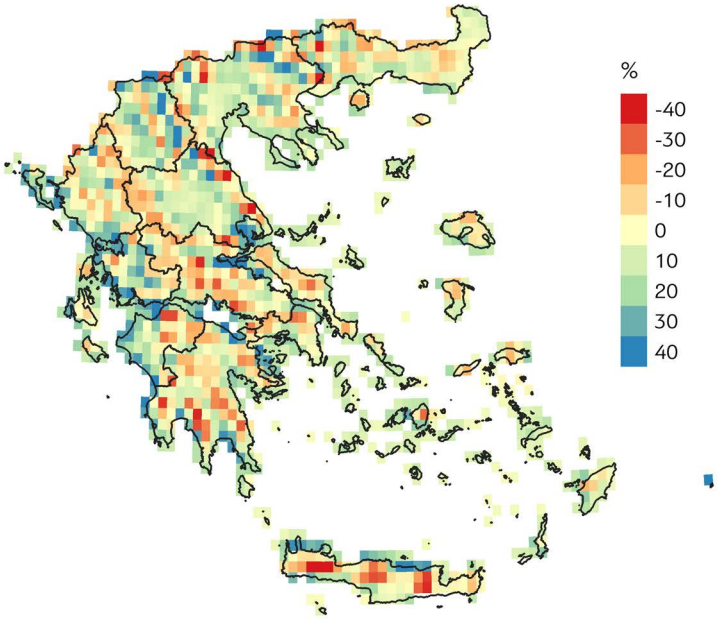
Μεταβολή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης (mm/day)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

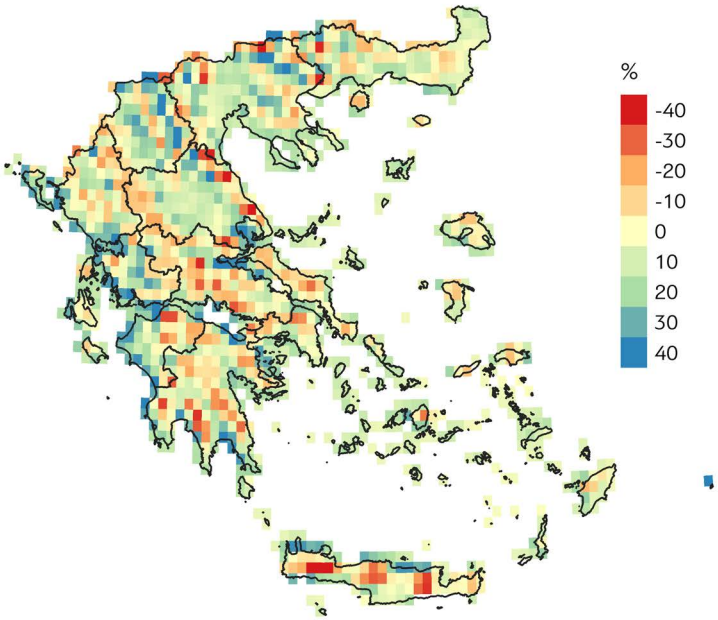
Σχήμα 79. Ποσοστιαία μεταβολή της ετήσιας βροχόπτωσης για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000



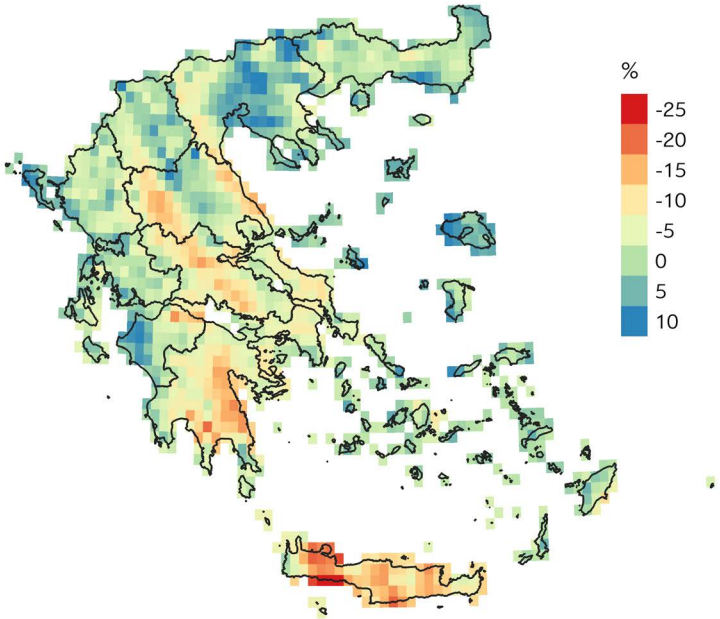
Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm/day)
Περίοδος: 1971-2000



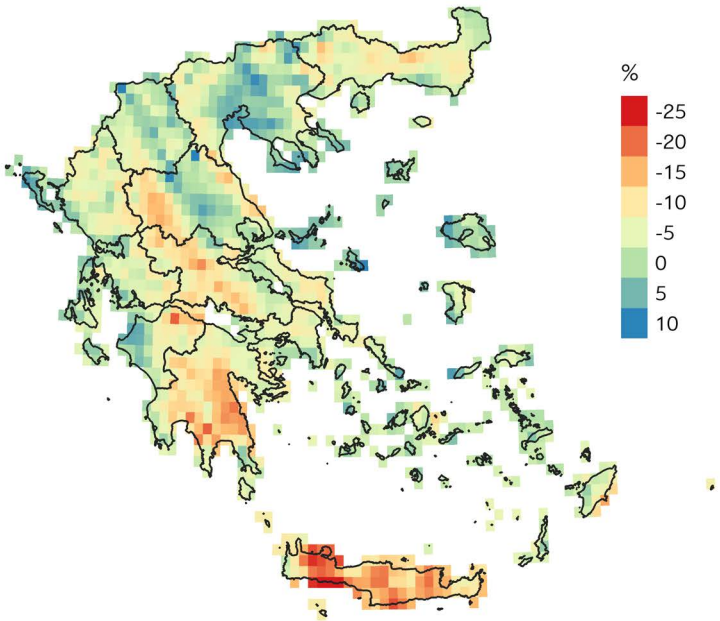
Ποσοστιαία μεταβολή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



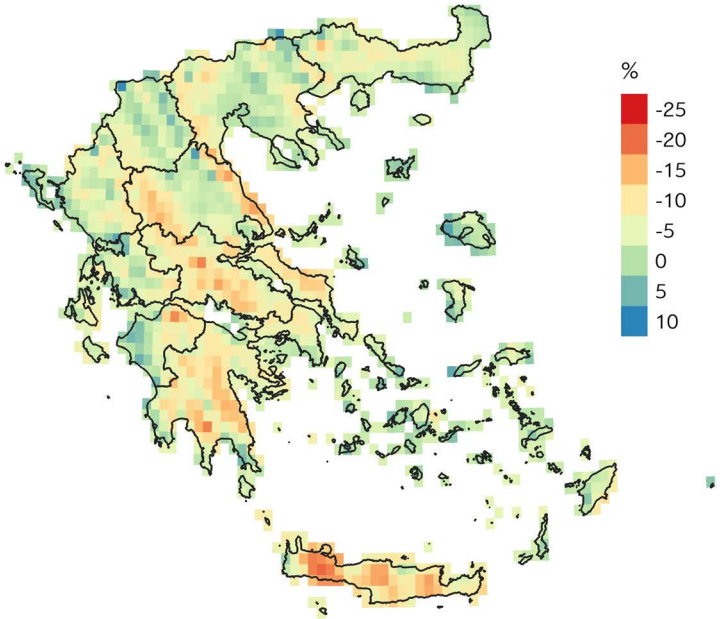
Ποσοστιαία μεταβολή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



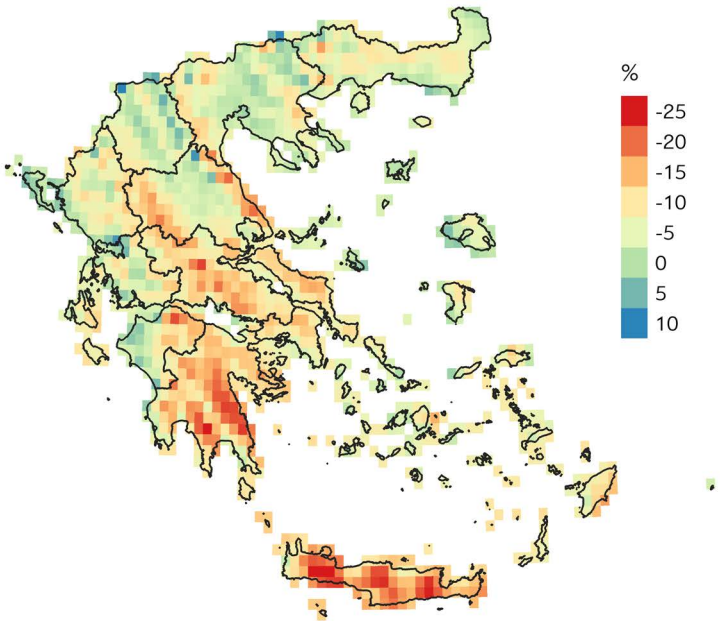
Ποσοστιαία μεταβολή της ετήσιας βροχόπτωσης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Ποσοστιαία μεταβολή της ετήσιας βροχόπτωσης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Ποσοστιαία μεταβολή της ετήσιας βροχόπτωσης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



Ποσοστιαία μεταβολή της ετήσιας βροχόπτωσης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

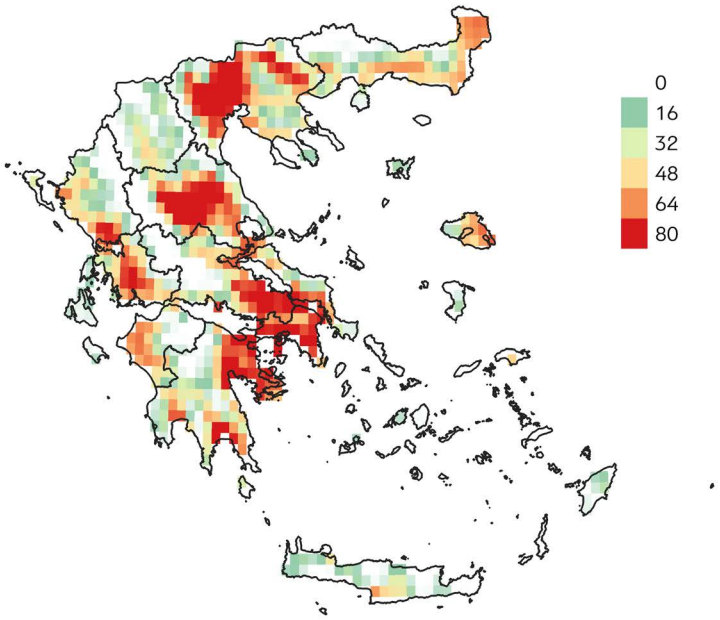
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

4.4 Ακραίες κλιματικές συνθήκες

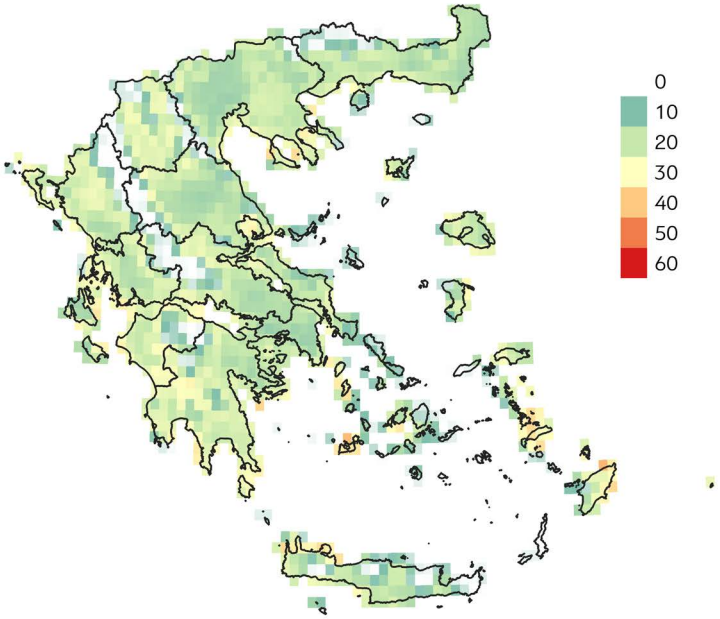
Μεταβολή του αριθμού των θερμών ημερών (Tmax > 30 °C)

Η μεταβολή του αριθμού των θερμών ημερών επηρεάζει άμεσα τον θερινό τουρισμό και σε μεγάλη συγκέντρωση αποτελούν σημαντικό φαινόμενο. Ωστόσο, τα επιλεγόμενα σενάρια δεν επιφέρουν τόσο δυσοίωνα αποτελέσματα για το σύνολο της επικράτειας. Οι περιοχές που φαίνεται να επηρεάζονται περισσότερο είναι η Χαλκιδική, τα νησιά του Αργοσαρωνικού, η Κρήτη και μεγάλα νησιά των Δωδεκανήσων (Σχήμα 80).

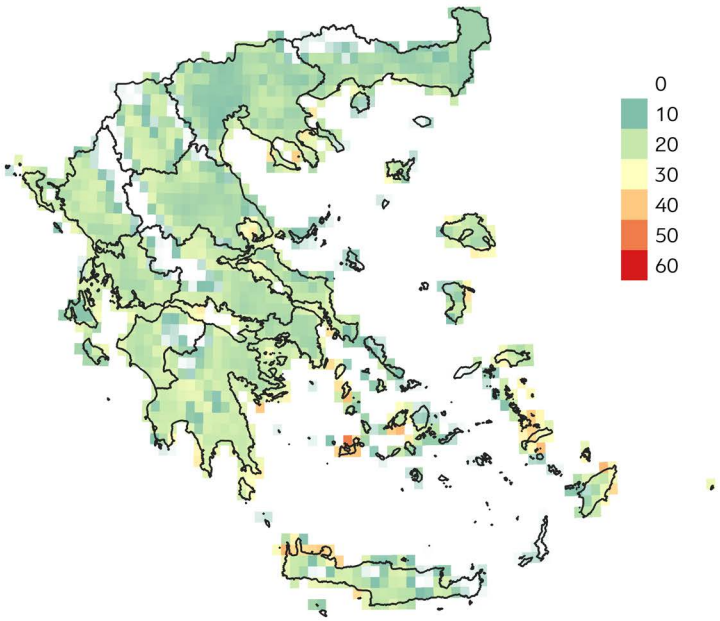
Σχήμα 80. Μεταβολή του αριθμού των θερμών ημερών για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000



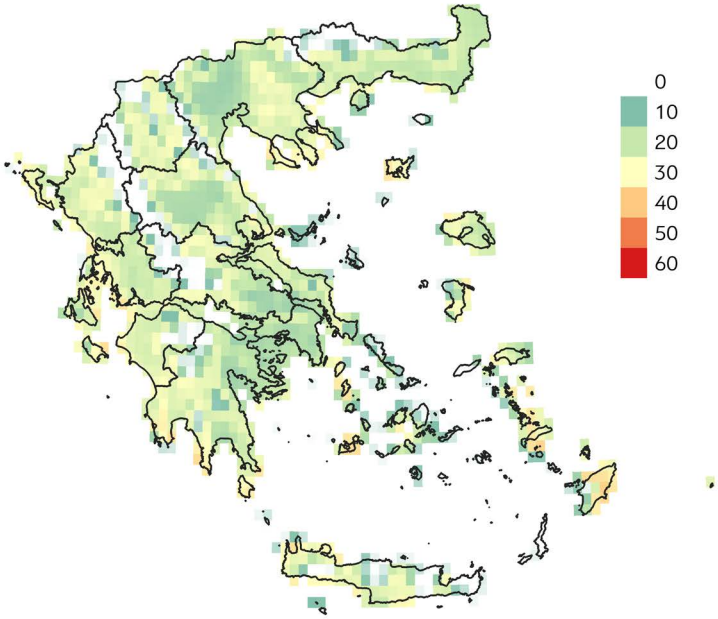
Αριθμός θερμών ημερών (Tmax>30°C)
Περίοδος: 1971-2000



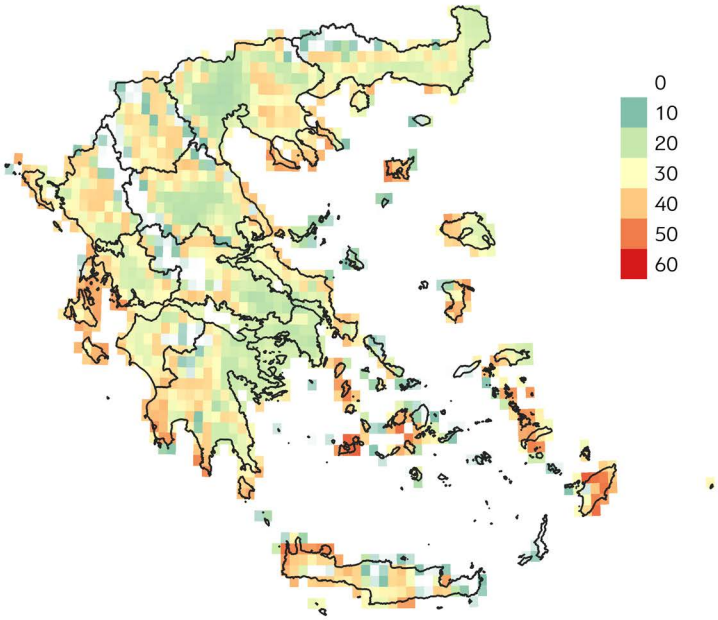
Μεταβολή του αριθμού των θερμών ημερών (Tmax>30°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



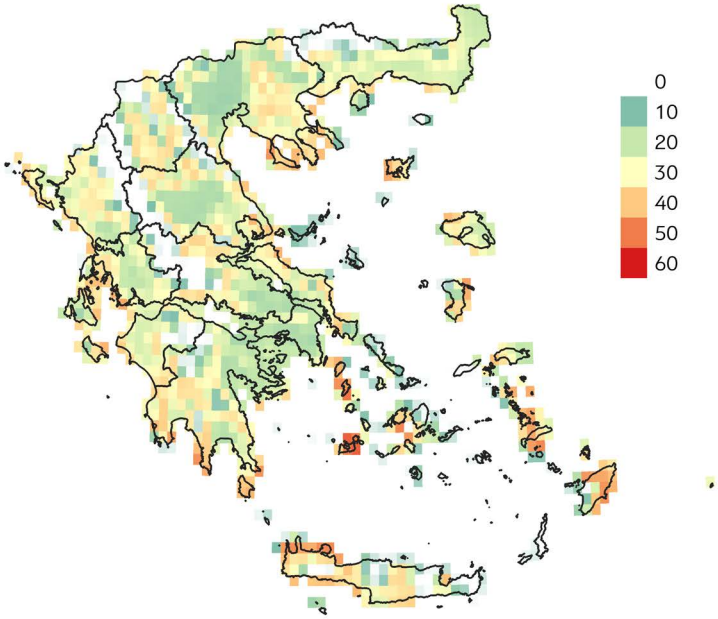
Μεταβολή του αριθμού των θερμών ημερών (Tmax>30°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



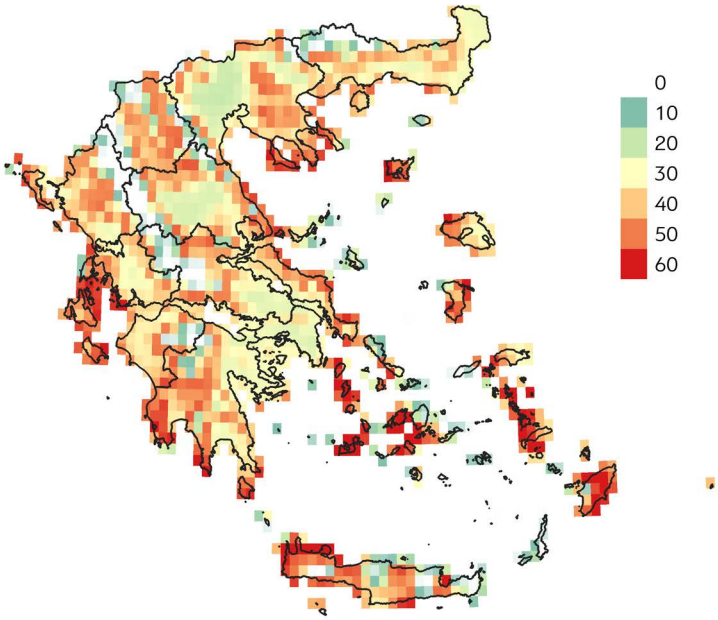
Μεταβολή του αριθμού των θερμών ημερών (Tmax>30°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των θερμών ημερών (Tmax>30°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των θερμών ημερών (Tmax>30°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



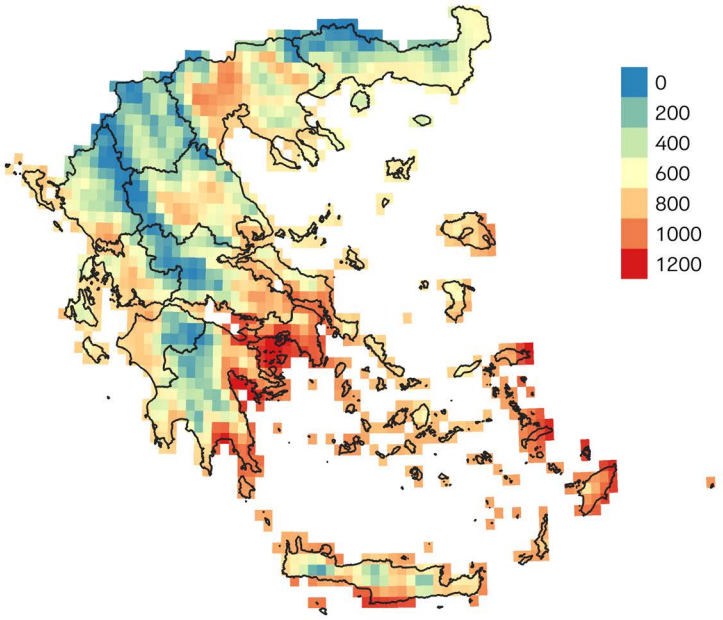
Μεταβολή του αριθμού των θερμών ημερών (Tmax>30°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

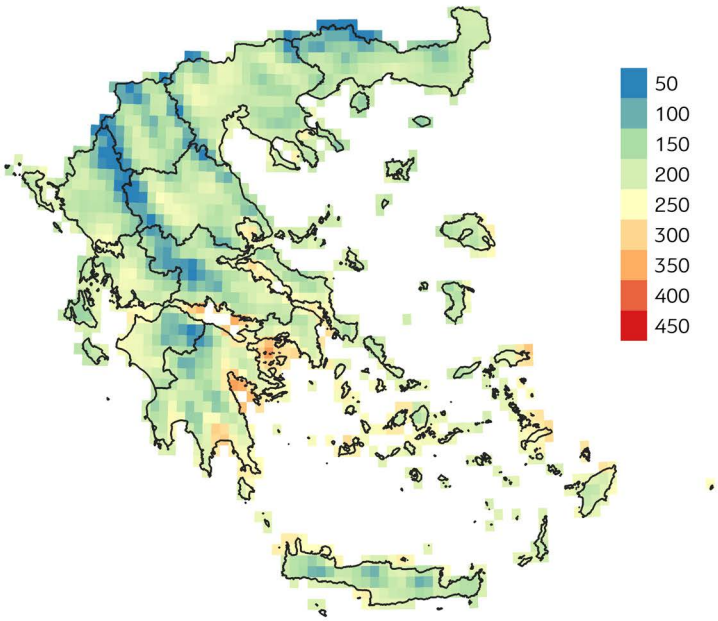
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης

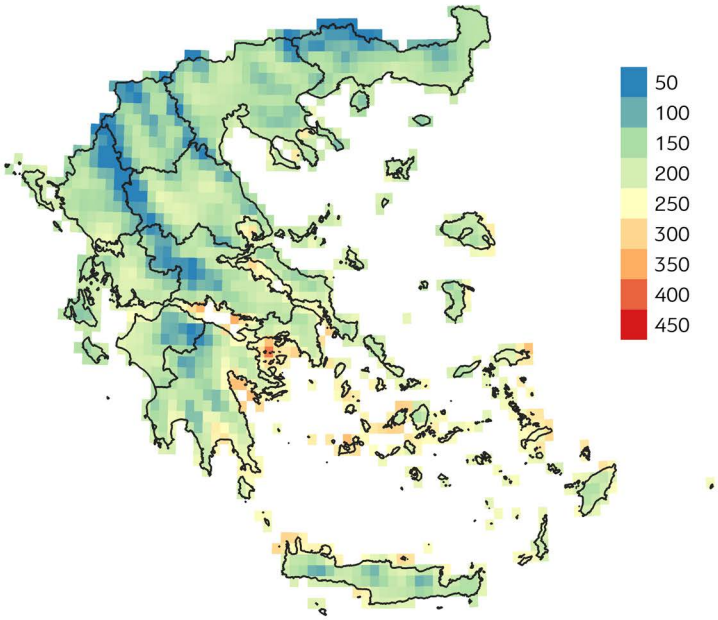
Οι βαθμοημέρες ψύξης είναι ένας δείκτης ο οποίος μετρά πόσους βαθμούς και για πόσες ημέρες η εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι υψηλότερη από την επιθυμητή θερμοκρασία άνεσης του ανθρώπου. Το μέτρο αυτό σχετίζεται άμεσα με την κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται για τον κλιματισμό των κτηρίων. Η κατανάλωση ενέργειας φυσικά σχετίζεται με την αλληλένδετη σχέση που διατηρεί η εύρυθμη λειτουργία του τουριστικού τομέα με την ορθή διαχείριση των ενεργειακών πόρων και κατ' επέκταση με την κλιματική αλλαγή. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικός παράγοντας για τη θερμική ισορροπία που θα εξασφαλίσει τις απαιτούμενες ικανές συνθήκες άνεσης των τουριστών τους καλοκαιρινούς μήνες. Βάσει των σεναρίων (Σχήματα 81 και 82), αρχικά τις μεγαλύτερες τιμές παρουσιάζουν τα παράλια του Κορινθιακού Κόλπου, του Νότιου Ευβοϊκού, ο Αργοσαρωνικός, και τα ανατολικά παράλια των μεγάλων νησιών των Δωδεκανήσων. Στο πιο δυσμενές σενάριο (RCP 8.5), παρατηρείται μια τάση προς αύξηση των τιμών στα ανατολικά παράλια όλης της επικράτειας, με πρωταγωνιστικό ρόλο να διαδραματίζουν και πάλι οι προαναφερόμενες περιοχές. Τα δυτικά παράλια και οι Ιόνιοι Νήσοι φαίνεται να επηρεάζονται σχεδόν το ίδιο.

Σχήμα 81. Μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000

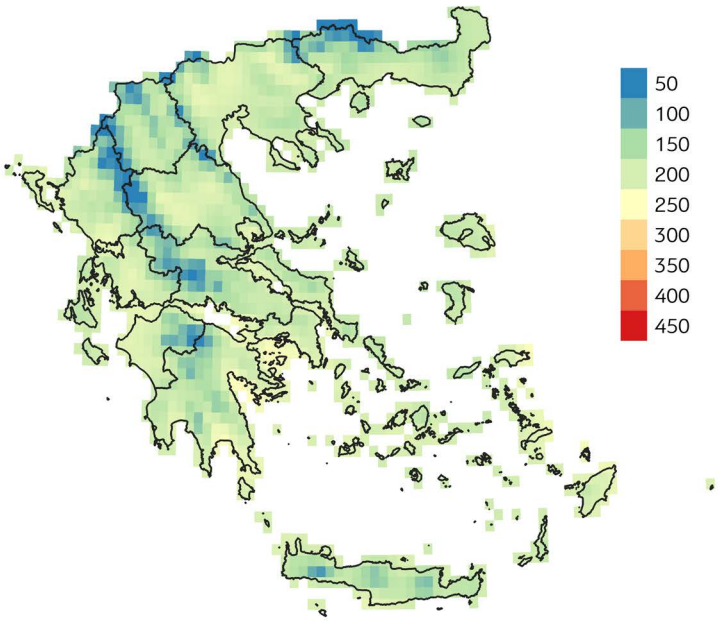




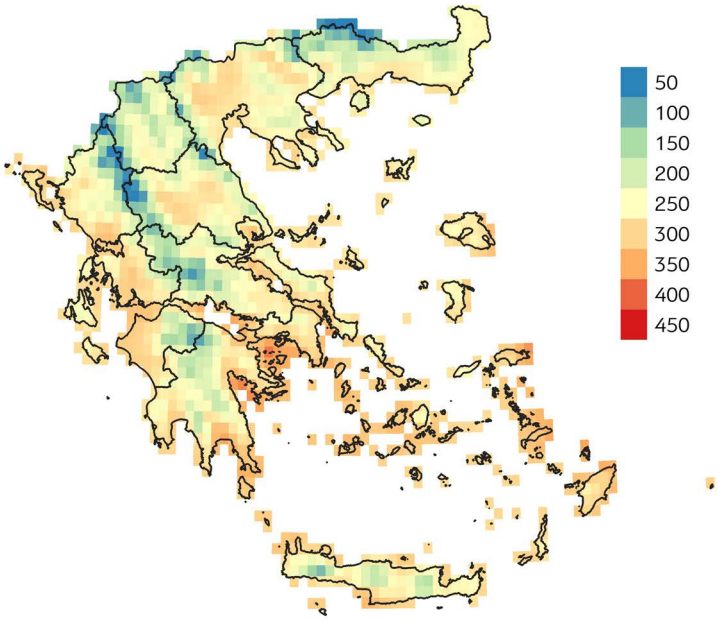
Μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



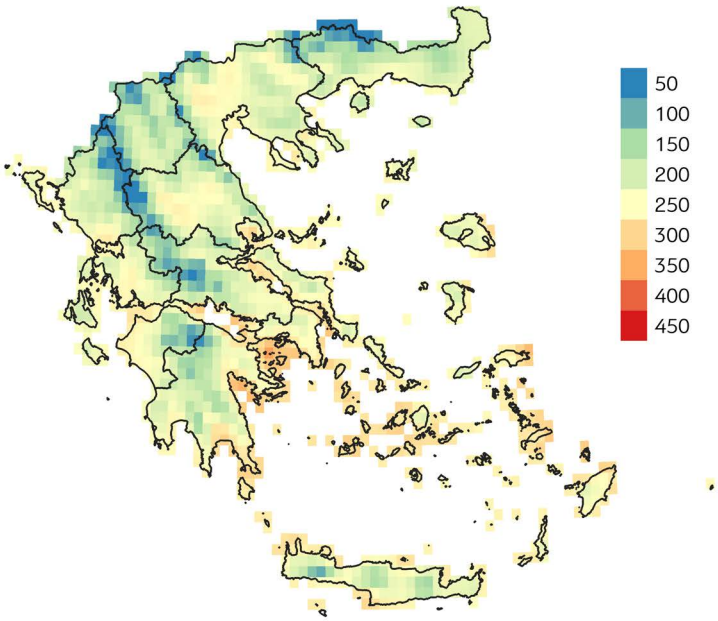
Μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



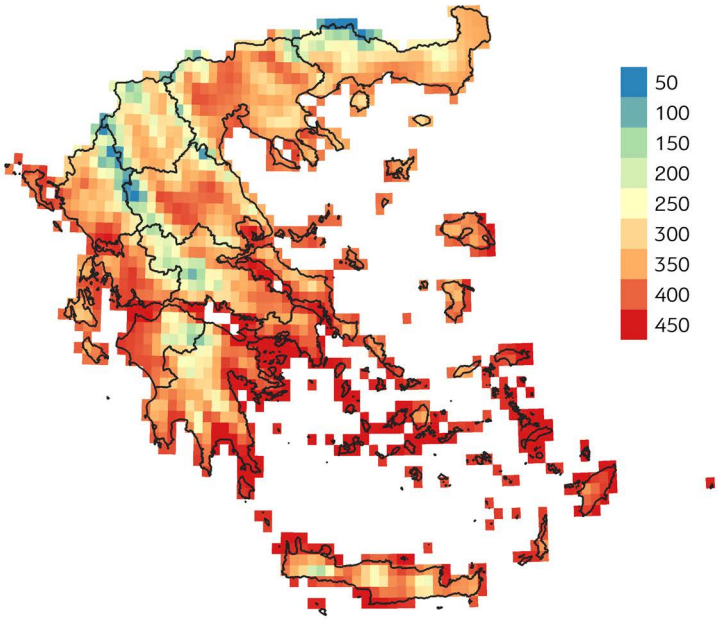
Μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



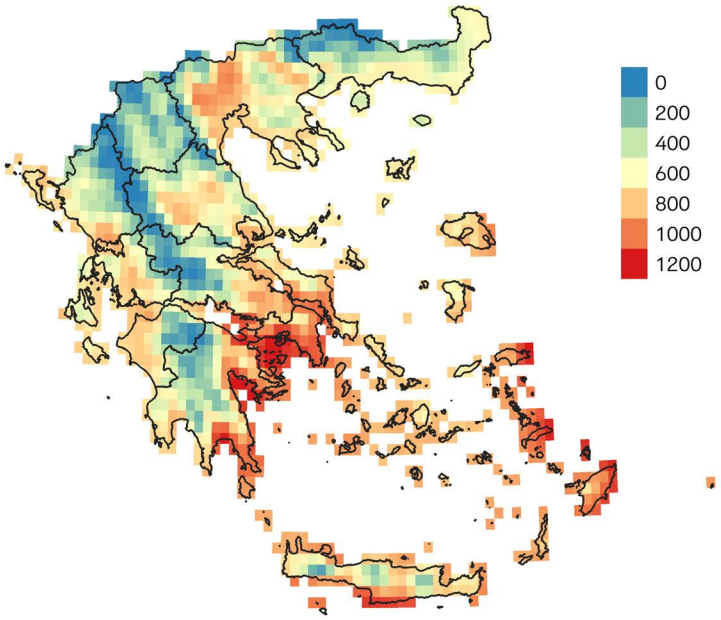
Μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



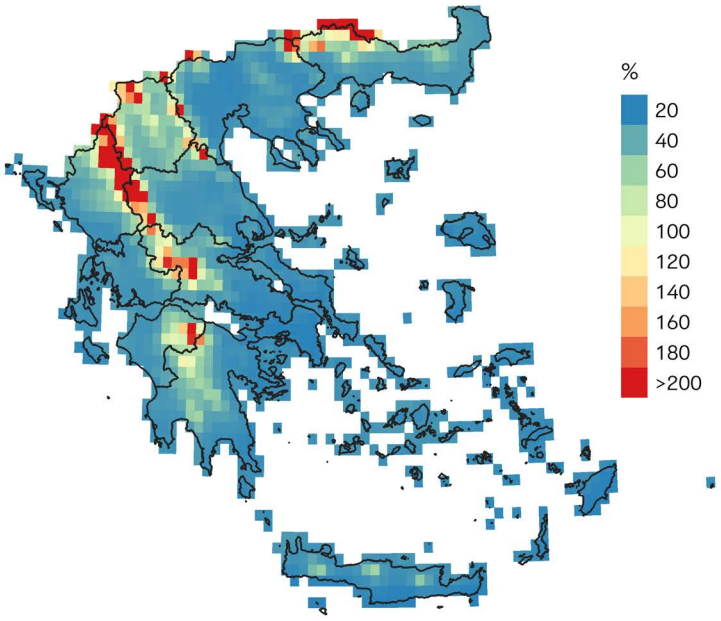
Μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

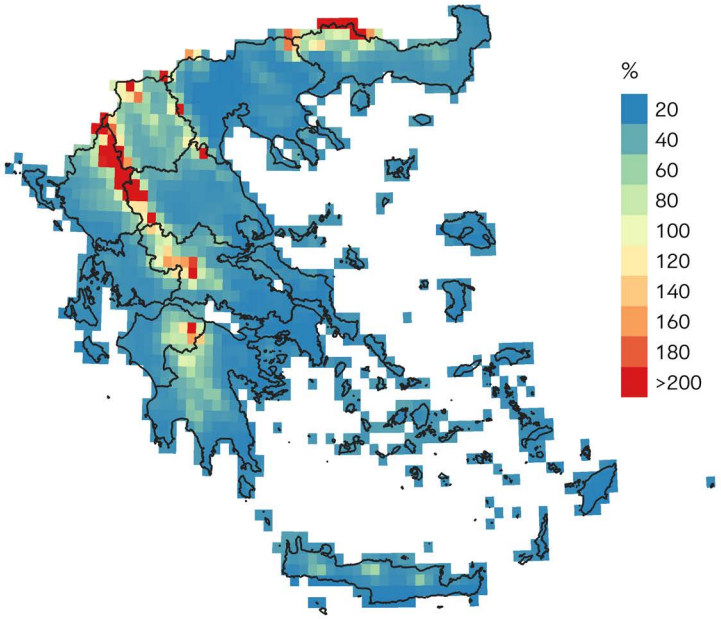
Σχήμα 82. Ποσοστιαία μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000



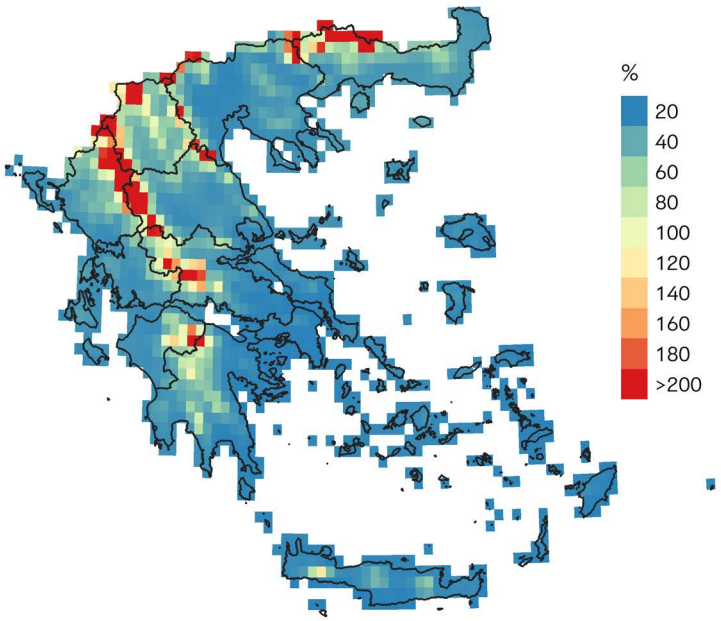
Βαθμοημερες ψύξης
Περίοδος: 1971-2000



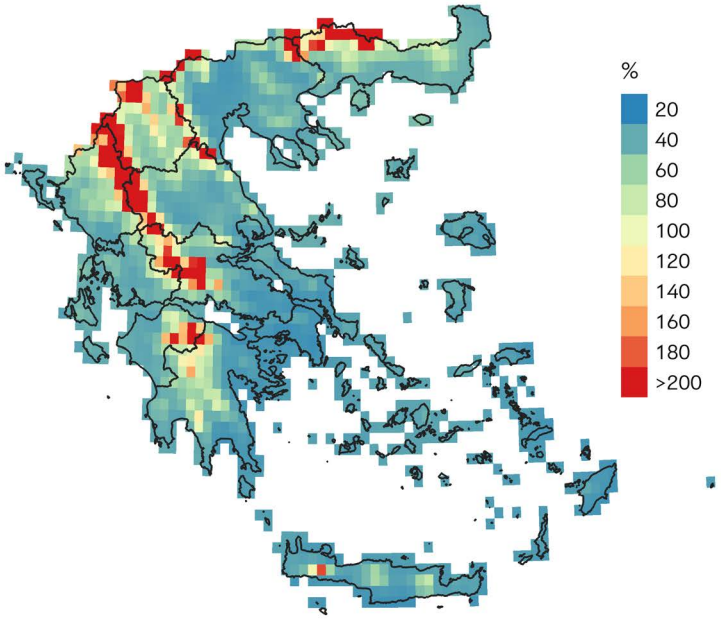
Ποσοστιαία μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



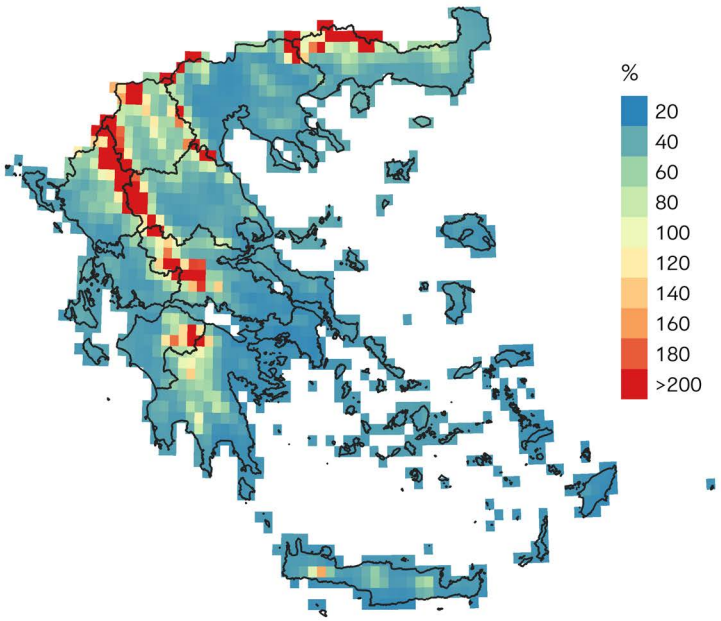
Ποσοστιαία μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



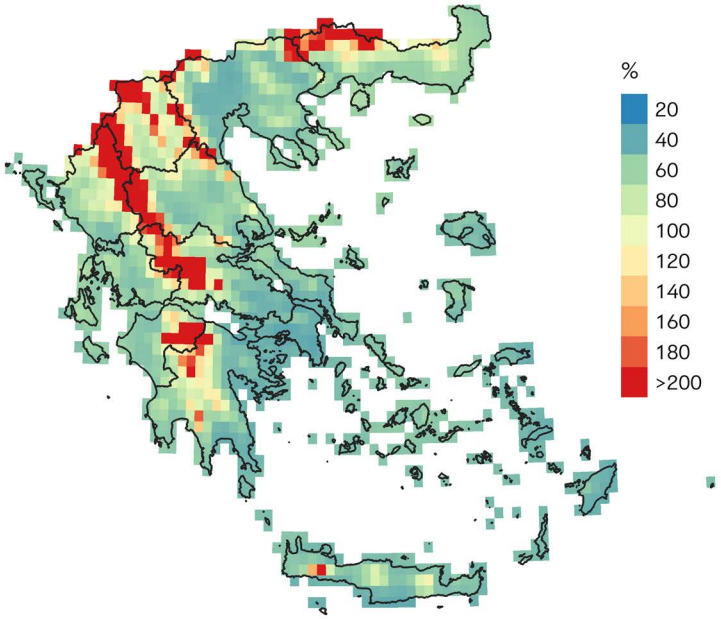
Ποσοστιαία μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Ποσοστιαία μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Ποσοστιαία μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



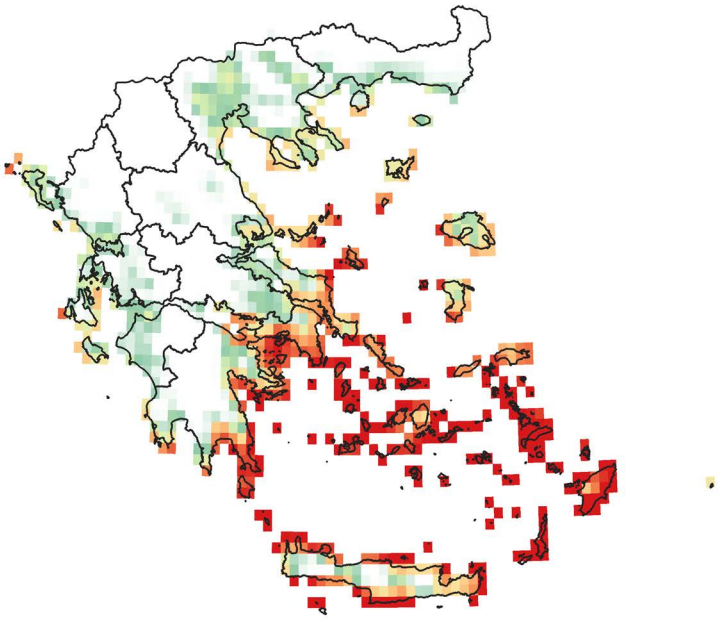
Ποσοστιαία μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

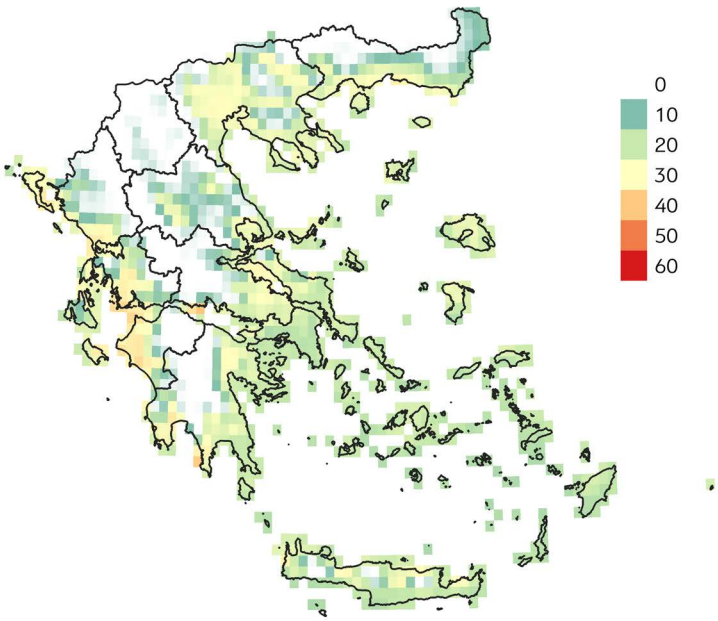
Μεταβολή του αριθμού των τροπικών νυχτών

Ο δείκτης του αριθμού των τροπικών νυχτών μετρά τις νύχτες όπου η ελάχιστη θερμοκρασία του αέρα είναι πάνω από 20 βαθμούς Κελσίου. Ως εκ τούτου, αποτελεί παράγοντα άμεσα συνδεδεμένο και εξαρτώμενο από τον δείκτη των θερμών ημερών. Οι τροπικές νύχτες σχετίζονται επίσης με τη δυσφορία και τη θερμική ισορροπία των ανθρώπων, κυρίως κατά τη διάρκεια του ύπνου. Σε πρώτη ανάλυση επηρεάζονται άμεσα τα δυτικά παράλια της χώρας, τα Ιόνια Νησιά, η Δυτική κυρίως Πελοπόννησος και η Κεντρική Μακεδονία. Στο δυσμενέστερο σενάριο, εκτός από αυτές τις περιοχές όπου το φαινόμενο εντείνεται, προστίθενται και μέρος της Κρήτης, τα παράλια της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, όπως και τα παράλια του Νότιου Ευβοϊκού μέχρι την ενδοχώρα της Εύβοιας και της Ανατολικής Στερεάς και ένα τμήμα της Ανατολικής Πελοποννήσου (Σχήμα 83).

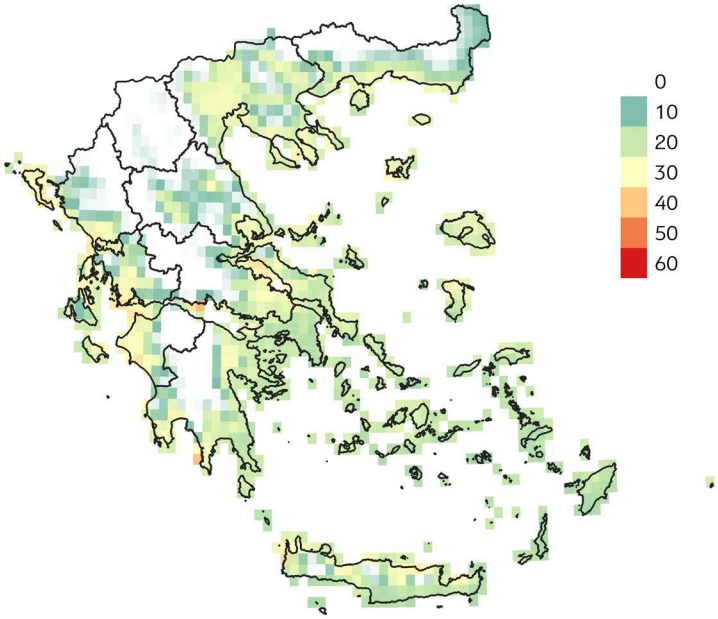
Σχήμα 83. Μεταβολή του αριθμού των τροπικών νυχτών για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000



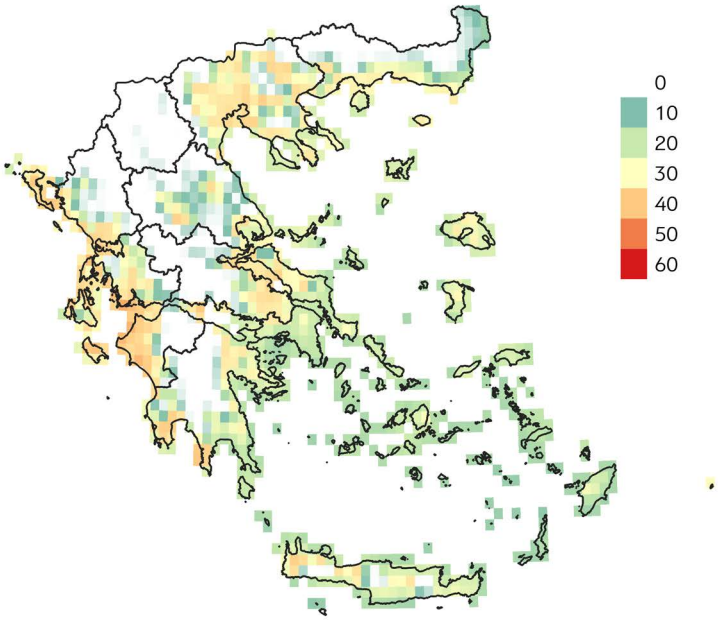
Αριθμός τροπικών νυχτών (Tmin>20°C)
Περίοδος: 1971-2000



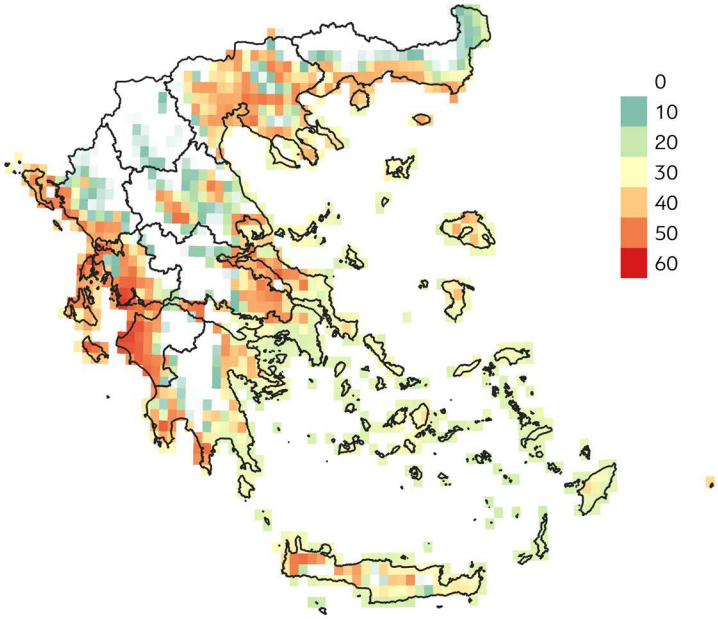
Μεταβολή του αριθμού των τροπικών νυχτών (Tmin>20°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



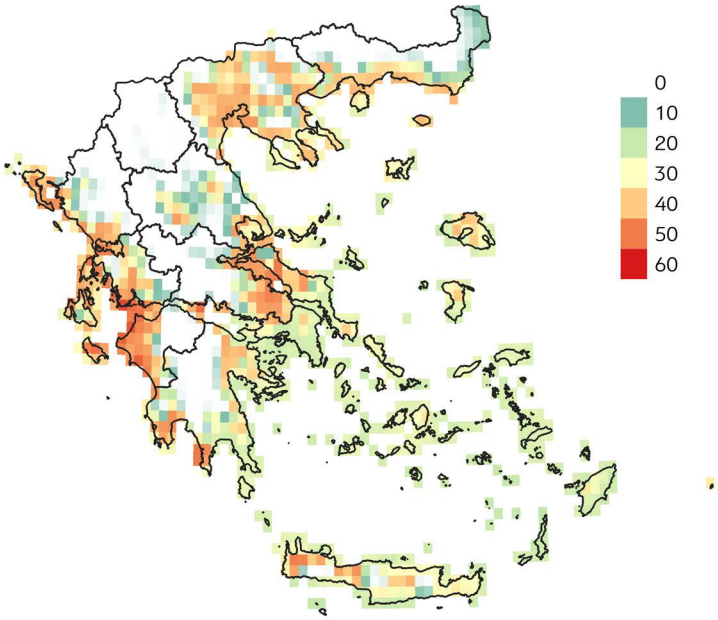
Μεταβολή του αριθμού των τροπικών νυχτών (Tmin>20°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



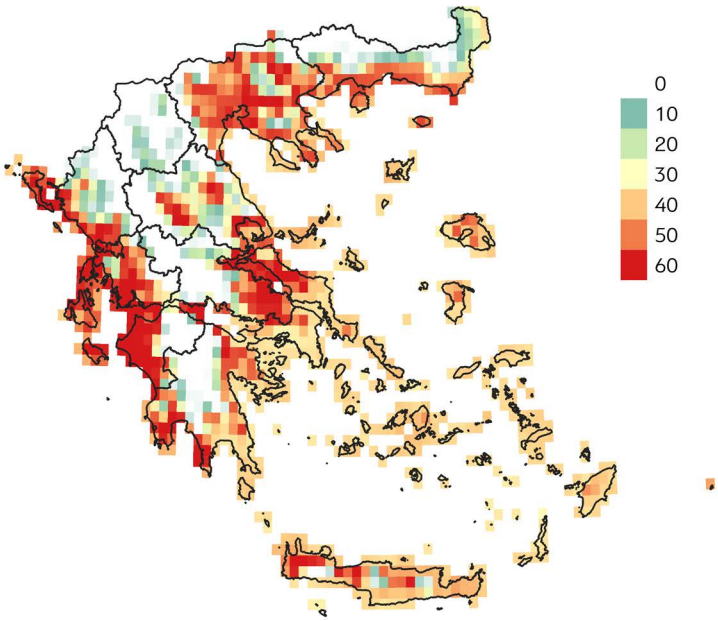
Μεταβολή του αριθμού των τροπικών νυχτών (Tmin>20°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των τροπικών νυχτών (Tmin>20°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των τροπικών νυχτών (Tmin>20°C)
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



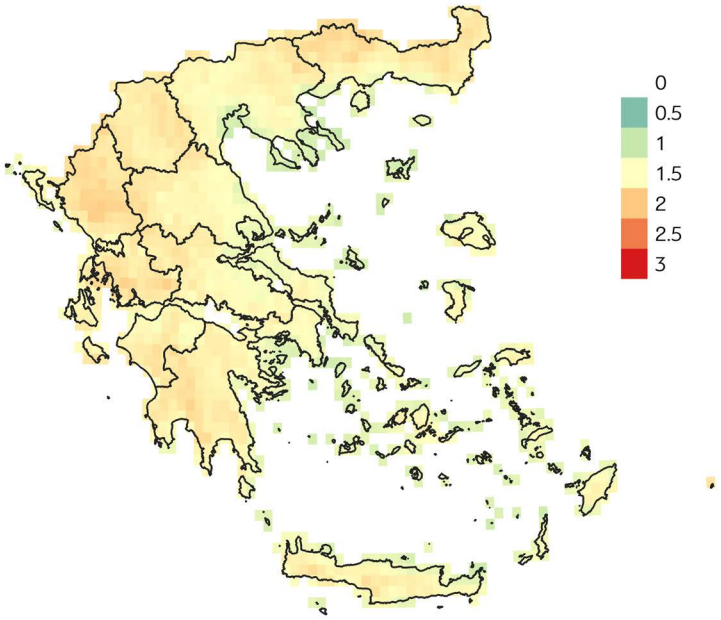
Μεταβολή του αριθμού των τροπικών νυχτών (Tmin>20°C)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

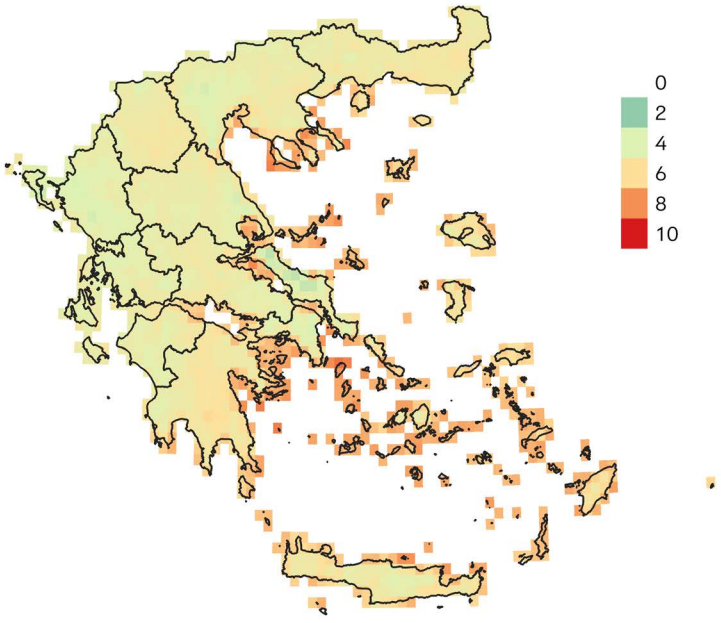
Μεταβολή του αριθμού καυσωνικών επεισοδίων

Τα καυσωνικά επεισόδια χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλές θερμοκρασίες, απουσία ανέμων και διαρκούν τουλάχιστον τρεις συνεχόμενες ημέρες. Κατά τη διάρκεια των επεισοδίων χαρακτηριστική είναι η δυσφορία κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας και η δυσκολία στην πραγματοποίηση πολύωρων δραστηριοτήτων σε εξωτερικό περιβάλλον. Βάσει των παραπάνω και συνδυαστικά με όλους τους παραπάνω δείκτες που σχετίζονται με τη θερμοκρασία και τη δυσφορία προκύπτει η σπουδαιότητα εξέτασης του δείκτη και η σχέση του με τον τουρισμό. Ο αντίκτυπος στον χώρο ξεκινά με τα καυσωνικά επεισόδια να εκδηλώνονται κυρίως σε παραλιακές περιοχές όσον αφορά το σενάριο 2.6 και να εξαπλώνονται σχεδόν σε όλη την επικράτεια σταδιακά για το σενάριο 4.5 και 8.5. Σημειώνεται ότι βάσει του δυσμενέστερου σεναρίου, δεν εντοπίζεται περιοχή η οποία να μην ανήκει στην υψηλότερη κλάση της κλίμακας μέτρησης του δείκτη (Σχήμα 84).

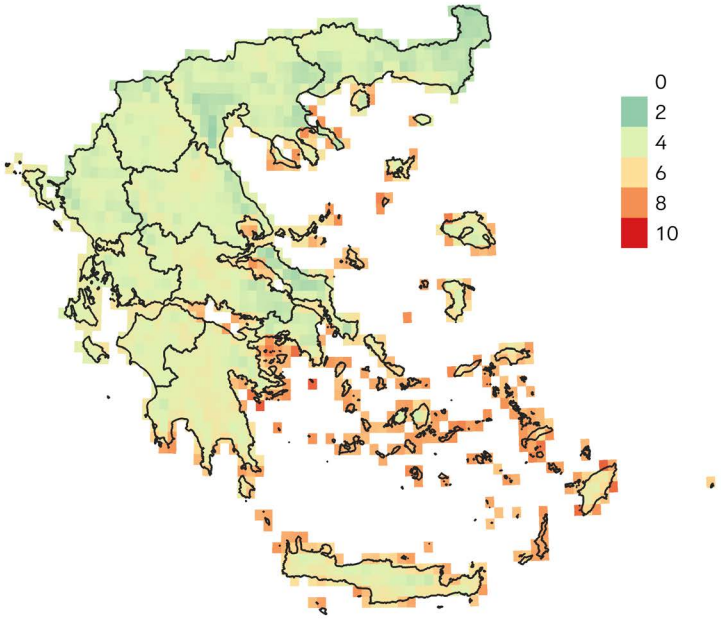
Σχήμα 84. Μεταβολή του αριθμού των καυσωνικών επεισοδίων για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000



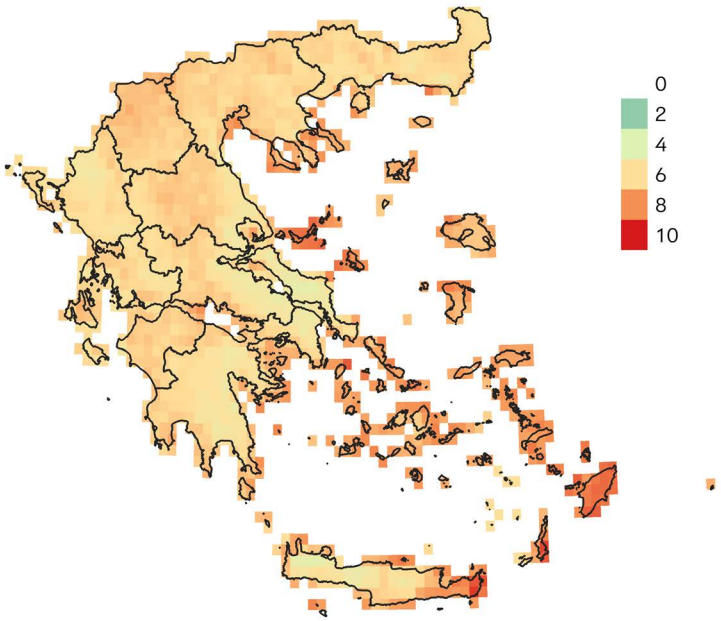
Μέσος αριθμός θερμών επεισοδίων
Περίοδος: 1971-2000



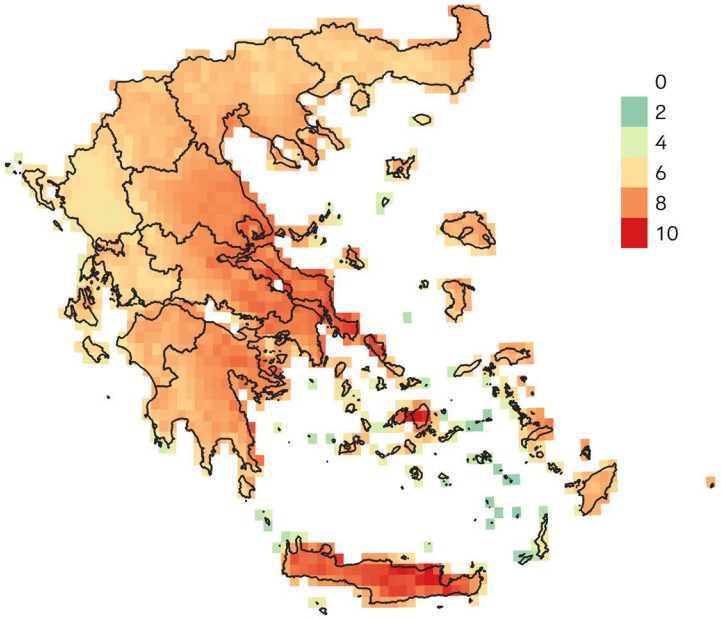
Μεταβολή του αριθμού των θερμών επεισοδίων
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



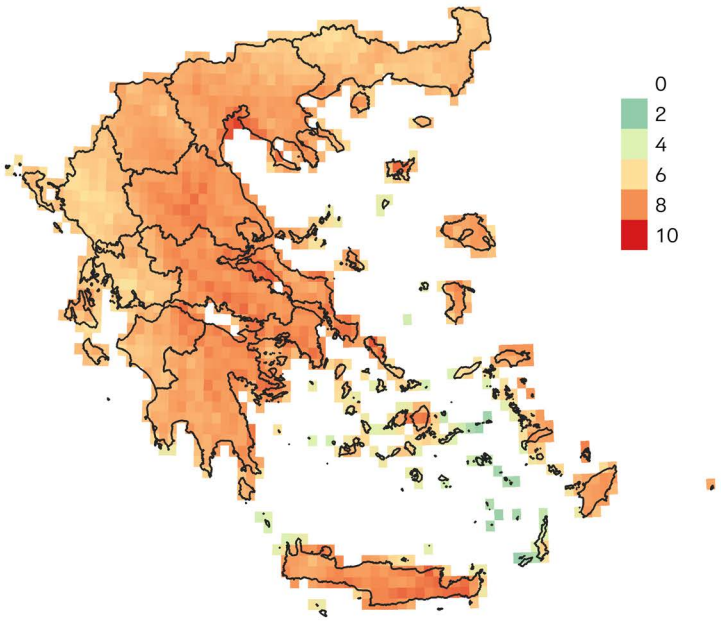
Μεταβολή του αριθμού των θερμών επεισοδίων
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



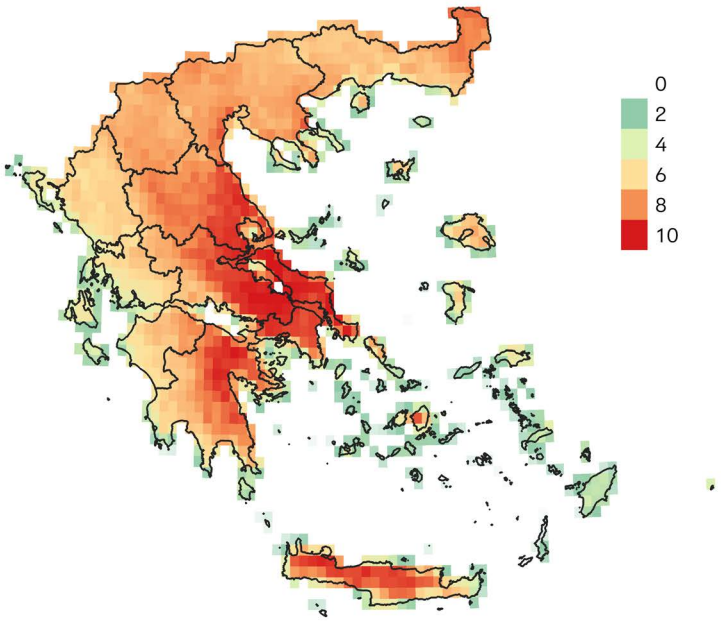
Μεταβολή του αριθμού των θερμών επεισοδίων
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των θερμών επεισοδίων
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των θερμών επεισοδίων
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



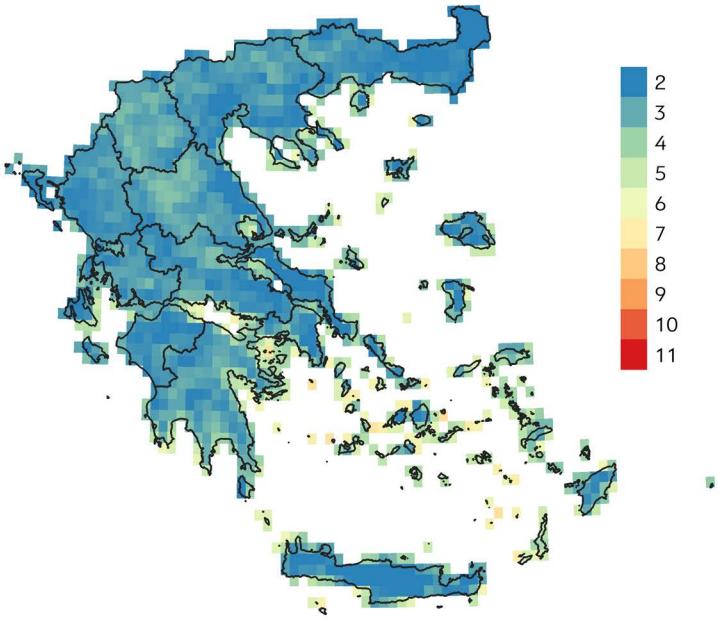
Μεταβολή του αριθμού των θερμών επεισοδίων
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

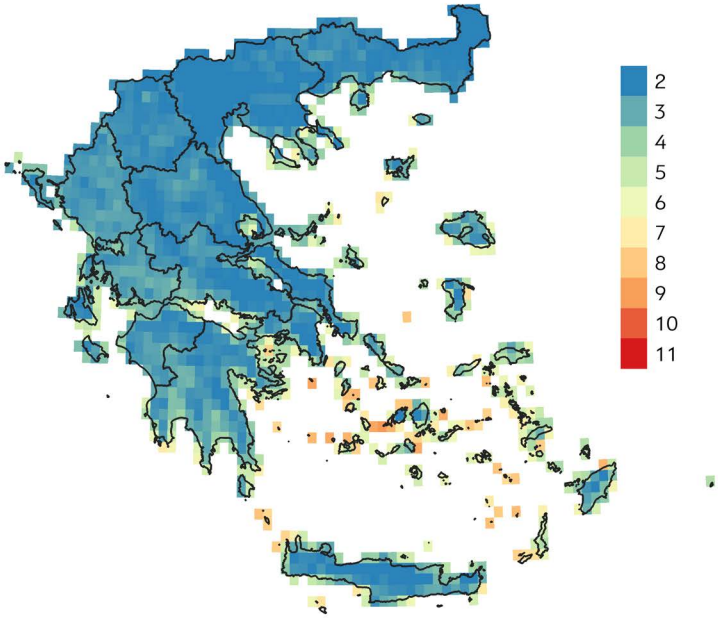
Μεταβολή του αριθμού γεγονότων με τρεις συνεχόμενες θερμές ημέρες και νύχτες

Η μεταβολή του αριθμού γεγονότων με τρεις συνεχόμενες ημέρες και νύχτες, προσομοιάζει με τα καυσωνικά επεισόδια χωρίς να ταυτίζεται. Τέτοια επεισόδια παρατηρούνται σε όλα τα παραλιακά μέτωπα και τα νησιωτικά συμπλέγματα της επικράτειας, ιδιαίτερα στο δυσμενέστερο σενάριο (Σχήμα 85). Παρατηρείται σταδιακή αύξηση των τιμών του δείκτη ανά σενάριο και λεπτομερής περιγραφή θα ακολουθήσει παρακάτω.

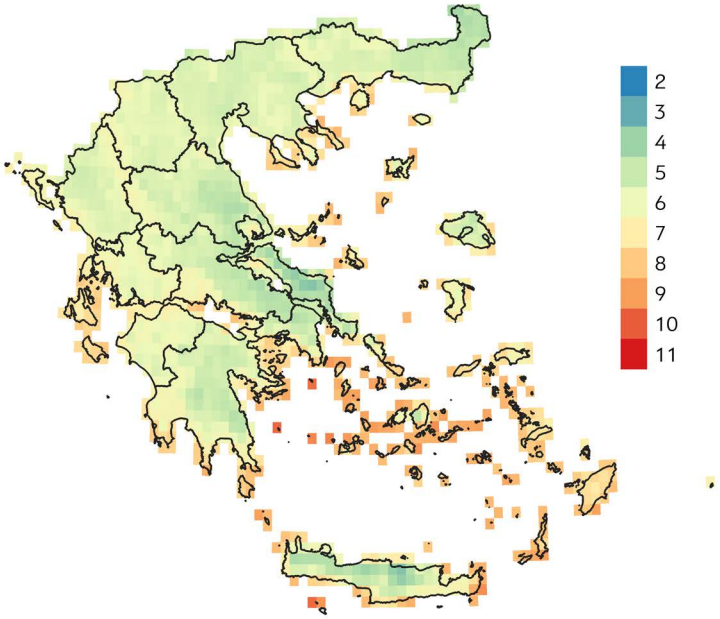
Σχήμα 85. Μεταβολή του αριθμού των γεγονότων με τρεις συνεχόμενες θερμές ημέρες και νύχτες για τα τρία σενάρια συγκεντρώσεων μεταξύ των περιόδων 2026-2045, 2046-2065 και της περιόδου αναφοράς 1971-2000



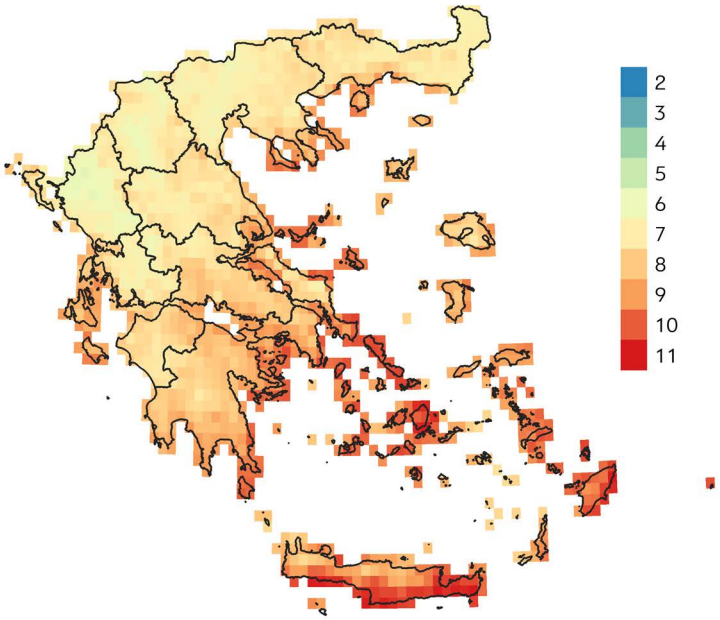
Μεταβολή του αριθμού των γεγονότων με τρεις συνεχόμενες θερμές μέρες και νύχτες
Περίοδος: 2026-2045 σε σχεση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



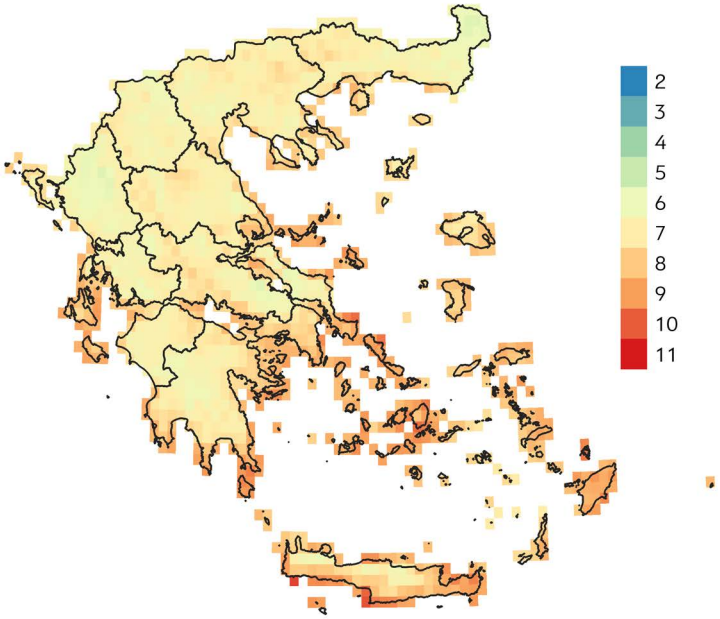
Μεταβολή του αριθμού των γεγονότων με τρεις συνεχόμενες θερμές μέρες και νύχτες
Περίοδος: 2046-2065 σε σχεση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



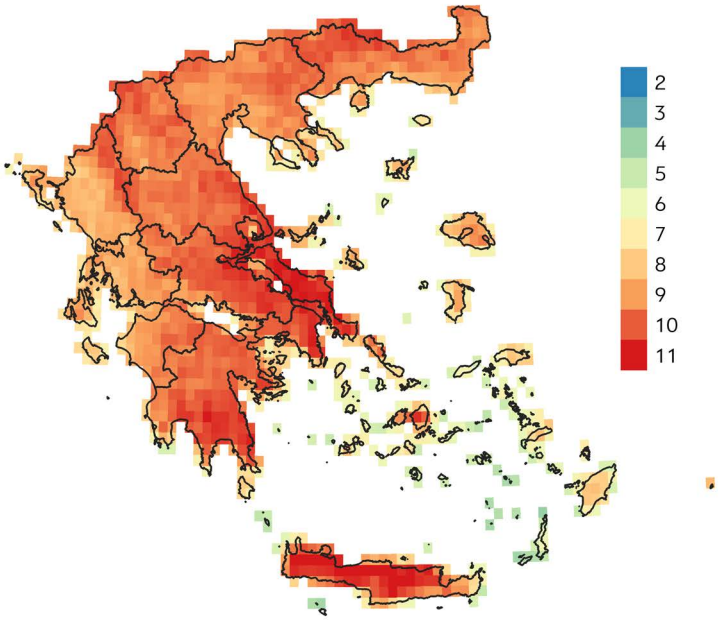
Μεταβολή του αριθμού των γεγονότων με τρεις συνεχόμενες θερμές μέρες και νύχτες
Περίοδος: 2026-2045 σε σχεση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των γεγονότων με τρεις συνεχόμενες θερμές μέρες και νύχτες
Περίοδος: 2046-2065 σε σχεση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή του αριθμού των γεγονότων με τρεις συνεχόμενες θερμές μέρες και νύχτες
Περίοδος: 2026-2045 σε σχεση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5



Μεταβολή του αριθμού των γεγονότων με τρεις συνεχόμενες θερμές μέρες και νύχτες
Περίοδος: 2046-2065 σε σχεση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Στο επόμενο υποκεφάλαιο εξετάζονται ειδικότερα οι παραπάνω επιπτώσεις στις παράκτιες τουριστικές περιοχές που προσφέρουν και το βασικό τουριστικό προϊόν (ήλιος-θάλασσα) της χώρας. Είναι γνωστό ότι υπάρχουν και ειδικοί προορισμοί που απευθύνονται σε ειδικά ενδιαφέροντα (π.χ. ορεινός, φυσιολατρικός, χειμερινός τουρισμός, κ.ά.), κυρίως σχετιζόμενοι με τον εσωτερικό τουρισμό, που επίσης επηρεάζονται από την κλιματική αλλαγή ως προς τις συνθήκες άνεσης, τα στοιχεία (θέλγητρα) που προσελκύουν τους επισκέπτες, την τουριστική περίοδο, τους κινδύνους κλπ. Για τους χειμερινούς προορισμούς έχει γίνει ειδικότερη αναφορά στη μελέτη της διαΝΕΟσις «Οι Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στην Ανάπτυξη» (2017).[7]

7 dianeosis.org/wp-content/uploads/2017/06/climate_change10.pdf.

4.5 Εξεταζόμενες παράκτιες τουριστικές περιοχές

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης επιχειρείται η αναλυτικότερη εξέταση των επιπτώσεων σε παράκτιες τουριστικές περιοχές. Οι παράκτιες τουριστικές περιοχές διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι περιοχές που είναι ιδιαίτερα αναπτυγμένες τουριστικά (δηλαδή αποτελούν κύριους τουριστικούς προορισμούς), η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τις αναπτυγμένες περιοχές και η τρίτη τις αναπτυσσόμενες (Πίνακας 10), σύμφωνα με το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τον Τουρισμό, ενώ η γεωγραφική τους θέση αποτυπώνεται στα Σχήματα 86-88. Η κατηγοριοποίηση αυτή των περιοχών αναφέρεται στην προτεραιότητα που διαπιστώνεται ως προς την ανάγκη παρέμβασης (αρχές, κανόνες, προτεραιότητες, ρυθμίσεις) μέσω χωρικού σχεδιασμού. Σημειώνεται ότι η μελέτη των περιπτώσεων αναφέρεται σε περιοχές κατά προσέγγιση σε επίπεδο Δημοτικής Ενότητας.

Πίνακας 10. Κατηγοριοποίηση παράκτιων τουριστικών περιοχών σε περιοχές ελέγχου, αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες περιοχές

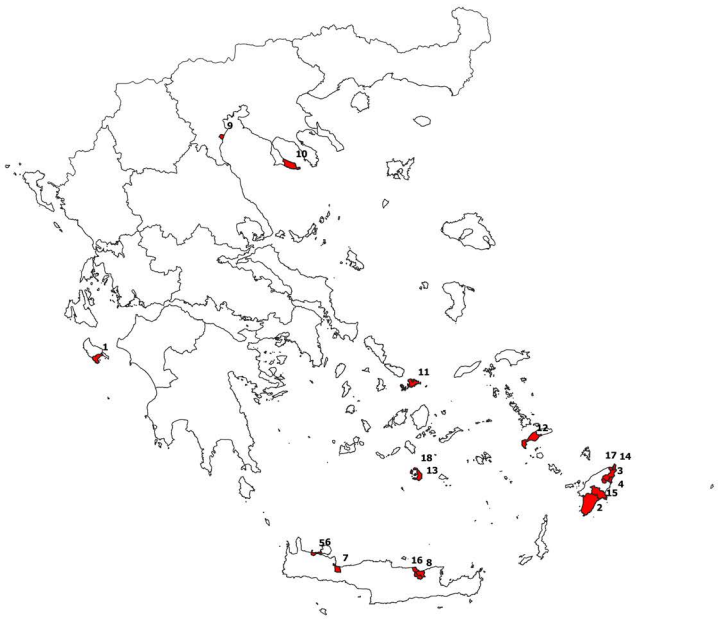
ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΟΥΡΙΣΜΟΥ			
1	Δ.Ε. ΛΑΓΑΝΑ (ΖΑΚΥΝΘΟΣ)	10	Δ.Ε. ΠΑΛΛΗΝΗΣ (ΧΑΛΚΙΔΙΚΗ)
2	Δ.Ε. Ν. ΡΟΔΟΥ	11	Δ.Ε. ΜΥΚΟΝΟΥ
3	Δ.Ε. ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ (ΡΟΔΟΣ)	12	Δ.Ε. ΗΡΑΚΛΕΙΔΩΝ (ΚΩΣ)
4	Δ.Ε. ΑΦΑΝΤΟΥ (ΡΟΔΟΣ)	13	Δ.Ε. ΘΗΡΑΣ
5	Δ.Ε. ΚΥΔΩΝΙΑΣ (ΚΡΗΤΗ)	14	Δ.Ε. ΡΟΔΟΥ
6	Δ.Ε. ΧΑΝΙΩΝ (ΚΡΗΤΗ)	15	Δ.Ε. ΛΙΝΔΑΙΩΝ (ΡΟΔΟΣ)
7	Δ.Ε. ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΕΩΣ (ΚΡΗΤΗ)	16	Δ.Ε. ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ (ΚΡΗΤΗ)
8	Δ.Ε. ΜΑΛΛΙΩΝ (ΚΡΗΤΗ)	17	Δ.Ε. ΙΑΛΥΣΟΥ
9	Δ.Ε. ΠΑΡΑΛΙΑΣ (ΠΙΕΡΙΑ)	18	Δ.Ε. ΟΙΑΣ
ΑΝΑΠΤΥΓΜΕΝΕΣ ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ			
1	Δ.Ε. ΚΕΡΑΜΩΤΗΣ	30	Δ.Ε. ΚΟΡΩΝΗΣ
2	Δ.Ε. ΡΕΝΤΙΝΑΣ (ΧΑΛΚΙΔΙΚΗ)	31	Δ.Ε. ΓΥΘΕΙΟΥ
3	Δ.Ε. ΠΟΛΥΓΥΡΟΥ	32	Δ.Ε. ΟΙΤΥΛΟΥ
4	Δ.Ε. ΚΑΛΛΙΚΡΑΤΕΙΑΣ	33	Δ.Ε. ΜΟΝΕΜΒΑΣΙΑΣ
5	Δ.Ε. ΜΗΧΑΝΙΩΝΑΣ	34	Δ.Ε. ΑΠΟΛΛΩΝΟΣ
6	Δ.Ε. ΖΑΓΟΡΑΣ	35	Δ.Ε. ΚΡΑΝΙΔΙΟΥ
7	Δ.Ε. ΑΡΤΕΜΙΔΑΣ	36	Δ.Ε. ΝΑΥΠΛΙΟΥ

8	Δ.Ε. ΑΦΕΤΩΝ	37	Δ.Ε. ΝΕΑΣ ΤΙΡΥΝΘΑΣ
9	Δ.Ε. ΑΡΓΑΛΑΣΤΗΣ	38	Δ.Ε. ΑΝΔΡΟΥ
10	Δ.Ε. ΕΛΥΜΝΙΩΝ (ΕΥΒΟΙΑ)	39	Δ.Ε. ΝΙΣΥΡΟΥ
11	Δ.Ε. ΔΑΦΝΟΥΣΙΩΝ	40	Δ.Ε. ΑΝΩ ΣΥΡΟΥ
12	Δ.Ε. ΚΑΡΥΣΤΟΥ	41	Δ.Ε. ΣΥΜΗΣ
13	Δ.Ε. ΑΡΤΕΜΙΔΟΣ (ΑΤΤΙΚΗ)	42	Δ.Ε. ΡΑΧΩΝ (ΙΚΑΡΙΑ)
14	Δ.Ε. ΛΑΥΡΕΩΤΙΚΗΣ	43	Δ.Ε. ΛΕΙΨΩΝ
15	Δ.Ε. ΑΓ. ΚΩΝ/ΝΟΥ	44	Δ.Ε. ΧΙΟΥ
16	Δ.Ε. ΣΑΡΩΝΙΔΟΣ	45	Δ.Ε. ΚΙΜΩΛΟΥ
17	Δ.Ε. ΒΑΡΗΣ	46	Δ.Ε. ΜΥΡΙΝΑΣ (ΛΗΜΝΟΣ)
18	Δ.Ε. ΒΟΥΛΙΑΓΜΕΝΗΣ	47	Δ.Ε. ΚΙΣΣΑΜΟΥ (ΚΡΗΤΗ)
19	Δ.Ε. ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ (ΚΕΡΚΥΡΑ)	48	Δ.Ε. ΜΥΘΗΜΝΗΣ
20	Δ.Ε. ΛΕΥΚΙΜΜΑΙΩΝ (ΚΕΡΚΥΡΑ)	49	Δ.Ε. ΚΟΛΥΜΠΑΡΙΟΥ
21	Δ.Ε. ΦΑΝΑΡΙΟΥ	50	Δ.Ε. ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ
22	Δ.Ε. ΜΕΓΑΝΗΣΟΥ (ΛΕΥΚΑΔΑ)	51	Δ.Ε. ΣΟΥΔΑΣ
23	Δ.Ε. ΠΑΛΙΚΗΣ (ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑ)	52	Δ.Ε. ΑΡΜΕΝΩΝ
24	Δ.Ε. ΣΑΜΗΣ (ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑ)	53	Δ.Ε. ΝΙΚΗΦΟΡΟΥ ΦΟΚΑ
25	Δ.Ε. ΕΛΑΤΙΩΝ (ΖΑΚΥΝΘΟΣ)	54	Δ.Ε. ΦΟΙΝΙΚΑ
26	Δ.Ε. ΒΑΡΘΟΛΟΜΙΟΥ	55	Δ.Ε. ΛΑΜΠΗΣ
27	Δ.Ε. ΖΑΧΑΡΩΣ	56	Δ.Ε. ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ
28	Δ.Ε. ΝΕΣΤΟΡΟΣ	57	Δ.Ε. ΣΗΤΕΙΑΣ
29	Δ.Ε. ΜΕΣΣΗΝΗΣ	58	Δ.Ε. ΜΑΚΡΥ ΓΙΑΛΟΥ
ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΜΕΝΕΣ ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ			
1	Δ.Ε. ΣΚΥΡΟΥ	47	Δ. ΕΣΠΕΡΙΩΝ
2	Δ.Ε. ΜΟΥΡΕΣΙΟΥ	48	Δ. ΖΑΚΥΝΘΙΩΝ
3	Δ.Ε. ΜΗΛΕΩΝ	49	Δ. ΖΑΛΟΓΓΟΥ
4	Δ.Ε. ΣΚΟΠΕΛΟΥ	50	Δ. ΘΙΝΑΛΙΟΥ
5	Δ.Ε. ΑΛΟΝΝΗΣΟΥ	51	Δ. ΙΗΤΩΝ
6	Δ.Ε. ΥΔΡΟΥΣΑΣ (ΑΝΔΡΟΣ)	52	Δ. ΚΑΡΠΑΘΟΥ
7	Δ.Ε. ΝΑΞΟΥ	53	Δ. ΚΑΣΣΩΠΑΙΩΝ
8	Δ.Ε. ΑΜΟΡΓΟΥ	54	Δ. ΚΕΡΚΥΡΑΙΩΝ
9	Δ.Ε. ΔΟΝΟΥΣΗΣ	55	Δ. ΚΟΡΙΣΣΙΩΝ
10	Δ.Ε. ΚΟΥΦΟΝΗΣΙΑ	56	Δ. ΚΥΘΗΡΩΝ
11	Δ.Ε. ΦΑΛΗΡΟΥ	57	Δ. ΚΩ
12	Δ.Ε. ΠΟΡΟΥ	58	Δ. ΛΕΙΒΑΘΟΥΣ
13	Δ.Ε. ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ	59	Δ. ΛΕΥΚΑΔΟΣ
14	Δ.Ε. ΠΕΤΡΑΣ (ΛΕΣΒΟΣ)	60	Δ. ΛΕΥΚΤΡΟΥ
15	Δ.Ε. ΜΗΘΥΜΝΑΣ (ΛΕΣΒΟΣ)	61	Δ. ΜΕΘΩΝΗΣ
16	Δ.Ε. ΑΓ. ΜΗΝΑ (ΧΙΟΣ)	62	Δ. ΜΕΛΙΤΕΙΕΩΝ
17	Δ.Ε. ΜΑΡΑΘΟΚΑΜΠΟΥ (ΣΑΜΟΣ)	63	Δ. ΜΗΛΟΥ
18	Δ.Ε. ΣΤΑΓΥΡΩΝ-ΑΚΑΝΘΟΥ	64	Δ. ΝΕΑΠΟΛΗΣ
19	Δ.Ε. ΣΗΠΙΑΔΟΣ	65	Δ. ΠΑΞΩΝ
20	Δ.Ε. ΛΙΧΑΔΟΣ	66	Δ. ΠΑΡΓΑΣ
21	Δ.Ε. ΑΙΔΗΨΟΥ	67	Δ. ΠΑΤΜΟΥ
22	Δ.Ε. ΘΑΣΟΥ	68	Δ. ΠΕΙΡΑΙΩΣ
23	Δ.Ε. ΣΙΘΩΝΙΑΣ	69	Δ. ΠΕΛΕΚΑΝΟΥ

24	Δ.Ε. ΤΟΡΩΝΗΣ	70	Δ. ΠΛΑΤΑΝΙΑ
25	Δ.Ε. ΑΝ. ΟΛΥΜΠΟΥ	71	Δ. ΠΟΣΕΙΔΩΝΙΑΣ
26	Δ.Ε. ΠΑΡΟΥ	72	Δ. ΠΥΛΑΡΕΩΝ
27	Δ.Ε. ΚΑΣΣΑΝΔΡΑΣ	73	Δ. ΡΕΘΥΜΝΗΣ
28	Δ.Ε. ΚΕΑΣ	74	Δ. ΣΙΦΝΟΥ
29	Δ.Ε. ΚΥΘΝΟΥ	75	Δ. ΣΚΙΑΘΟΥ
30	Δ.Ε. ΣΕΡΙΦΟΥ	76	Δ. ΣΠΕΤΣΩΝ
31	Δ. ΑΛΥΚΩΝ	77	Δ. ΣΥΒΟΤΩΝ
32	Δ. ΑΠΟΛΛΩΝΙΩΝ	78	Δ. ΣΦΑΚΙΩΝ
33	Δ. ΑΡΚΑΔΙΟΥ	79	Δ. ΤΗΛΟΥ
34	Δ. ΑΡΚΑΔΙΩΝ	80	Δ. ΤΗΝΟΥ
35	Δ. ΑΣΙΝΗΣ	81	Δ. ΥΔΡΑΣ
36	Δ. ΑΣΤΥΠΑΛΑΙΑΣ	82	Δ. ΦΑΙΑΚΩΝ
37	Δ. ΑΧΙΛΛΕΙΩΝ	83	Δ. ΧΑΛΚΗΣ
38	Δ. ΒΑΜΟΥ	84	Κ. ΑΓΚΙΣΤΡΙΟΥ
39	Δ. ΓΑΖΙΟΥ	85	Κ. ΑΝΑΒΥΣΣΟΥ
40	Δ. ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΥ	86	Κ. ΑΝΑΦΗΣ
41	Δ. ΓΟΥΒΩΝ	87	Κ. ΑΝΤΙΠΑΡΟΥ
42	Δ. ΔΙΚΑΙΟΥ	88	Κ. ΠΕΡΔΙΚΑΣ
43	Δ. ΕΛΕΙΟΥ - ΠΡΟΝΩΝ	89	Κ. ΣΙΚΙΝΟΥ
44	Δ. ΕΛΛΟΜΕΝΟΥ	90	Κ. ΣΧΟΙΝΟΥΣΣΗΣ
45	Δ. ΕΡΙΣΟΥ	91	Κ. ΦΟΛΕΓΑΝΔΡΟΥ
46	Δ. ΕΡΜΟΥΠΟΛΕΩΣ		

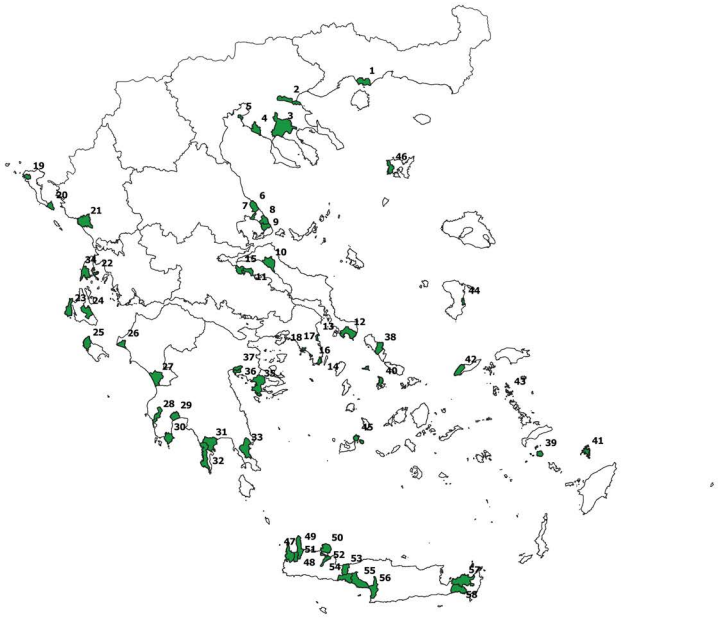
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Σχήμα 86. Περιοχές ελέγχου τουρισμού



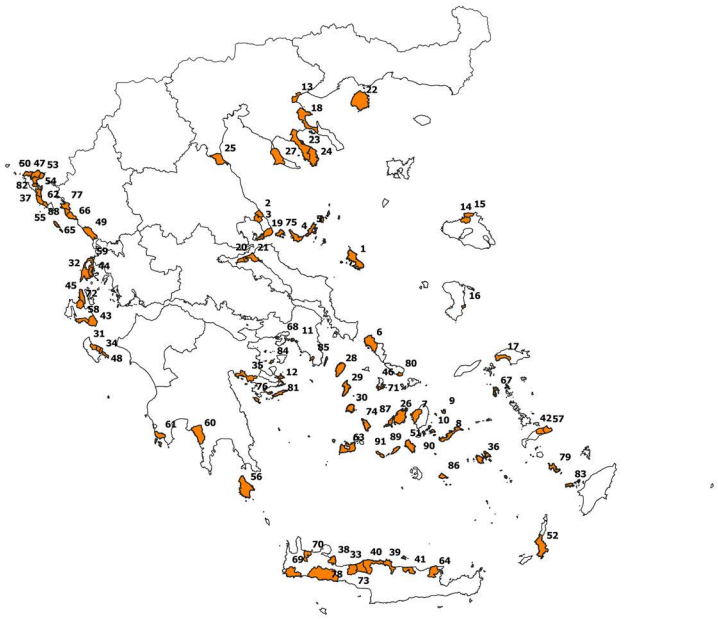
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Σχήμα 87. Αναπτυγμένες τουριστικές περιοχές



Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Σχήμα 88. Αναπτυσσόμενες τουριστικές περιοχές



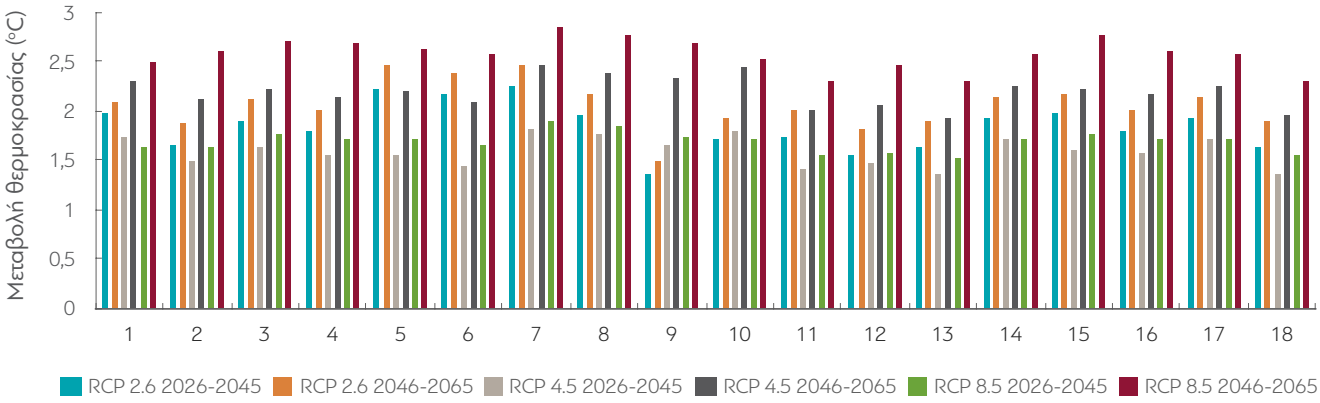
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

4.6 Τουριστικές περιοχές ελέγχου και δείκτες κλιματικής αλλαγής

Στο παρόν υποκεφάλαιο εξετάζονται οι προορισμοί που ανήκουν στις περιοχές ελέγχου αναφορικά με τη δραστηριότητα του τουρισμού, σε σχέση με τα σενάρια συγκεντρώσεων θερμοκηπικών αερίων σε ορίζοντα 20ετίας και 40ετίας (2026-2045 και 2046-2065). Βάσει των σχετικών χαρτών της μέσης κατάστασης καθώς και των ακραίων κλιματικών συνθηκών για το σύνολο των υπό μελέτη περιοχών ελέγχου τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα Σχήματα 89-95. Συμπερασματικά προκύπτουν τα εξής:

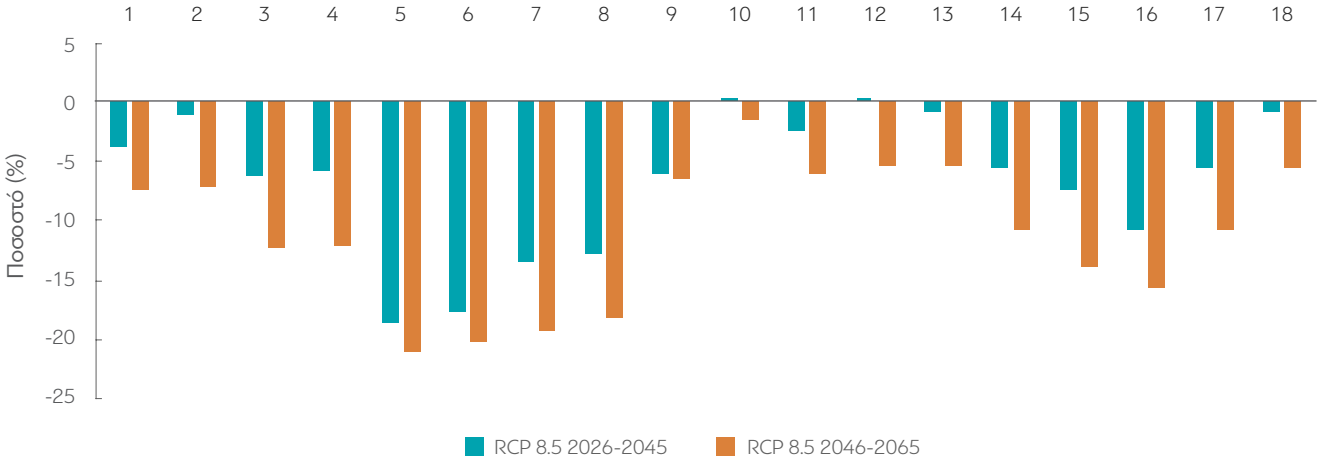
α. Οι μεταβολές της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου σταδιακά αυξάνονται για τους υπό μελέτη χρονικούς ορίζοντες και παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες τιμές που υπερβαίνουν τους 2,5 °C για το σύνολο των περιοχών για το σενάριο RCP 8.5 τη χρονική περίοδο 2046-2065, εκτός από τις Δημοτικές Ενότητες Λαγανά, Μυκόνου, Ηρακλειδών, Θήρας και Οίας (Σχήμα 89).
β. Οι μεταβολές της βροχόπτωσης για το δυσμενές σενάριο RCP 8.5 σχετίζονται με μείωση σε ποσοστό έως και 20% για την περιοχή της Ρόδου και της Οίας την περίοδο 2046-2065 (Σχήμα 90). Οι μεταβολές για το σενάριο RCP 2.6 παρουσιάζουν μεικτή συμπεριφορά ενώ για το RCP 4.5, σε αντιστοιχία με το RCP 8.5, οι εκτιμήσεις σχετίζονται κυρίως με μείωση της ετήσιας βροχόπτωσης.
γ. Τα πρότυπα των μεταβολών των βαθμοημερών ψύξης ακολουθούν αυτά της θερμοκρασίας και παρουσιάζουν σταδιακή αύξηση με τις μέγιστες τιμές να εκτιμώνται για τις Δημοτικές Ενότητες της Ρόδου και Ιαλυσού (Σχήμα 91).
δ. Οι μεταβολές για τις θερμές ημέρες και τροπικές νύχτες παρουσιάζουν παρόμοια εξέλιξη όπου ο αριθμός τους αυξάνεται ανά σενάριο και για μεγαλύτερους χρονικούς ορίζοντες εκτίμησης για το σύνολο των περιοχών ελέγχου (Σχήμα 92, 93).
ε. Οι μεταβολές του αριθμού των καυσωνικών επεισοδίων καθώς και των γεγονότων όπου παρατηρούνται τρεις συνεχόμενες θερμές ημέρες και νύχτες παρουσιάζουν αύξηση σε όλες τις περιοχές ελέγχου και για όλα τα σενάρια με ιδιαίτερα υψηλές τιμές για τις τουριστικές περιοχές της Κρήτης (Σχήμα 94, 95).

Σχήμα 89. Μεταβολή θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5 για τις περιόδους 2026-2045 και 2046-2065 για τις περιοχές ελέγχου



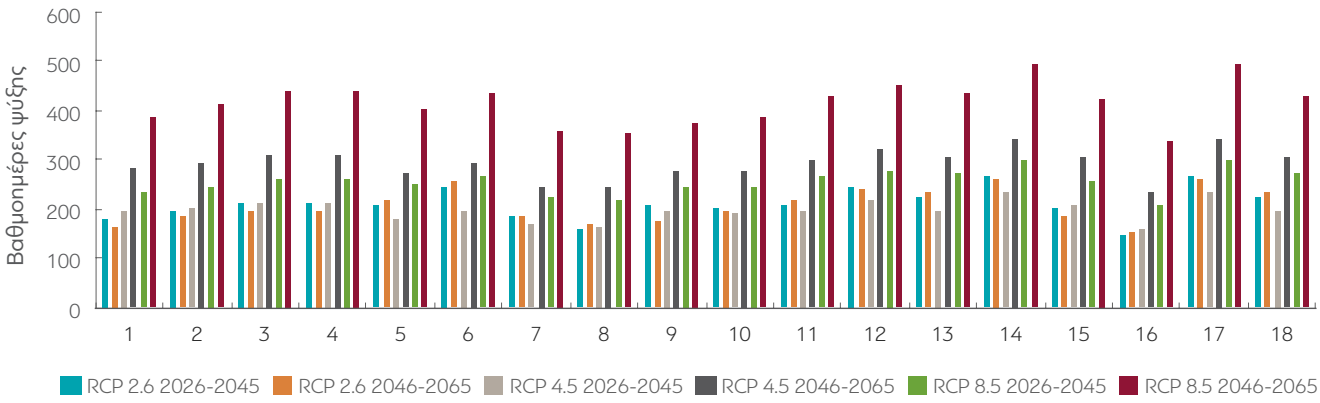
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Σχήμα 90. Μεταβολή ετήσιας βροχόπτωσης για το σενάριο RCP 8.5 για τις περιόδους 2026-2045 και 2046-2065 για τις περιοχές ελέγχου



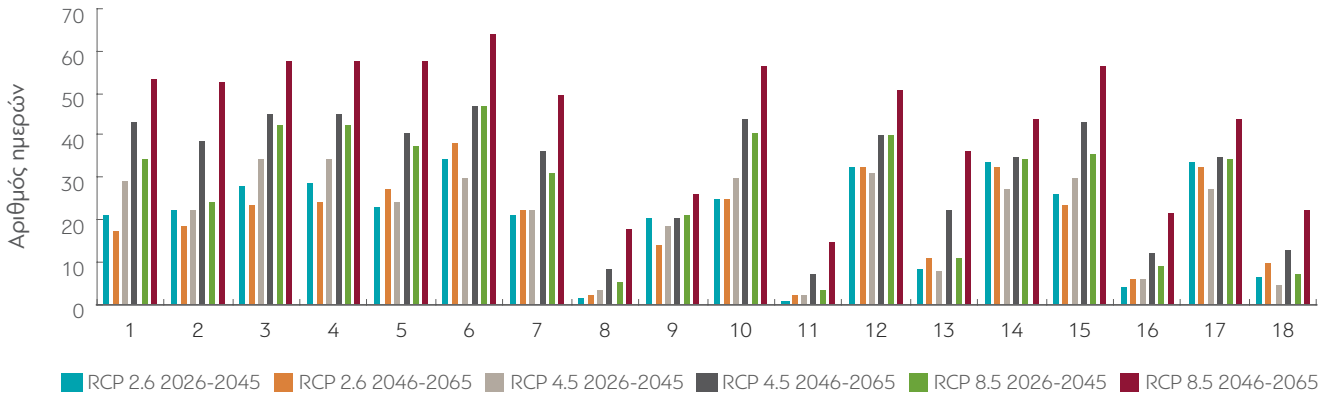
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Σχήμα 91. Μεταβολή βαθμοημερών ψύξης για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5 για τις περιόδους 2026-2045 και 2046-2065 για τις περιοχές ελέγχου



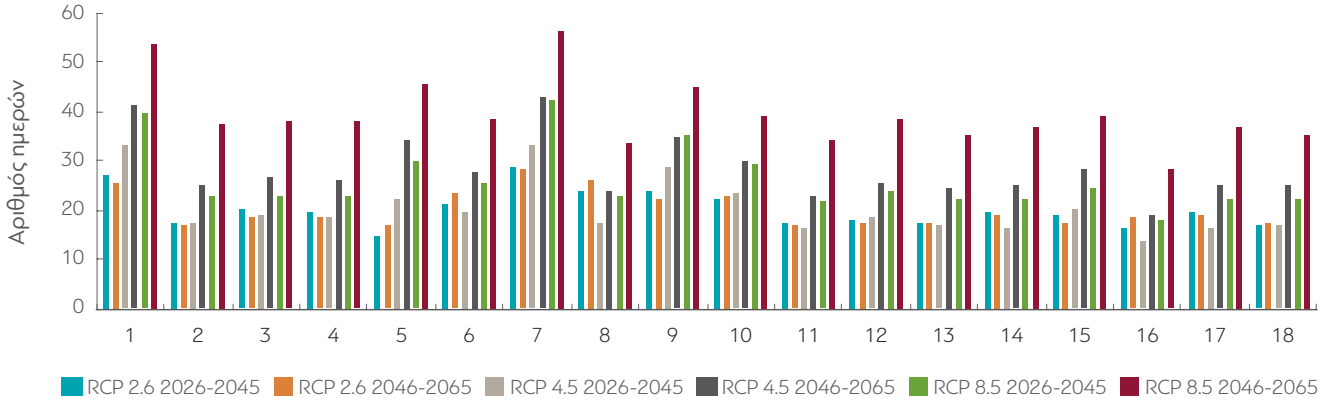
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Σχήμα 92. Μεταβολή θερμών ημερών για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5 για τις περιόδους 2026-2045 και 2046-2065 για τις περιοχές ελέγχου



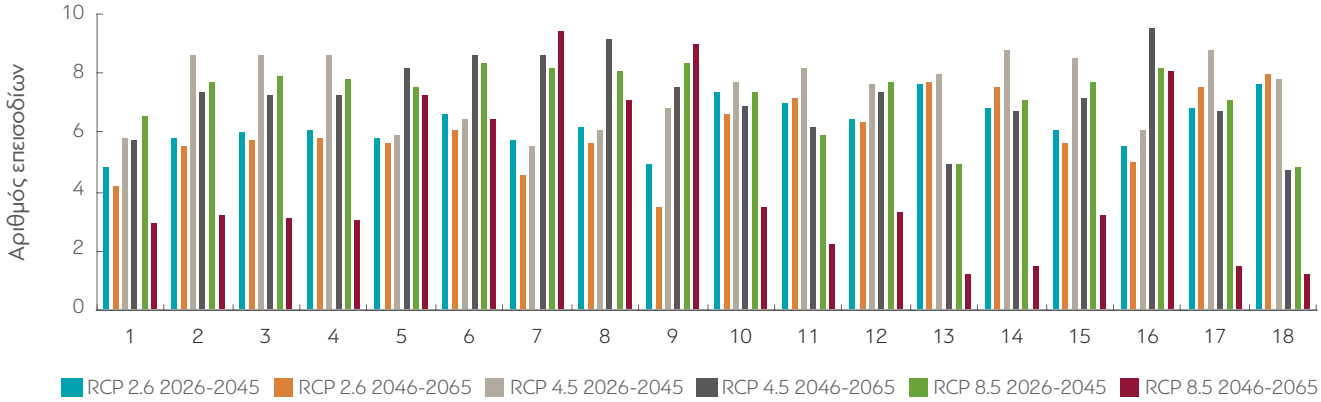
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Σχήμα 93. Μεταβολή τροπικών νυχτών για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5 για τις περιόδους 2026-2045 και 2046-2065 για τις περιοχές ελέγχου



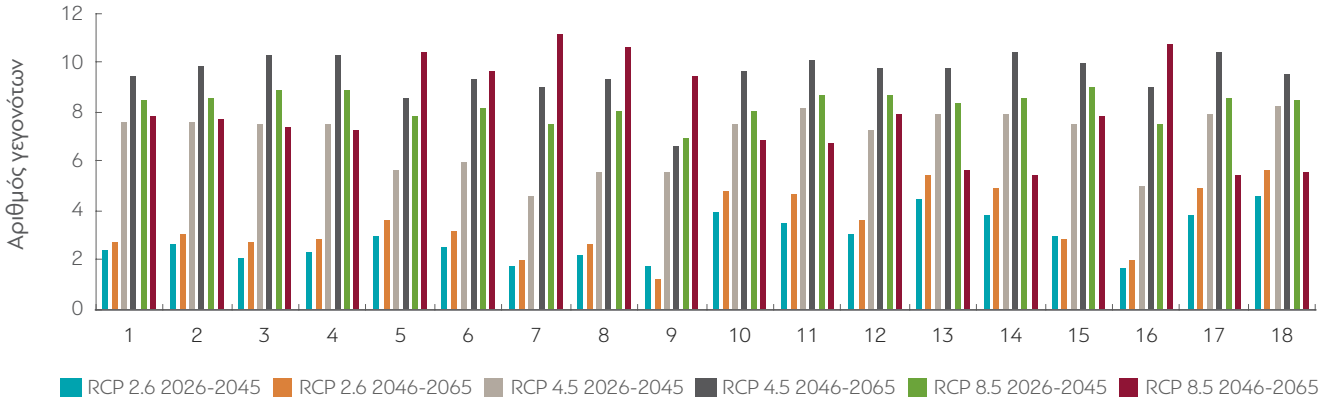
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Σχήμα 94. Μεταβολή αριθμού καυσωνικών επεισοδίων για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5 για τις περιόδους 2026-2045 και 2046-2065 για τις περιοχές ελέγχου



Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Σχήμα 95. Μεταβολή γεγονότων τριών συνεχόμενων θερμών ημερών και νυχτών για τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5 για τις περιόδους 2026-2045 και 2046-2065, για τις περιοχές ελέγχου



Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

4.7 Αναπτυγμένες τουριστικές περιοχές και δείκτες κλιματικής αλλαγής

Στο παρόν υποκεφάλαιο εξετάζονται οι περιοχές που ανήκουν στις αναπτυγμένες τουριστικές περιοχές, σε σχέση με τα σενάρια RCP 2.6, 4.5 και 8.5 σε ορίζοντα 20ετίας και 40ετίας. Βάσει των σχετικών δεδομένων έγινε εκτίμηση των κλιματικών μεταβολών ανά τουριστική περιοχή και συνοπτικά τα συμπεράσματα είναι τα εξής:

α. Η μεταβολή της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές για τις Δημοτικές Ενότητες της Ζαγοράς στη Θεσσαλία και του Νέστορος στη Μεσσηνία, οπού και υπερβαίνει τους 3 °C για το σενάριο RCP 8.5 την περίοδο 2046-2065.
β. Η βροχόπτωση παρουσιάζει μεικτή συμπεριφορά ανά σενάριο συγκεντρώσεων θερμοκηπικών αερίων. Μειώσεις της βροχόπτωσης σχετίζονται κυρίως με τα σενάρια RCP 4.5 και 8.5 και οι μεγαλύτερες ποσοστιαίες μεταβολές από την περίοδο αναφοράς 1971-2000 παρατηρούνται στις περιοχές Αρμενίων στο ΠΕ Λαρίσης και στη Σούδα στην Κρήτη.
γ. Οι μεταβολές των τροπικών νυχτών παρουσιάζουν υψηλές τιμές σε περιοχές της Δυτικής Ελλάδας, ενώ οι αντίστοιχες μεταβολές των θερμών ημερών παρουσιάζουν τις υψηλότερες τιμές σε αναπτυγμένες τουριστικές περιοχές στην ανατολική νησιωτική χώρα και στην Κρήτη.
δ. Υψηλότερες τιμές των βαθμοημερών ψύξης εντοπίζονται στις περιοχές της Σύμης, του Ναυπλίου και της Κιμώλου καθώς και σε περιοχές της Αττικής (Βάρη και Βουλιαγμένη).
ε. Ο αριθμός των καυσωνικών επεισοδίων και της μεταβολής των ημερών με τρεις συνεχόμενες θερμές ημέρες και νύχτες παρουσιάζουν υψηλές μεταβολές σε περιοχές της Κρήτης.

4.8 Αναπτυσσόμενες τουριστικές περιοχές και δείκτες κλιματικής αλλαγής

Σχετικά με τις αναπτυσσόμενες παράκτιες τουριστικές περιοχές τα συνοπτικά συμπεράσματα είναι τα εξής:

α. Οι μεταβολές της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου για το δυσμενές σενάριο RCP 8.5 την περίοδο 2046-2065 υπερβαίνει τους 2,5 °C για συνολικά 52 από τις 91 υπό μελέτη περιοχές. Χαρακτηριστικά για τις αναπτυσσόμενες περιοχές της Κρήτης σε όλα τα σενάρια η θερμοκρασία εκτιμάται ότι θα υπερβεί τους 2°C σε μέση τιμή για την περίοδο 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000.
β. Η βροχόπτωση παρουσιάζει μεικτή συμπεριφορά σε συμφωνία με την ανάλυση για το σύνολο της Ελλάδας και οι μεγαλύτερες μειώσεις παρατηρούνται σε περιοχές της Κρήτης.
γ. Οι μεταβολές για τις θερμές ημέρες παρουσιάζουν τις υψηλότερες τιμές σε νησιά του Αιγαίου Πελάγους (Κύθνος, Μήλος, Πάρος, Σκιάθος) ενώ όσον αφορά τις τροπικές νύχτες χαρακτηριστικά για τις αναπτυσσόμενες τουριστικές περιοχές της Κέρκυρας παρατηρείται συστηματική αύξηση των ημερών με ελάχιστη θερμοκρασία μεγαλύτερη των 20 °C.
δ. Η αύξηση των βαθμοημερών ψύξης, ως αποτέλεσμα της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας, παρατηρείται σε όλες τις περιοχές και για όλα τα σενάρια συγκεντρώσεων. Συνολικά για τις αναπτυσσόμενες περιοχές οι ποσοστιαίες μεταβολές ανά σενάριο μεταξύ των δύο υποπεριόδων κυμαίνονται από 3% για το σενάριο RCP 2.6, λόγω τις σταθεροποίησης των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου σε 55,4% για το σενάριο RCP 8.5.
ε. Αριθμός των καυσωνικών επεισοδίων και της μεταβολής των ημερών με τρεις συνεχόμενες θερμές ημέρες και νύχτες παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες αυξήσεις για περιοχές της Κρήτης και της Θεσσαλίας.

4.9 Άξονες δράσεων προσαρμογής του τουρισμού στην κλιματική αλλαγή

Η επιλογή των μέτρων προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή προϋποθέτει την κατανόηση της σχέσης του τουρισμού με τις επιπτώσεις στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και στη δυναμική ανάπτυξης κάθε τουριστικής περιοχής της χώρας. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον αποκτά η ενδεχόμενη συσσώρευση επιπτώσεων διαχρονικά, κατά τις διάφορες φάσεις των εξεταζόμενων σεναρίων. Βασικοί παράγοντες εξέτασης των ενδεικνυόμενων μέτρων είναι ο βαθμός που επηρεάζεται κάθε περιοχή από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής συνολικά και δευτερευόντως βάσει της κατηγορίας που ανήκει, όπως παρουσιάζεται στην παρούσα μελέτη (περιοχές ελέγχου, αναπτυγμένες περιοχές, αναπτυσσόμενες περιοχές).

Τα μέτρα προσαρμογής του τουρισμού στην κλιματική αλλαγή διακρίνονται σε βραχυπρόθεσμο, μεσοπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα. Σε μία γενική θεώρηση τα μέτρα αυτά οργανώνονται σε 6 βασικούς άξονες δράσης που σχετίζονται με τα κύρια θέματα ανάπτυξης στις τουριστικές περιοχές της χώρας:

Άξονας δράσης 1: Ελκυστικότητα της περιοχής-προορισμού.
Άξονας δράσης 2: Φυσικοί και ενεργειακοί πόροι – Βασικοί παράγοντες που στηρίζουν την τουριστική δραστηριότητα και σχετίζονται κυρίως με τα υδάτινα και ενεργειακά αποθέματα.
Άξονας δράσης 3: Ανταγωνιστικότητα και ελκυστικότητα των περιφερειών και ειδικά των τουριστικών προορισμών, ιδίως σε σχέση με την εποχικότητα.
Άξονας δράσης 4: Κόστη των έργων προστασίας σε περιοχές τουριστικού ενδιαφέροντος.
Άξονας δράσης 5: Κόστη διαχείρισης και λειτουργίας των τουριστικών μονάδων.
Άξονας δράσης 6: Υποστήριξη (ευαισθητοποίηση-κατάρτιση-διοικητική οργάνωση).

Πηγή: Εθνική στρατηγική για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, 2016.

4.10 Μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή των περιοχών ελέγχου του τουρισμού

Μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή των *περιοχών ελέγχου* του τουρισμού

Σε μια ανασκόπηση των προηγούμενων κεφαλαίων και σε ό,τι αφορά τις περιοχές-προορισμούς που πλήττονται περισσότερο από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής συνολικά, προκύπτει, από τα σχεδιαγράμματα του σχετικού παραρτήματος, ότι οι περιοχές αυτές εντοπίζονται κυρίως στις περιοχές ελέγχου του τουρισμού στην **Κρήτη**, τη **Ρόδο**, τη **Νότια Χαλκιδική** και τη **Ζάκυνθο**. Οι προορισμοί αυτοί είναι ήδη πολύ αναπτυγμένοι τουριστικά. Η εδραίωση τους ως δημοφιλών προορισμών καθώς και η αυξημένη ροή των τουριστών ανά τουριστική περίοδο δημιουργούν εξαιρετικά μεγάλες πιέσεις που επιβάλλουν τη διαχείριση των τουριστικών ροών (π.χ. όρια ή μείωση). Παράλληλα πρέπει να ελεγχθεί η διαχείριση των φυσικών και πολιτισμικών πόρων των περιοχών (με την έννοια προσδιορισμού βασικών αρχών και κανόνων ως προς την προστασία και ανάδειξή τους), αλλά και να ελεγχθεί και περιοριστεί η περαιτέρω συγκέντρωση τουριστικής ανάπτυξης (π.χ. όρια) καθώς και η διάχυσή της (κυρίως της εκτός σχεδίου δόμησης). Ταυτόχρονα, πρέπει να γίνουν προσπάθειες ανασυγκρότησης, κατά το δυνατόν, της παραγωγικής λειτουργίας των προορισμών και αναθεώρησης της δόμησης.

Μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή των *αναπτυγμένων* τουριστικά περιοχών

Αναφορικά με τις αναπτυγμένες τουριστικά περιοχές και βάσει της ανάλυσης που προηγήθηκε, οι ευρύτερες περιοχές που θα επηρεαστούν περισσότερο από την επιρροή της κλιματικής αλλαγής εντοπίζονται κυρίως στη **Βόρεια Κρήτη**, το **Ανατολικό Αιγαίο**, την **Ανατολική Πελοπόννησο**, την περιοχή του **Αργοσαρωνικού** και τη **Νότια Χαλκιδική**. Οι προορισμοί αυτοί είναι ήδη αναπτυγμένοι τουριστικά. Παρόλα αυτά δεν παρουσιάζουν τα προβλήματα των πολύ αναπτυγμένων και κορεσμένων περιοχών που αναλύθηκαν ανωτέρω. Δεν υφίστανται πιέσεις που απαιτούν ορθολογική διαχείριση των ροών των επισκεπτών, αλλά απαιτούν κυρίως διαχείριση των φυσικών και πολιτισμικών πόρων (ιδιαίτερα σε σχέση με την τρωτότητα και τους κινδύνους της περιοχής λόγω κλιματικής αλλαγής). Παρουσιάζουν, επίσης, ανάγκη ελέγχου και περιορισμού της αύξησης συγκέντρωσης της

τουριστικής ανάπτυξης (αρχές, κανόνες, προτεραιότητες ως προς την προσβασιμότητα, τα καταλύματα, τις υπηρεσίες στήριξης του τουρισμού κλπ.). Η προσπάθεια πρέπει να είναι μάλλον στην κατεύθυνση της ανασυγκρότησης της λειτουργίας των προορισμών και της υφιστάμενης δόμησης.

Μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή των *αναπτυσσόμενων* τουριστικά περιοχών

Οι αναπτυσσόμενες περιοχές που δέχονται περισσότερο τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, βάσει της ανάλυσης που προηγήθηκε, είναι η ευρύτερη περιοχή της **Νότιας και Κεντρικής Κρήτης**, της **Νότιας Χαλκιδικής** και τα παράλια της **Θεσσαλίας** (όπως και οι παραθεριστικές περιοχές της Αττικής). Οι προορισμοί αυτοί, αν και δεν είναι πολύ αναπτυγμένοι τουριστικά, λόγω της δυναμικής ανάπτυξης που παρουσιάζουν, επιβάλλεται διαχείριση των φυσικών και πολιτισμικών πόρων τους (αρχές, κανόνες, όροι ως προς την προστασία αλλά και το είδος της τουριστικής ανάπτυξης).

Μέτρα και δράσεις προσαρμογής του τουρισμού στην κλιματική αλλαγή

14 επιχειρησιακά σχέδια

1. Μία νέα χωροταξική πολιτική για τον τουρισμό: Ενσωμάτωση των κλιματικών παραμέτρων της έκθεσης, της ευαισθησίας και της τρωτότητας στα κριτήρια χωροθέτησης νέων τουριστικών εγκαταστάσεων (αρτιότητα γηπέδων, μέγιστη επιτρεπόμενη δόμηση, απόσταση από τον αιγιαλό, μέγιστη επιτρεπόμενη κλίση εδάφους, υποδομές αυτοπαραγωγής ενέργειας, κ.ά.) – Καθορισμός περιοχών αποκλεισμού λόγω μείζονων επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στο φυσικό περιβάλλον.

2. Πρόγραμμα ενεργειακών υποδομών με έμφαση στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και στις διασυνδέσεις, για τη διασφάλιση της ενεργειακής επάρκειας σε τουριστικές περιοχές ανάλογα με τις νέες κλιματικές συνθήκες (αύξηση της θερμοκρασίας, συχνότεροι και εντονότεροι καύσωνες, ακραίες καταιγίδες, κ.ά.).

3. Ενίσχυση της ανθεκτικότητας μεταφορικών υποδομών (αεροδρόμια, λιμένες, οδικοί άξονες) σε ακραία καιρικά φαινόμενα (καύσωνες, θυελλώδεις άνεμοι, έντονες καταιγίδες, ανεμοστρόβιλοι και υδροσίφωνες).

4. Βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας τουριστικών υποδομών με στόχο τη μείωση της ενεργειακής ζήτησης και τις αυξημένες απαιτήσεις ψύξης λόγω των νέων κλιματικών συνθηκών – Απόσυρση ενεργοβόρων κτηρίων.

5. Μέτρα και υποδομές για την επάρκεια των υδατικών πόρων και την αντιμετώπιση της ξηρασίας, ιδιαίτερα σε περιοχές όπου διαπιστώνεται ή εκτιμάται μείωση του υετού.

6. Ενεργειακή αναβάθμιση των μουσείων σε τουριστικούς προορισμούς, με στόχο τη μετάβαση σε κλάση Β κατ' ελάχιστο, σταδιακά μέχρι το 2030.

7. Σχέδια προσαρμογής πολιτιστικών πόρων τουριστικού ενδιαφέροντος στην κλιματική αλλαγή.

8. Πρόγραμμα προσαρμογής των χιονοδρομικών κέντρων στις νέες κλιματικές συνθήκες (διαμόρφωση πλαγιών, απομάκρυνση βράχων, κ.ά.).

9. Πρόγραμμα αστικών αναπλάσεων για την προσαρμογή αστικών κέντρων στις νέες κλιματικές συνθήκες (πάρκα τσέπης, ανακλαστικά υλικά, σκίαση, συστήματα δροσισμού, κ.ά.).

10. Πρόγραμμα αντιπλημμυρικών έργων σε ευάλωτες τουριστικές περιοχές για την προσαρμογή στην αυξημένη ένταση και συχνότητα των ακραίων καιρικών φαινομένων.

11. Έργα ανάσχεσης της διάβρωσης, με προτεραιότητα σε ορεινές και παράκτιες τουριστικές περιοχές.

12. Βελτίωση των υποδομών πρόσβασης σε τουριστικές περιοχές (λ.χ. ορεινές).

13. Ενσωμάτωση της διάστασης της κλιματικής αλλαγής στα κριτήρια του νόμου περί ιδιωτικών επενδύσεων στον τομέα του τουρισμού. Σύνδεση των επιδοτήσεων με παράλληλες δράσεις μείωσης της τρωτότητας στην κλιματική αλλαγή.

14. Κατάρτιση επιχειρησιακών σχεδίων αντιμετώπισης φυσικών καταστροφών ειδικά για τουριστικές περιοχές και ανάλογα με τον κλιματικό κίνδυνο.

Παρακάτω ακολουθούν συνοπτικοί πίνακες που περιλαμβάνουν το σύνολο των μέτρων ανά τύπο τουριστικής περιοχής.

Βραχυπρόθεσμα μέτρα

Περιοχές ελέγχου	Αναπτυγμένες	Αναπτυσσόμενες
Ενημέρωση/ευαισθητοποίηση πολιτών για το ζήτημα της κλιματικής αλλαγής και τις επιπτώσεις αυτής.	Ενημέρωση/ευαισθητοποίηση πολιτών για το ζήτημα της κλιματικής αλλαγής και τις επιπτώσεις αυτής.	Ενημέρωση/ευαισθητοποίηση πολιτών για το ζήτημα της κλιματικής αλλαγής και τις επιπτώσεις αυτής.
Κίνητρα για τις επιχειρήσεις για μείωση της κατανάλωσης ενέργειας με έμφαση σε λειτουργικές πρακτικές άμεσης αντιμετώπισης.	Κίνητρα για τις επιχειρήσεις για μείωση της κατανάλωσης ενέργειας με διαφοροποίηση της στήριξης μεταξύ των υφισταμένων και των νέων, δίνοντας έμφαση στις υφιστάμενες.	Κίνητρα για τις επιχειρήσεις για μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.
Επαναπροσδιορισμός του υπάρχοντος τουριστικού μοντέλου και ανάπτυξη ειδικών μορφών τουρισμού διευρύνοντας την τουριστική περίοδο.	Ανάπτυξη και προώθηση ειδικών μορφών τουρισμού με στόχο την άμβλυνση της εποχικότητας και διάχυσης της ανάπτυξης στην άμεση ενδοχώρα και σύνδεσή τους με εποχικές δραστηριότητες.	Ανάπτυξη και προώθηση ειδικών μορφών τουρισμού.
Αξιοποίηση υπαρχουσών δυνατοτήτων ενδεχόμενης στήριξης της τουριστικής ζήτησης με αξιοποίηση υφιστάμενων διαθέσιμων υποδομών.	Αξιοποίηση υπαρχουσών δυνατοτήτων στήριξης της πρόσθετης ζήτησης σε διαθέσιμους χώρους και εγκαταστάσεις (επαναχρησιμοποίηση).	Αξιοποίηση δυνατοτήτων ικανοποίησης της ζήτησης σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις και υποδομές με επιθυμητή σύνδεσή τους με εποχικές δραστηριότητες.
Επισήμανση πόρων και προγραμμάτων για την κατάρτιση προγράμματος δράσεων προσαρμογής στο επίπεδο προορισμού.	Επισήμανση πόρων και προγραμμάτων με προτεραιότητα στην κατάρτιση προγράμματος δράσεων προσαρμογής στο επίπεδο προορισμού.	Επισήμανση πόρων και προγραμμάτων με προτεραιότητα στην κατάρτιση προγράμματος δράσεων προσαρμογής στο επίπεδο προορισμού.
Διοικητική υποστήριξη, οργάνωση και ευαισθητοποίηση των δρώντων.	Διοικητική υποστήριξη, οργάνωση και ευαισθητοποίηση των δρώντων.	Διοικητική υποστήριξη, οργάνωση και ευαισθητοποίηση.
Ενημέρωση/υποστήριξη για την αντιμετώπιση ακραίων φαινομένων με συγκρότηση προγράμματος αντιμετώπισης της τρωτότητας και ενδεχόμενων κινδύνων στον προορισμό.	Ενημέρωση/υποστήριξη για την αντιμετώπιση ακραίων φαινομένων (με συγκρότηση προγράμματος αντιμετώπισης της τρωτότητας και ενδεχόμενων κινδύνων στον προορισμό.	Ενημέρωση/υποστήριξη για την αντιμετώπιση ακραίων φαινομένων με συγκρότηση προγράμματος αντιμετώπισης της τρωτότητας και ενδεχόμενων κινδύνων στον προορισμό.

Μεσοπρόθεσμα μέτρα

Περιοχές ελέγχου	Αναπτυγμένες	Αναπτυσσόμενες
Περιορισμός δημιουργίας νέων τουριστικών εγκαταστάσεων, και ανάπτυξής τους εντός οργανωμένων υποδοχέων αξιολογώντας και την τρωτότητα του προορισμού.	Διεύρυνση της τουριστικής περιόδου με δράσεις στήριξης σε καινοτόμες παρεμβάσεις (επενδύσεις, υπηρεσίες αναψυχής, συντονισμένες πρωτοβουλίες δρώντων, προγράμματα δημοσιοποίησης κλπ.).	Διεύρυνση της τουριστικής περιόδου με δράσεις στήριξης σε καινοτόμες παρεμβάσεις (επενδύσεις, υπηρεσίες αναψυχής, συντονισμένες πρωτοβουλίες δρώντων, προγράμματα δημοσιοποίησης κλπ.).
Εκσυγχρονισμός υπαρχόντων τουριστικών υποδομών, ούτως ώστε να αμβλυνθεί το ενεργειακό τους αποτύπωμα.	Επανατοποθέτηση του τουριστικού προϊόντος (branding) και διαφοροποίηση αυτού με στήριξη πρωτοβουλιών και καινοτόμων σχετικών δράσεων.	Ανάπτυξη και προώθηση εναλλακτικών μορφών τουρισμού που δεν επιβαρύνουν την τρωτότητα ή επηρεάζονται από κινδύνους της περιοχής.
Δημιουργία σχεδίου εκμετάλλευσης της επιμήκυνσης της τουριστικής περιόδου με δράσεις προώθησης και διεύρυνσης του τουριστικού προϊόντος κλπ).	Νέες προδιαγραφές τουριστικών εγκαταστάσεων και εκσυγχρονισμός των υπαρχόντων κατά προτεραιότητα.	Κίνητρα για την ανάπτυξη νέων καινοτόμων τουριστικών μονάδων, ειδικών τουριστικών εγκαταστάσεων και υπηρεσιών με προώθηση ολοκληρωμένων τουριστικών εγκαταστάσεων σε υποδοχείς.
Ανάπτυξη των βασικών προδιαγραφών για έργα προστασίας και άμβλυνσης της τρωτότητας, λαμβάνοντας υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε περιοχής.	Περιορισμός της δημιουργίας τουριστικών εγκαταστάσεων στην εκτός σχεδίου δόμηση και προώθηση δημιουργίας οργανωμένων υποδοχέων λαμβάνοντας υπόψη την τρωτότητα της περιοχής.	Κίνητρα για την ανάπτυξη νέων μονάδων με ενεργειακή αυτάρκεια και συστήματα διαχείρισης αποβλήτων (υγρών και στερεών).
Αειφορική χρήση νερού και βελτίωση συστημάτων διαχείρισης νερού. Επισήμανση των απαραίτητων επενδύσεων σε υποδομές και τεχνολογίες ώστε να αντιμετωπιστεί η έλλειψη νερού ιδιαίτερα κατά τους μήνες αιχμής της τουριστικής περιόδου καθώς και η αντιμετώπιση πλημμυρικών φαινομένων, με τον αποτελεσματικότερο τρόπο.	Δημιουργία σχεδίου αντιμετώπισης της μετατόπισης της τουριστικής περιόδου προς την άνοιξη και το φθινόπωρο και προώθηση της επιμήκυνσης της τουριστικής περιόδου με δράσεις που δύναται να οργανώσουν οι ιδιωτικοί φορείς που σχετίζονται με τον τομέα, σε συνεργασία με την τοπική αυτοδιοίκηση της κάθε περιοχής.	Δημιουργία σχεδίου διαχείρισης του τουριστικού προορισμού με δράσεις που δύναται να οργανώσουν οι ιδιωτικοί φορείς που σχετίζονται με τον τομέα, σε συνεργασία με την τοπική αυτοδιοίκηση της κάθε περιοχής.
Εξέταση της τρωτότητας των ακτών και των τουριστικών επενδύσεων σε εγγύτητα με αυτές, προκειμένου να εφαρμοστούν μέτρα προστασίας και έργα υποδομής όπου κρίνεται απαραίτητο.	Αειφορική χρήση νερού και βελτίωση συστημάτων διαχείρισης νερού.	Κατάρτιση ειδικών μελετών που θα υποδείξουν τον βαθμό τρωτότητας των τουριστικών περιοχών ούτως ώστε να αποφευχθεί η χωροθέτηση τουριστικών επενδύσεων και συναφών δραστηριοτήτων στις περιοχές αυτές.
Κατάρτιση σχεδίων για την πράσινη ανάπλαση των κοινοχρήστων χώρων στο αστικό περιβάλλον των περιοχών ελέγχου.	Επισήμανση των απαραίτητων επενδύσεων για τη μετάβαση του τουριστικού προϊόντος σε χαμηλότερο αποτύπωμα άνθρακα ώστε να μειώνεται το κόστος λειτουργίας των επιχειρήσεων.	Δημιουργία οδηγιών αντιμετώπισης κινδύνων, σε περιφερειακό επίπεδο με διαφοροποιήσεις σχετικά με τον τουρισμό και την κλιματική αλλαγή, σε εκπροσώπους δημόσιων φορέων, στους επιχειρηματίες του κλάδου και στο κοινό.
Κατάρτιση ειδικών μελετών που θα υποδείξουν τον βαθμό τρωτότητας για τη χωροθέτηση τουριστικών επενδύσεων και συναφών δραστηριοτήτων στις περιοχές αυτές.	Δημιουργία οδηγιών αντιμετώπισης κινδύνων, σε περιφερειακό και τοπικό επίπεδο (νησιού) με διαφοροποιήσεις σχετικά με τον τουρισμό και την κλιματική αλλαγή, σε εκπροσώπους δημόσιων φορέων, στους επιχειρηματίες του κλάδου και στο κοινό.	
Περιορισμός δημιουργίας νέων τουριστικών εγκαταστάσεων, ειδικά στην εκτός σχεδίου δόμηση και προώθηση ανάπτυξης νέων εντός οργανωμένων υποδοχέων αξιολογώντας και την τρωτότητα του προορισμού.		

Μακροπρόθεσμα μέτρα

Περιοχές ελέγχου	Αναπτυγμένες	Αναπτυσσόμενες
Υλοποίηση σχεδίων που αφορούν τα έργα υποδομής των μεσοπρόθεσμων μέτρων.	Υλοποίηση σχεδίων που αφορούν τα έργα υποδομής των μεσοπρόθεσμων μέτρων.	Υλοποίηση σχεδίων που αφορούν τα έργα υποδομής των μεσοπρόθεσμων μέτρων.
Υλοποίηση σχεδίων που αφορούν τον τομέα των μεταφορών και τη σύνδεση και λειτουργία αυτών σε αειφορικό πλαίσιο.	Επίτευξη ενεργειακής ανεξαρτησίας ξενοδοχειακών μονάδων και συναφών επιχειρήσεων στον τομέα του τουρισμού.	Επίτευξη ενεργειακής ανεξαρτησίας ξενοδοχειακών μονάδων και συναφών επιχειρήσεων στον τομέα του τουρισμού.
Επίτευξη ενεργειακής ανεξαρτησίας ξενοδοχειακών μονάδων και συναφών επιχειρήσεων. Εξέταση αντικινήτρων.	Έργα πλήρους διαχείρισης και αξιοποίησης των απορριμμάτων με τον βέλτιστο ενεργειακό τρόπο ούτως ώστε να μειωθεί το περιβαλλοντικό αποτύπωμα αυτών.	Μέτρα συντονισμού των τομέων παραγωγής και των κλάδων αυτού όσον αφορά την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή.
Ολοκληρωμένο σχέδιο συντονισμού των τομέων και των κλάδων παραγωγής, όσον αφορά την ενεργειακή αυτάρκεια των μονάδων σε τομείς/κλάδους με μεγάλη συσχέτιση.	Κατάρτιση ειδικών μελετών που θα υποδείξουν τον βαθμό τρωτότητας των τουριστικών περιοχών, για τη βέλτιστη χωροθέτηση των νέων τουριστικών επενδύσεων.	Επικαιροποίηση του εθνικού σχεδίου προσαρμογής και εξειδίκευση σε περιφερειακό επίπεδο.
Έργα πλήρους διαχείρισης και αξιοποίησης των απορριμμάτων και υγρών αποβλήτων με τον βέλτιστο ενεργειακό τρόπο ούτως ώστε να μειωθεί το περιβαλλοντικό αποτύπωμα αυτών.	Επικαιροποίηση του εθνικού σχεδίου προσαρμογής και εξειδίκευση αυτού σε περιφερειακό ή και τοπικό (νησιού) επίπεδο.	Έργα εκσυγχρονισμού υποδομών ενέργειας και υδάτινων πόρων.
Επικαιροποίηση του σχεδίου προσαρμογής και εξειδίκευση σε περιφερειακό/τοπικό επίπεδο.	Έργα πλήρους διαχείρισης και αξιοποίησης των απορριμμάτων και των υγρών αποβλήτων με τον βέλτιστο ενεργειακό τρόπο ούτως ώστε να μειωθεί το περιβαλλοντικό αποτύπωμα αυτών.	Υλοποίηση σχεδίων που αφορούν τον τομέα των μεταφορών.

ΕΝΣΩΜΑΤΩΝΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΟΝ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ ΤΟΥ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Οκτώβριος 2021

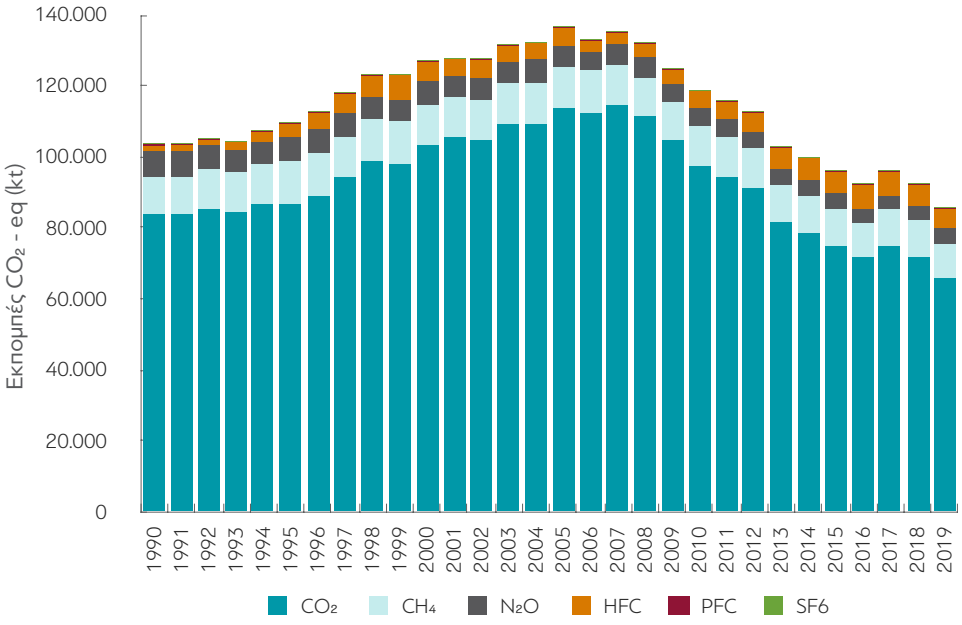
Ενέργεια και μεταφορές

5

5.1 Υφιστάμενη κατάσταση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα

Από την επεξεργασία των απογραφών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στην Ελλάδα για το διάστημα 1990-2018[8] διαπιστώνεται σταδιακή άνοδος των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στο διάστημα 1990 έως 2005, έτος κατά το οποίο καταγράφεται κορύφωση των εκπομπών, ραγδαία μείωση στο διάστημα 2006-2016 και ελαφρά άνοδος για τα έτη 2017 και 2018 (Σχήμα 96). Σε ό,τι αφορά τα αέρια θερμοκηπίου, η βασική συμβολή αφορά στο διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), ενώ ακολουθεί το μεθάνιο (CH_4). Από την εξέταση του διαγράμματος προκύπτει ότι η μείωση που παρατηρείται στο διάστημα μετά το 2005, οφείλεται κατά κύριο λόγο στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και δευτερευόντως στη μείωση των εκπομπών των υπόλοιπων αερίων θερμοκηπίου.

Σχήμα 96. Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά αέριο του θερμοκηπίου

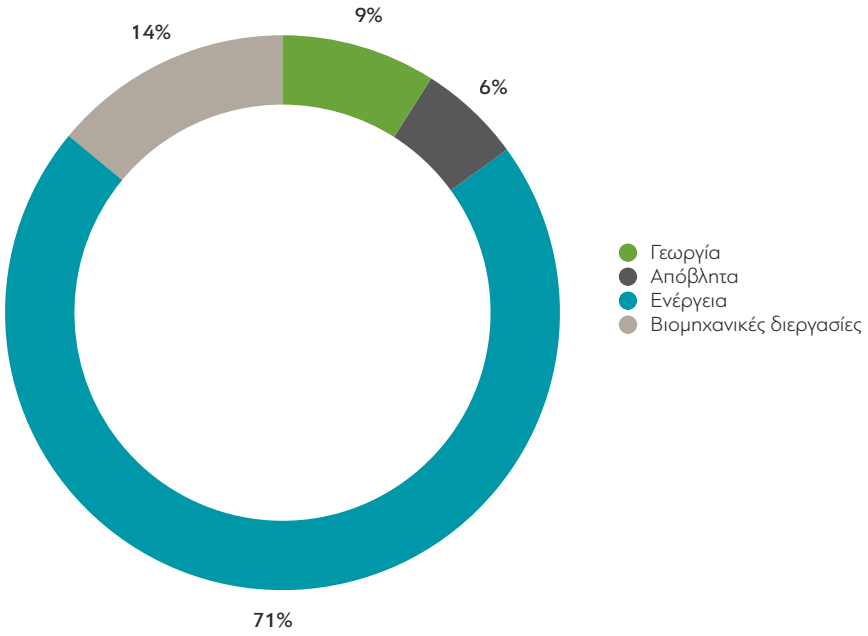


Σημείωση: CH_4: Μεθάνιο, N_2O: Υποξείδιο του αζώτου, HFC: Υδροφθοράνθρακες, PFC: Υπερφθοράνθρακες, SF6: Εξαφθοριούχο θείο.
Πηγή: Εθνική Έκθεση Απογραφής ΑτΘ, 2019, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

8 Εθνικές Εκθέσεις Απογραφής ΑτΘ, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

Κατά συνέπεια, η λήψη μέτρων για τη μείωση των εκπομπών μεθανίου (λ.χ. στους τομείς της γεωργίας και της κτηνοτροφίας) παραμένει ισχυρή προτεραιότητα, ιδιαίτερα λαμβάνοντας υπόψη το ισχυρό δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης του συγκεκριμένου αερίου θερμοκηπίου (πολλαπλάσιο του αντίστοιχου για το διοξείδιο του άνθρακα). Σε ό,τι αφορά στα υπόλοιπα αέρια θερμοκηπίου, ισότιμη συμβολή μέσω των εκπομπών τους έχουν το υποξείδιο του αζώτου (N_2O) και οι υδροφθοράνθρακες (HFC), των οποίων οι πηγές είναι κυρίως η γεωργία και η ψύξη σε κλιματιστικά αντίστοιχα (Σχήμα 97).

Σχήμα 97. Πηγές αερίων του θερμοκηπίου για την Ελλάδα (2019)



Πηγή: ΥΠΕΝ.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση που δεν μειωθούν οι εκπομπές CO_2 από την παραγωγή ενέργειας, θα είναι αναγκαία η αγορά δικαιωμάτων εκπομπών CO_2, με την τιμή του ενός τόνου CO_2 να εμφανίζει σημαντικά αυξητική τάση ως αποτέλεσμα της ζήτησης για δικαιώματα εκπομπών ενόψει των νέων ορίων που προτάθηκαν από την Ευρωπαϊκή Ένωση[9] αναφορικά με τη μείωση τουλάχιστον κατά 55% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα το 2030 σε σχέση με το 1990. Στο Σχήμα 98 που ακολουθεί παρουσιάζεται η εξέλιξη της τιμής του τόνου CO_2 έως τις 22 Μαΐου 2021, ενώ σύμφωνα με εκτιμήσεις θα διαμορφωθεί στα 100 ευρώ το έτος 2050. Η σταδιακή αύξηση της τιμής του τόνου CO_2 είναι δυνατόν να οδηγήσει στη μείωση της ανταγωνιστικότητας επιχειρήσεων

9 https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en.

και παραγωγικών διαδικασιών που θα έχουν την υποχρέωση αγοράς δικαιωμάτων ή και στην πλήρη διακοπή λειτουργίας τους.

Αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με την Ετήσια Οικονομική Έκθεση για το 2019[10] η δαπάνη που κατέβαλε η ΔΕΗ για δικαιώματα εκπομπών CO_2 αυξήθηκε σε 546,5 εκατ. ευρώ το 2019, έναντι 369,6 εκατ. ευρώ το 2018. Η σημαντική αυτή αύξηση προέκυψε από την αύξηση της μέσης τιμής δικαιωμάτων εκπομπών CO_2, η οποία ανήλθε στα 23,7 ευρώ/τόνο για το 2019 από 12,5 ευρώ/τόνο το 2018 (Σχήμα 98). Θα πρέπει επίσης να επισημανθεί ότι καταγράφεται αύξηση των δαπανών για την αγορά δικαιωμάτων εκπομπών CO_2 παρά το γεγονός ότι οι συνολικές εκπομπές ήταν μειωμένες κατά περίπου 20%, από 29,5 εκατ. τόνοι το 2018 σε 23,1 εκατ. τόνους το 2019.

Σχήμα 98. Εξέλιξη της τιμής δικαιωμάτων εκπομπών CO_2



Πηγή: https://www.investing.com/commodities/carbon-emissions-historical-data.

5.1.1 Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και διοξειδίου του άνθρακα

Η ανάλυση των συνολικών εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (CO_2, CH_4, N_2O, HFC, PFC and SF6) καθώς και των επιμέρους εκπομπών των σημαντικότερων αερίων (CO_2, CH_4, N_2O) πραγματοποιήθηκε βάσει των στοιχείων της βάσης Our World in Data[11] και μελετήθηκαν: α) η διαχρονική εξέλιξη των εκπομπών συνολικά και ανά κάτοικο, β) η ετήσια μεταβολή τους, και γ) η σύγκριση με τα επίπεδα των εκπομπών το 1990 συνολικά και ανά κάτοικο.

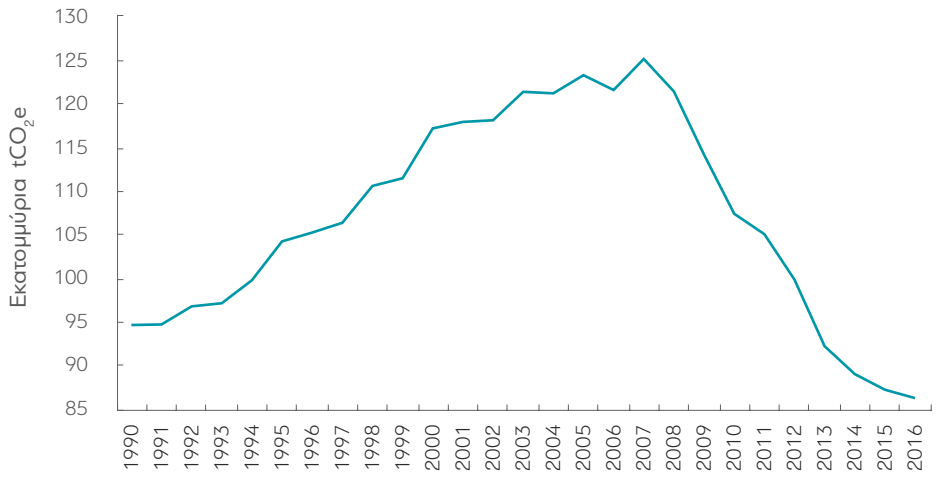
---

10 Ετήσια Οικονομική Έκθεση ΔΕΗ, 2019.
11 Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org.

Οι συνολικές εκπομπές (Σχήματα 99-103) ακολουθούν σε μεγάλο βαθμό τις μεταβολές του CO_2, όπου τα αποτελέσματα αναδεικνύουν:

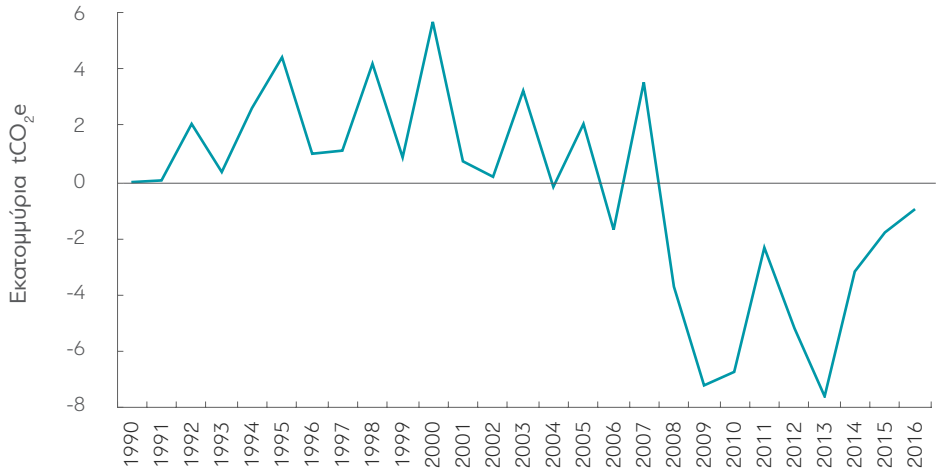
α. Αύξηση των εκπομπών CO_2 έως το 2005-2007 και στη συνέχεια σταδιακή μείωση (Σχήμα 104).
β. Το ποσοστό της συμμετοχής της Ελλάδας στις παγκόσμιες εκπομπές CO_2 το 2019 ήταν 0,18% (Σχήματα 105-106).
γ. Αύξηση στις εκπομπές το 2017 σε σύγκριση με τις εκπομπές του 2016 (Σχήμα 107).
δ. Το 2019 οι εκπομπές μειώθηκαν περισσότερο από 20% σε σύγκριση με το 1990 (Σχήμα 108).
ε. Λιγότερες εκπομπές CO_2 ανά κάτοικο και σε σχέση με τα αντίστοιχα επίπεδα του 1990 (Σχήματα 109-110). Παρατηρείται όμως μικρότερη μείωση των εκπομπών στην Ελλάδα συγκριτικά με τον μέσο όρο εκπομπών της Ευρώπης.
στ. Μείωση εκπομπών CO_2 από καύση στερεών καυσίμων (γαιάνθρακας) και πετρέλαιο – σταδιακή αύξηση από φυσικό αέριο (Σχήμα 111).

Σχήμα 99. Διαχρονική εξέλιξη συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου



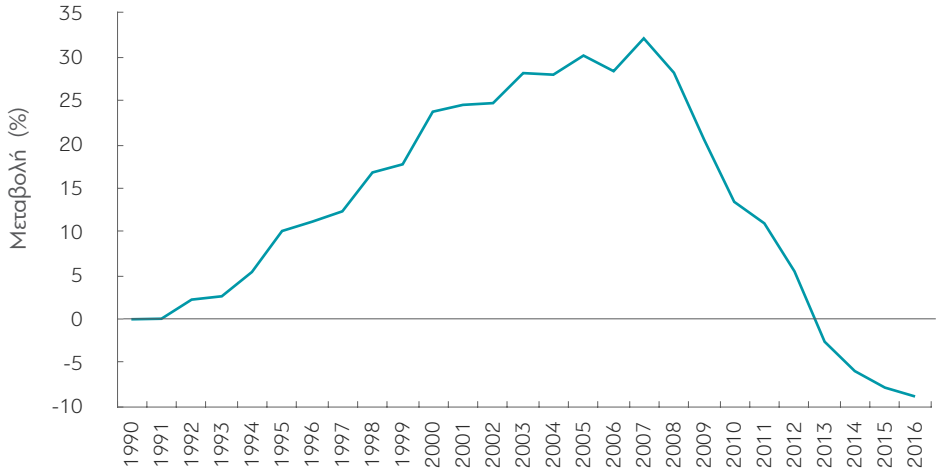
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org.

Σχήμα 100. Ετήσια μεταβολή συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου



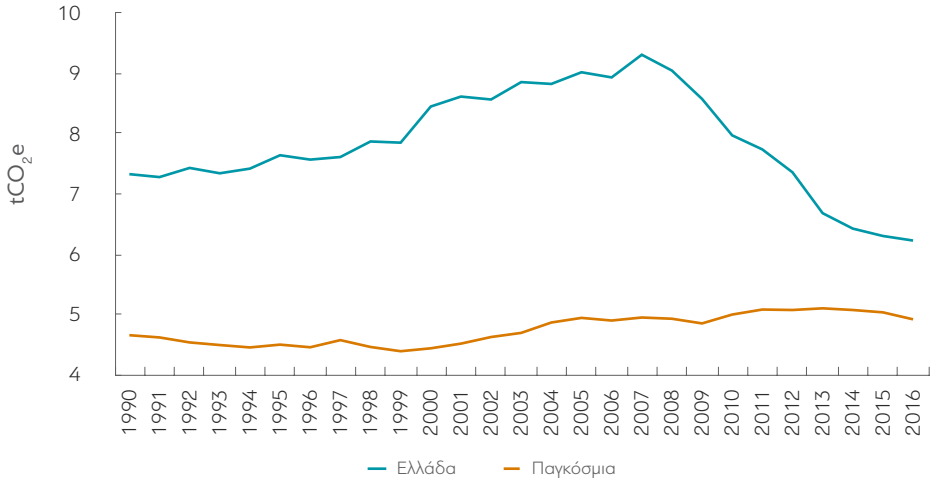
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 101. Ποσοστιαία μεταβολή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με το 1990



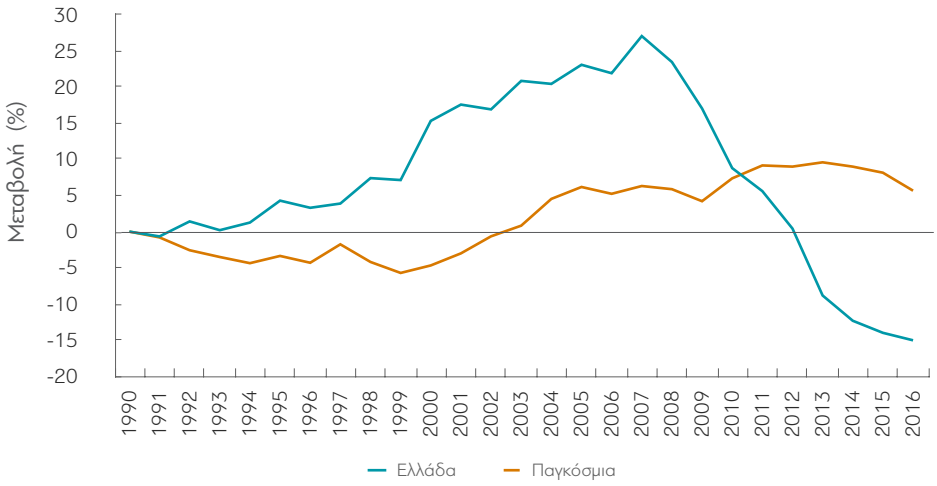
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 102. Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά κάτοικο



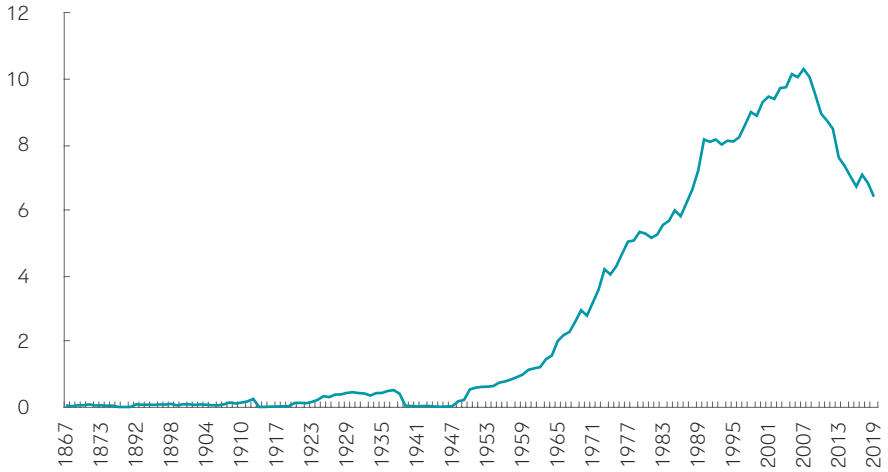
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 103. Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά κάτοικο σε σχέση με το 1990



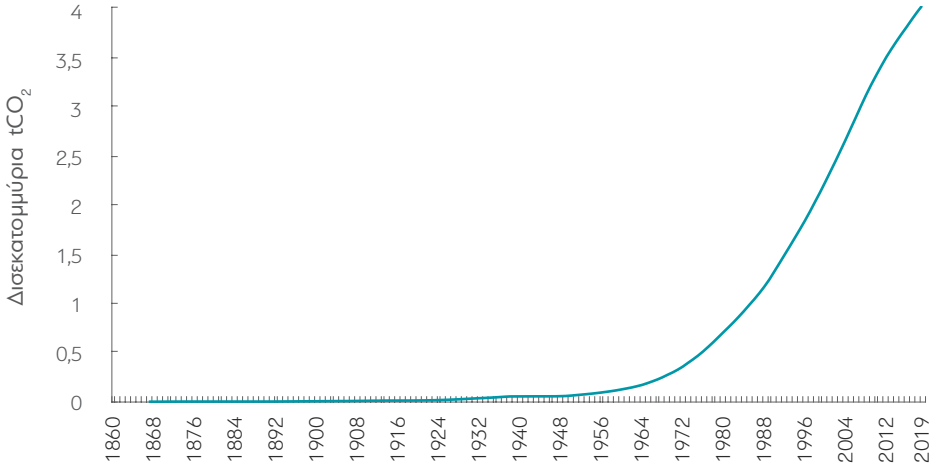
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 104. Διαχρονική εξέλιξη εκπομπών CO_2 ανά κάτοικο



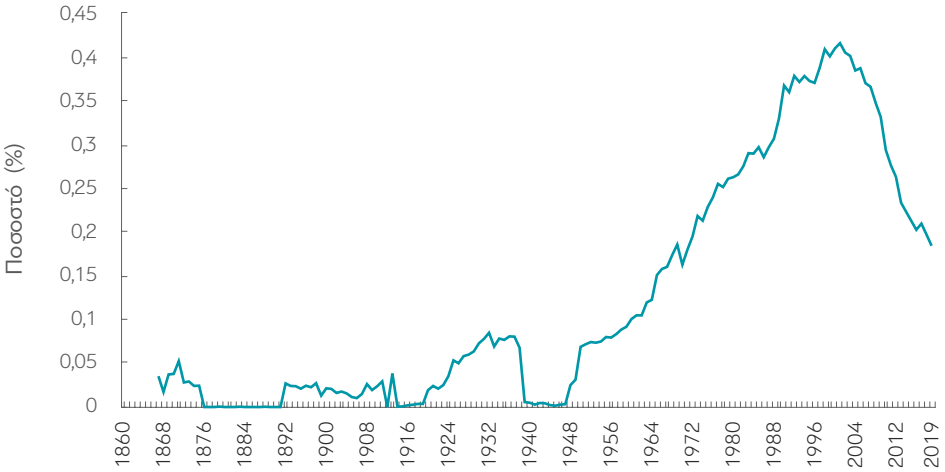
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 105. Συνολικές αθροιστικές εκπομπές CO_2



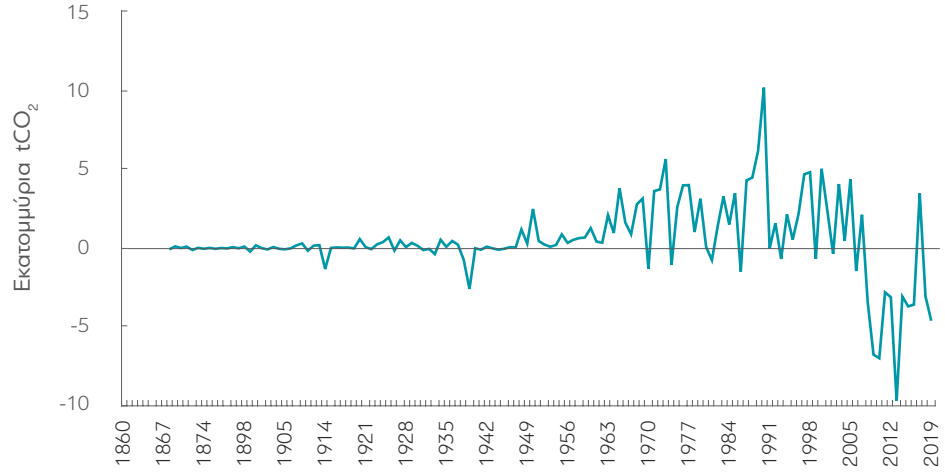
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 106. Ποσοστό συμμετοχής της Ελλάδας στις παγκόσμιες εκπομπές CO_2 ανά έτος



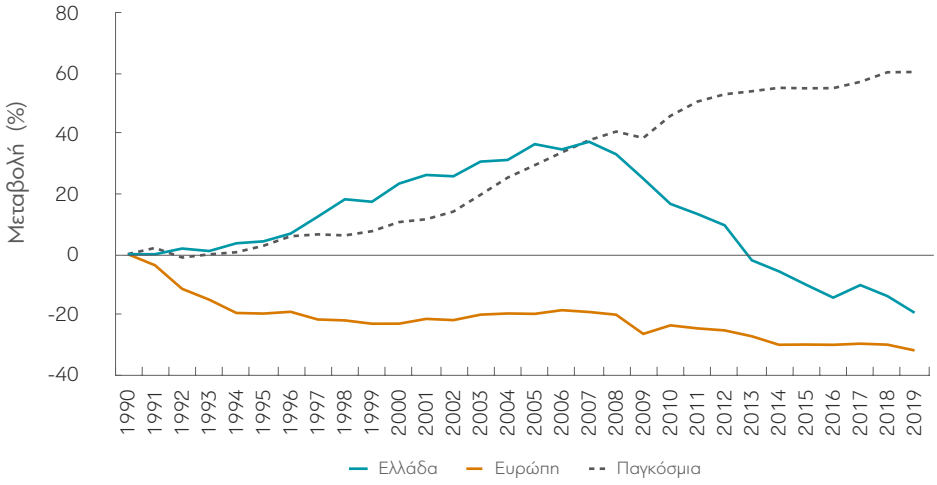
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 107. Ετήσια μεταβολή εκπομπών CO_2



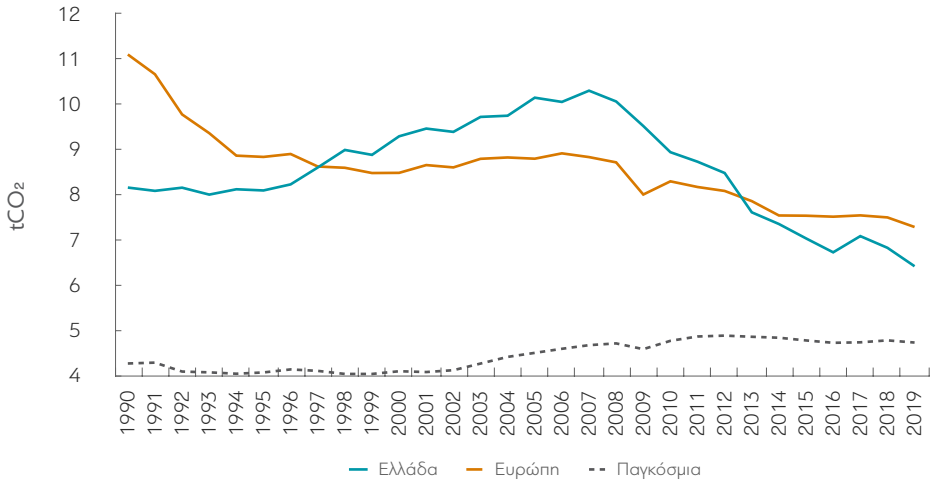
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 108. Μεταβολή εκπομπών CO_2 σε σύγκριση με το 1990 στην Ελλάδα, την Ευρώπη και σε παγκόσμιο επίπεδο



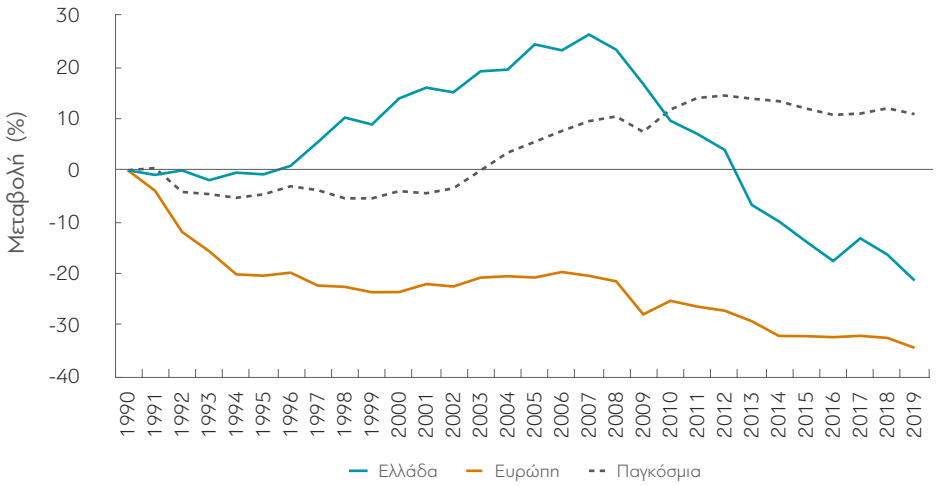
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 109. Μεταβολή εκπομπών CO_2 ανά κάτοικο στην Ελλάδα, την Ευρώπη και σε παγκόσμιο επίπεδο



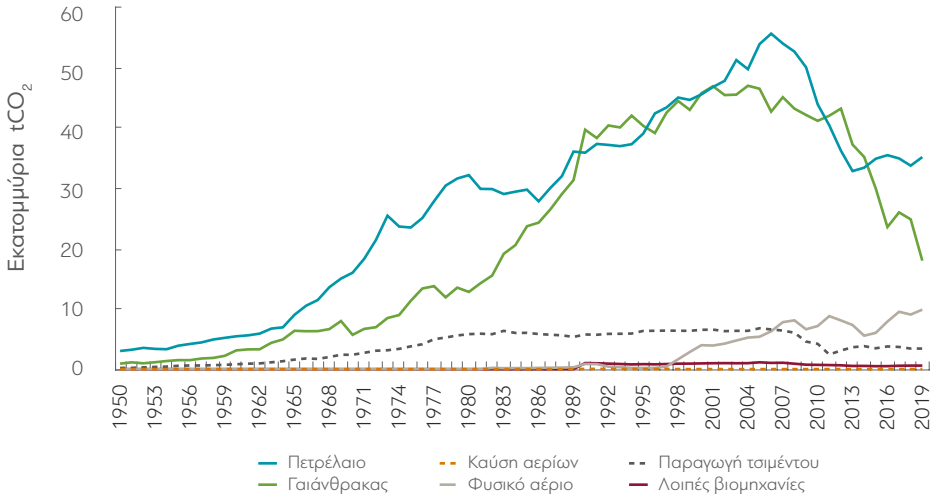
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 110. Μεταβολή εκπομπών CO_2 ανά κάτοικο σε σχέση με το 1990 στην Ελλάδα, την Ευρώπη και σε παγκόσμιο επίπεδο



Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 111. Διαχρονική εξέλιξη των ποσοστών συμμετοχής στις εκπομπές CO_2 ανά καύσιμο και κύριες βιομηχανίες



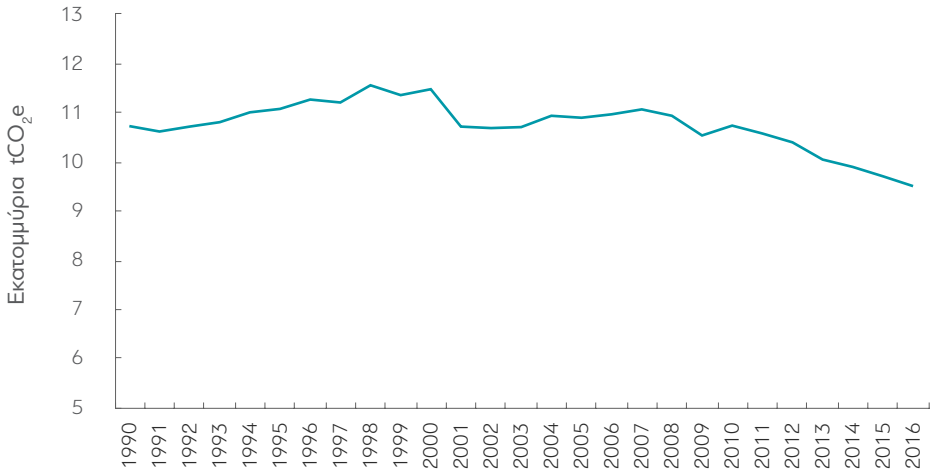
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

5.1.2 Εκπομπές μεθανίου και υποξειδίου του αζώτου

Για τις εκπομπές CH_4 παρατηρείται (Σχήματα 112-116):

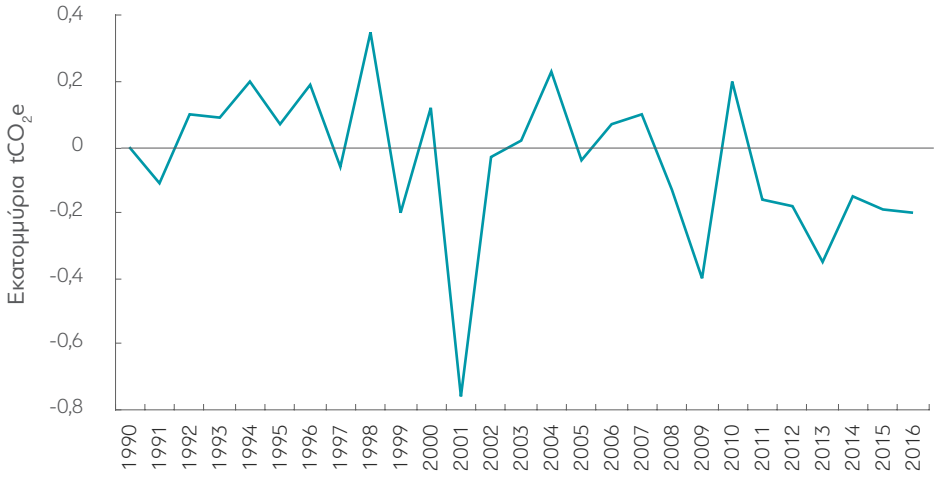
α) Μείωση, το 2016, σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 κατά 11,37%, σημαντικά μικρότερη από τον αντίστοιχο μέσο όρο της Ευρώπης.
β) Οι εκπομπές, το 2016, ανά κάτοικο ανήλθαν στους 0,9 tCO_2eq (τόνοι ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα).

Σχήμα 112. Διαχρονική εξέλιξη εκπομπών μεθανίου



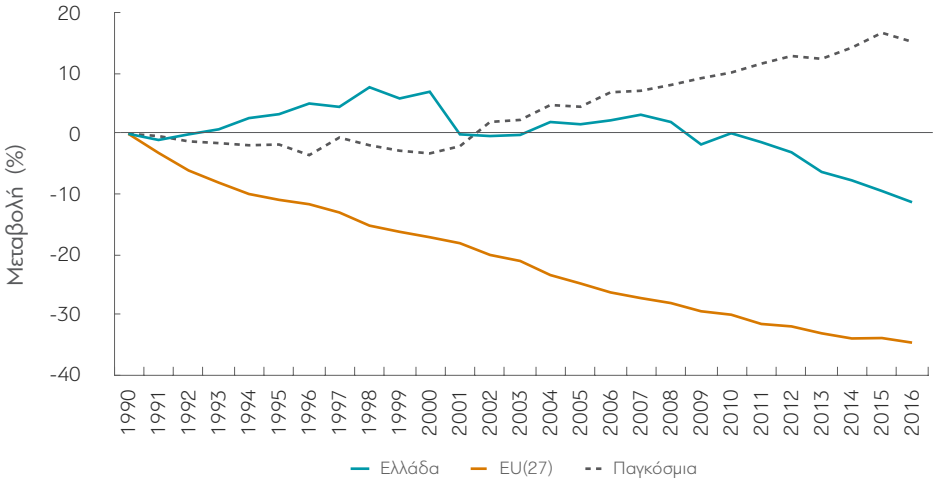
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 113. Ετήσια μεταβολή εκπομπών μεθανίου



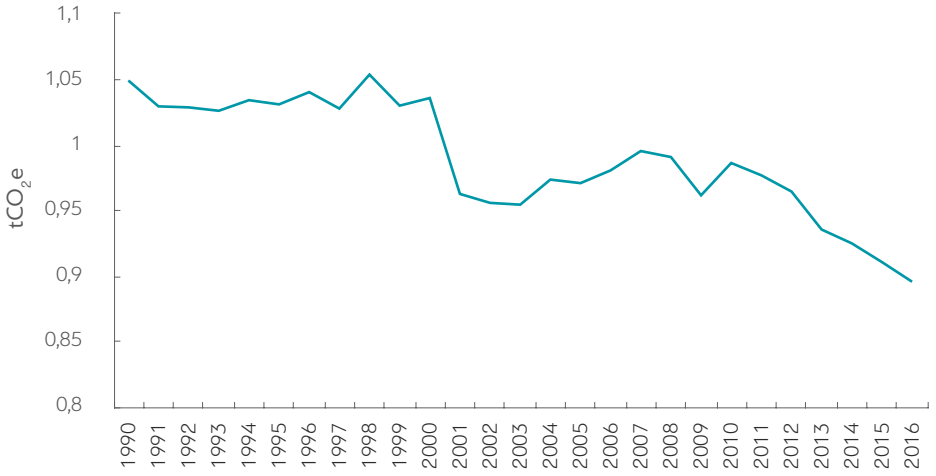
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 114. Μεταβολή εκπομπών μεθανίου σε σύγκριση με το 1990



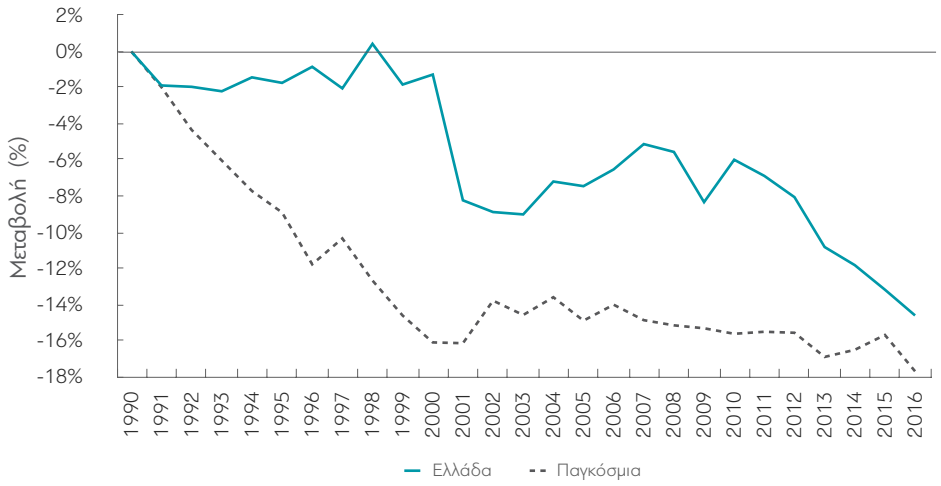
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 115. Εκπομπές μεθανίου ανά κάτοικο



Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 116. Μεταβολή μεθανίου ανά κάτοικο σε σχέση με το 1990

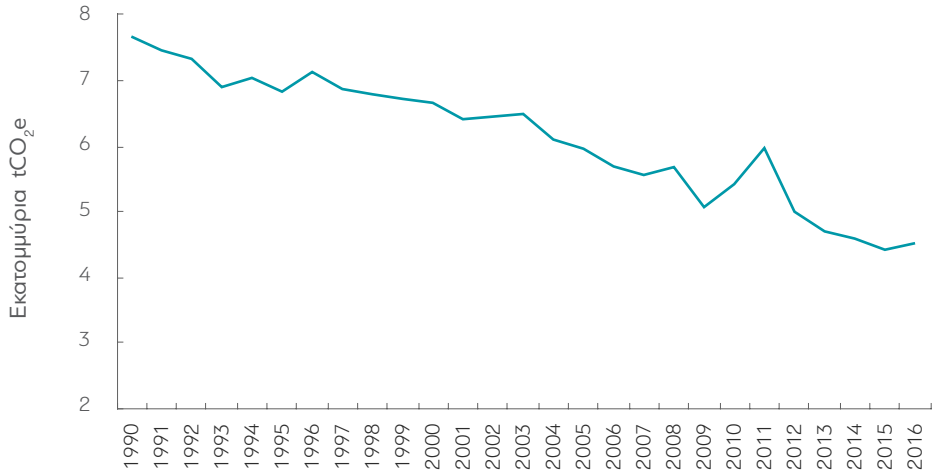


Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Για τις εκπομπές N_2O παρατηρείται (Σχήματα 117-121):

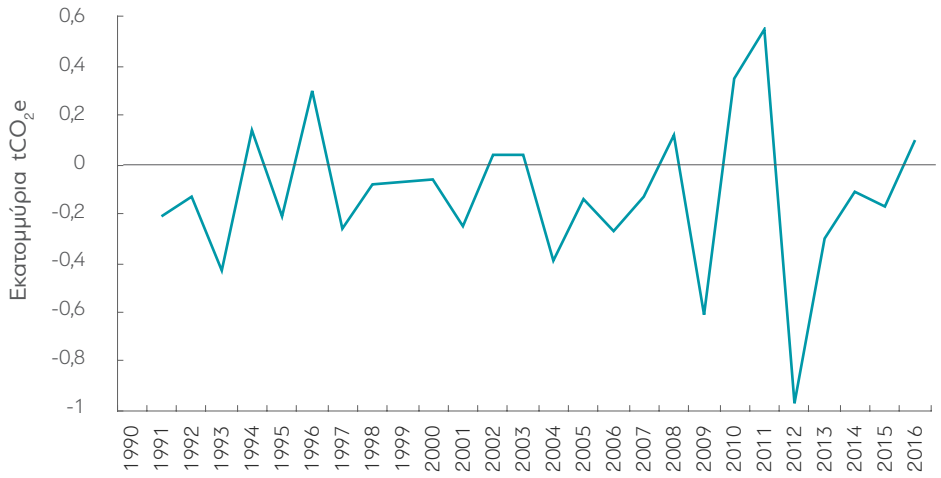
- Αντίστοιχη με τον μέσο όρο της Ευρώπης μείωση εκπομπών ανά κάτοικο σε σύγκριση με το 1990 (42,7%).

Σχήμα 117. Διαχρονική εξέλιξη υποξειδίου του αζώτου



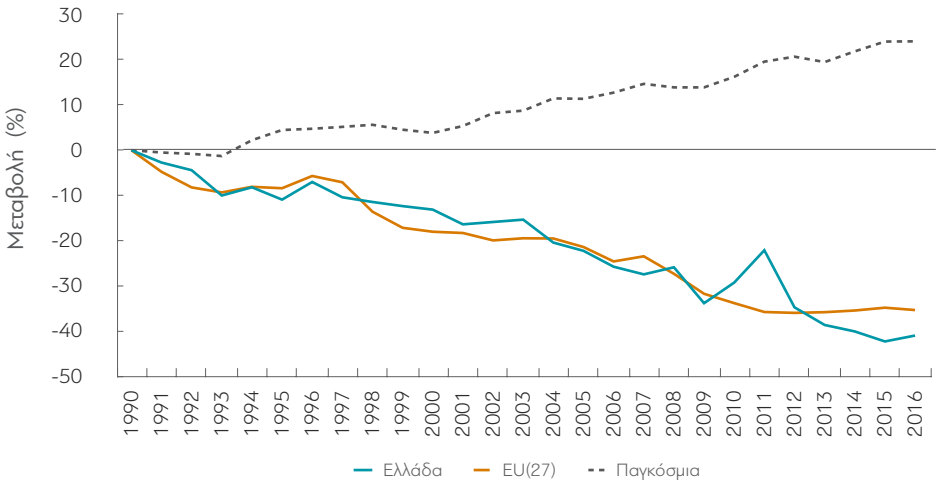
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 118. Ετήσια μεταβολή υποξειδίου του αζώτου



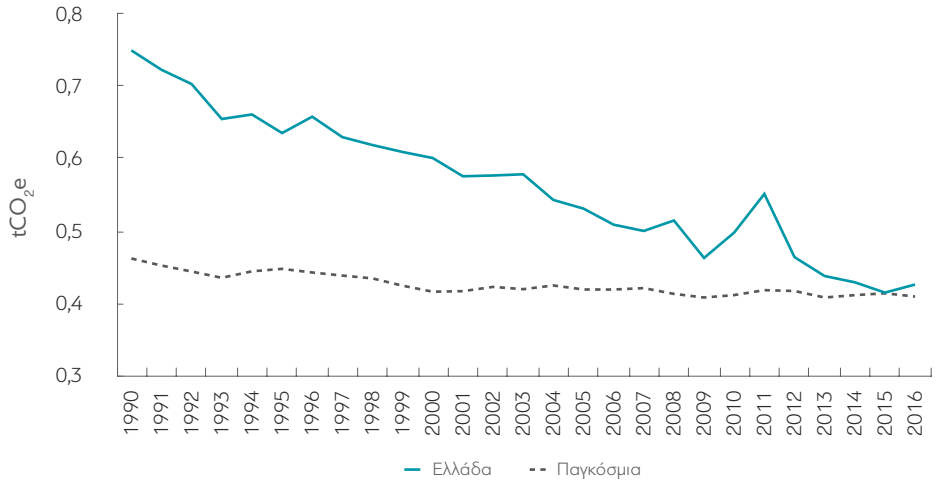
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 119. Μεταβολή εκπομπών υποξειδίου του αζώτου σε σύγκριση με το 1990



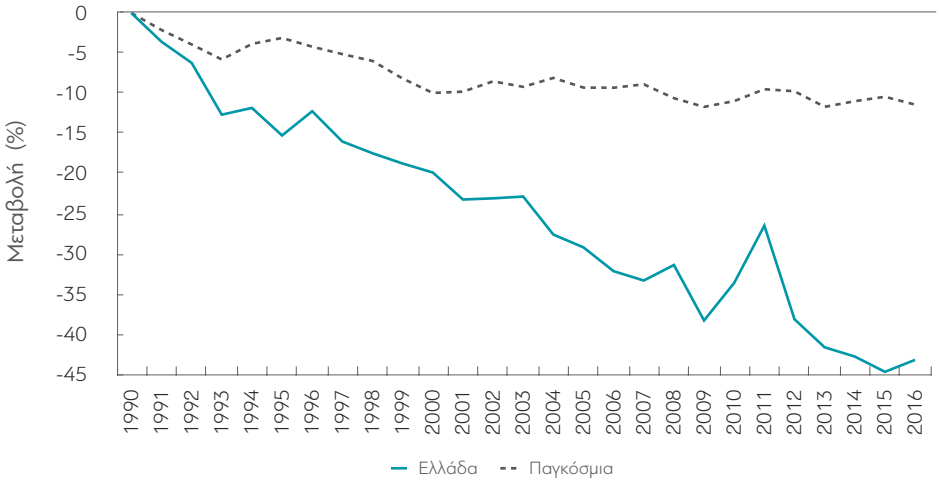
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 120. Εκπομπές υποξειδίου του αζώτου ανά κάτοικο



Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 121. Μεταβολή υποξειδίου του αζώτου ανά κάτοικο σε σχέση με το 1990



Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

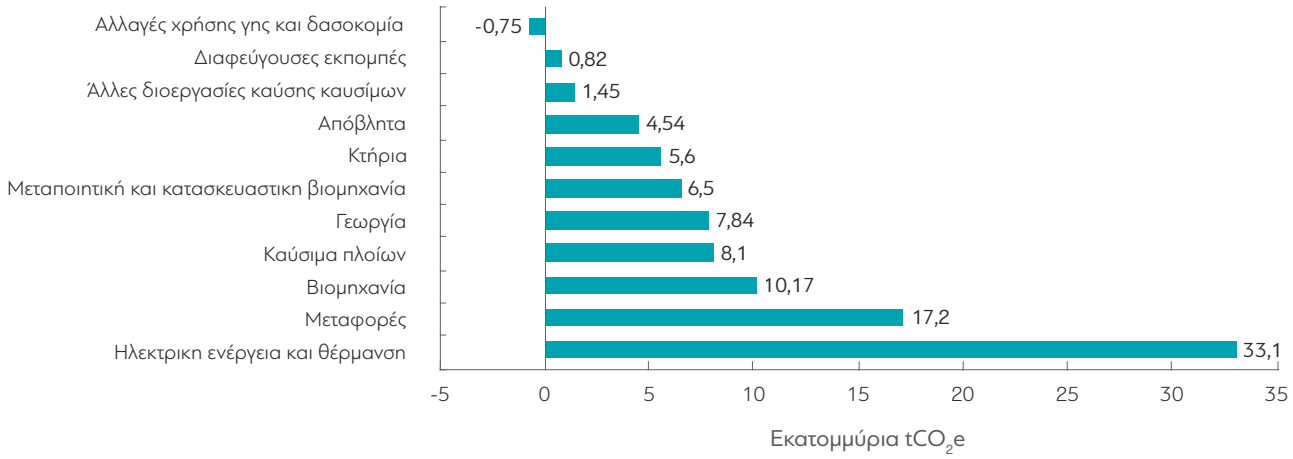
5.1.3 Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα

Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία (έτος 2016)[12] οι σημαντικότεροι τομείς εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα παρουσιάζονται στο Σχήματα 122 και 123 και είναι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, η θέρμανση, οι μεταφορές, η βιομηχανία, η γεωργία και η κατανάλωση ενέργειας στα κτήρια. Αντίστοιχα, για το CO_2 οι κύριοι τομείς είναι η ηλεκτρική ενέργεια, η θέρμανση και οι μεταφορές (Σχήμα 124), ενώ για το CH_4 (Σχήμα 125) και

12 Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org.

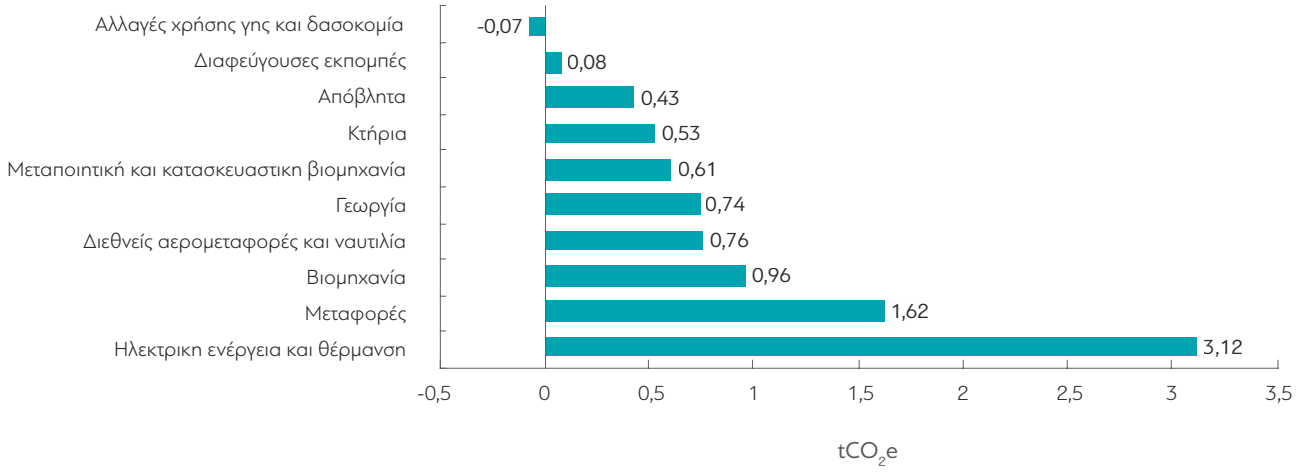
το N_2O (Σχήμα 126) η γεωργία και τα απόβλητα. Τα αντίστοιχα στοιχεία εκπομπών ανά κάτοικο για τα παραπάνω αέρια του θερμοκηπίου παρουσιάζονται στα Σχήματα 124-126, ενώ τα αντίστοιχα διαγράμματα χρονικής εξέλιξης των συγκεντρώσεων ανά κάτοικο για τους σημαντικότερους τομείς στα Σχήματα 127-130. Ιδιαίτερα αξιόλογο στοιχείο αποτελεί το γεγονός ότι σημαντική μείωση έχει επιτευχθεί μόνο στους τομείς της ηλεκτρικής ενέργειας και της θέρμανσης, ενώ κυρίως στον τομέα των μεταφορών κρίνεται απαραίτητη η διαμόρφωση μέτρων μετριασμού των εκπομπών.

Σχήμα 122. Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα



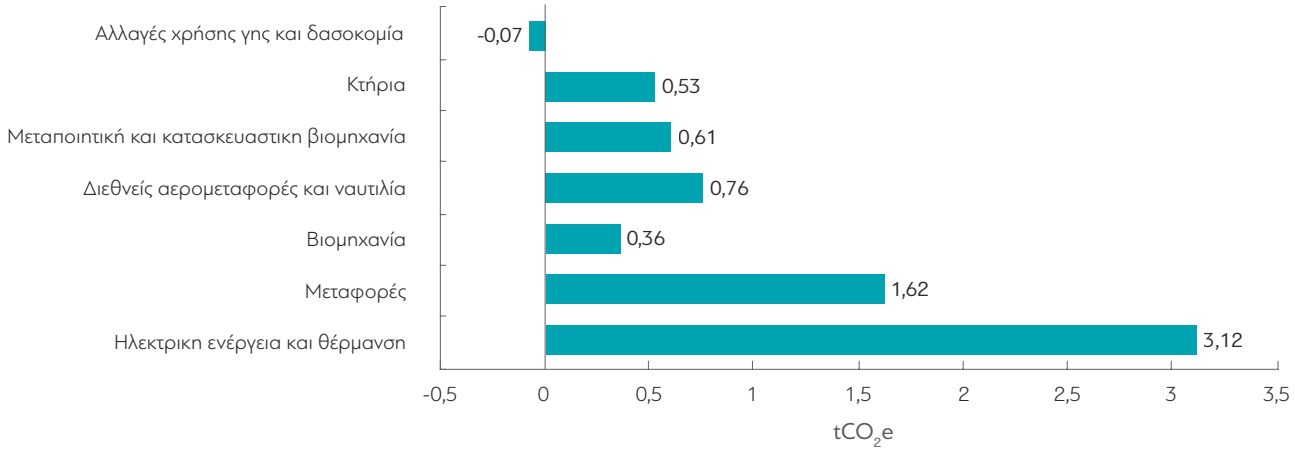
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 123. Συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα και ανά κάτοικο



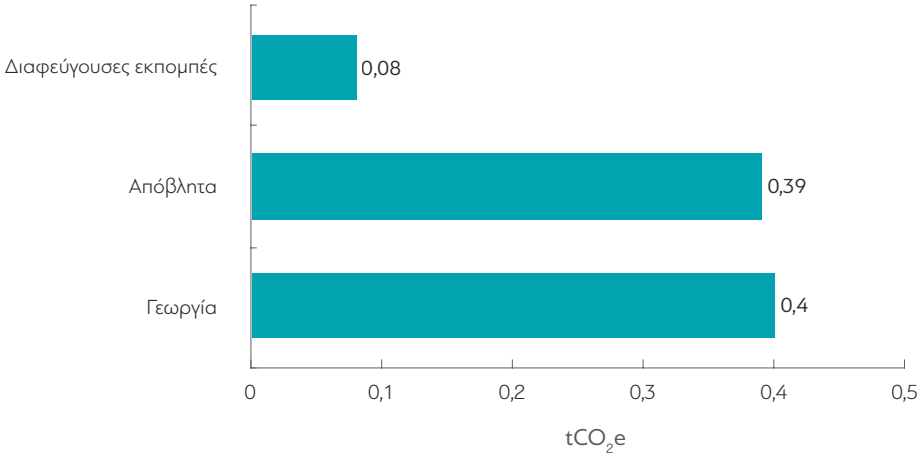
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 124. Εκπομπές CO_2 ανά τομέα και ανά κάτοικο



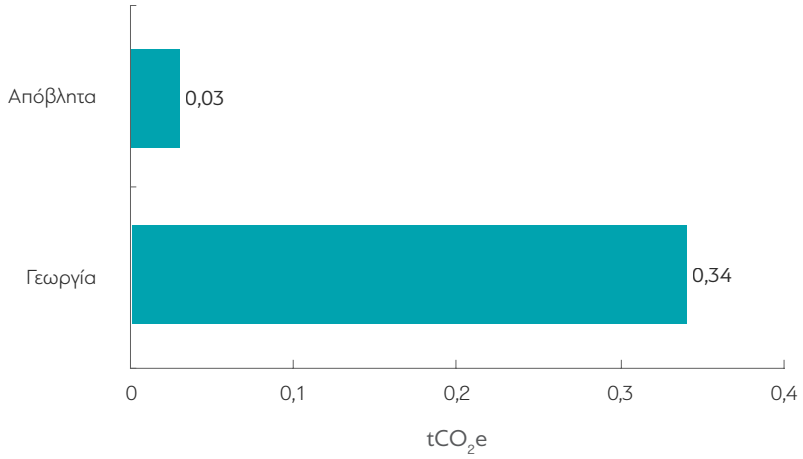
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 125. Εκπομπές CH_4 ανά τομέα και ανά κάτοικο



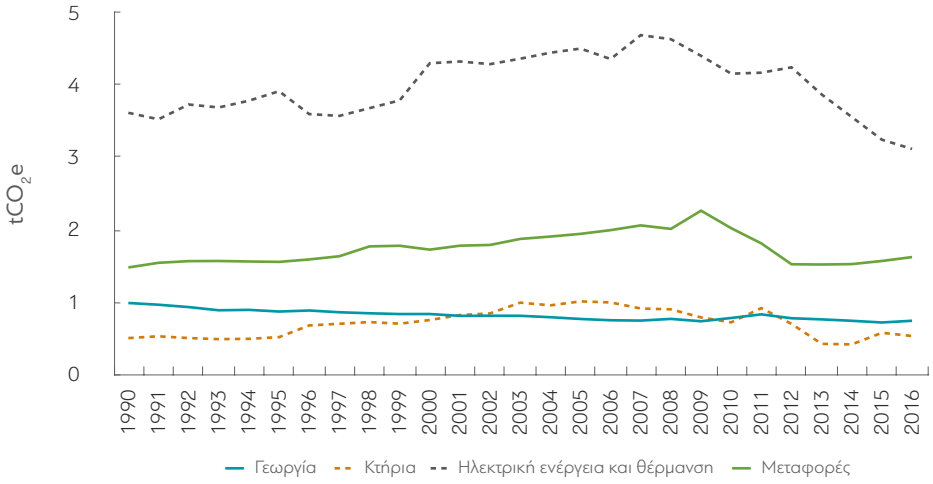
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 126. Εκπομπές N_2O ανά τομέα και ανά κάτοικο



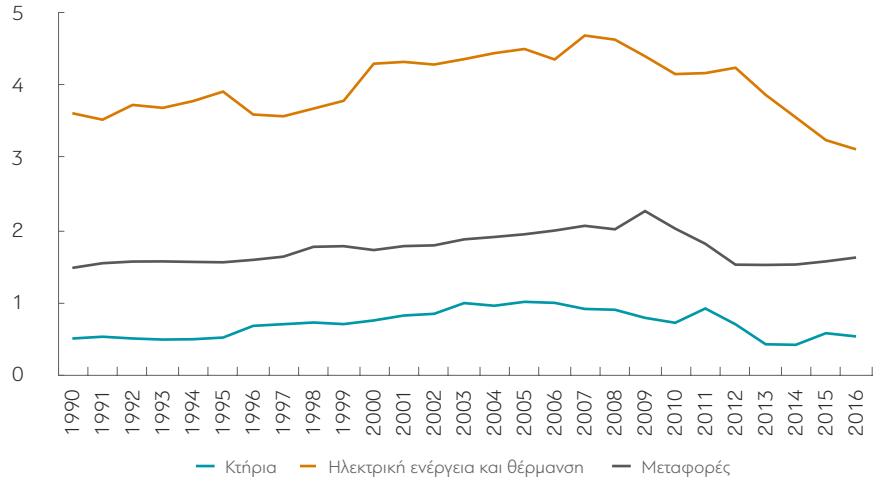
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 127. Εξέλιξη εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θέρμανσης, από τη γεωργία, στα κτήρια και στις μεταφορές ανά κάτοικο



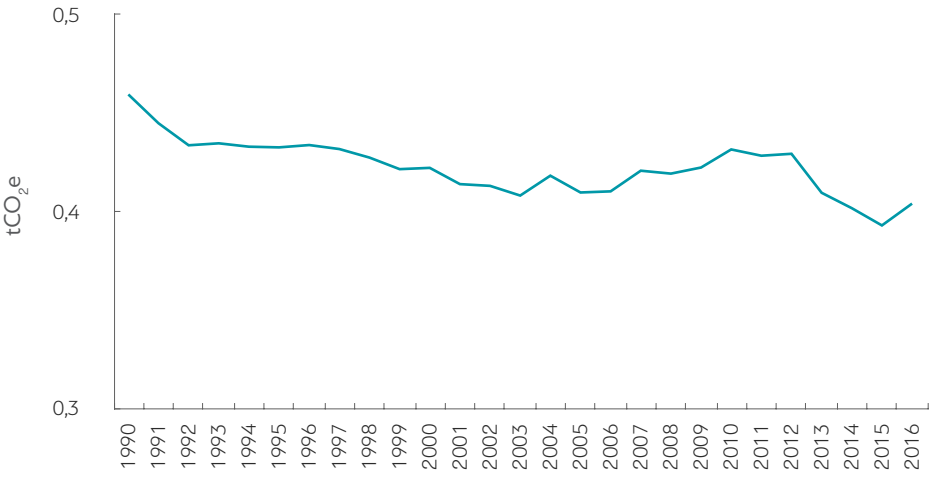
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 128. Εξέλιξη εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θέρμανσης στα κτήρια και στις μεταφορές ανά κάτοικο



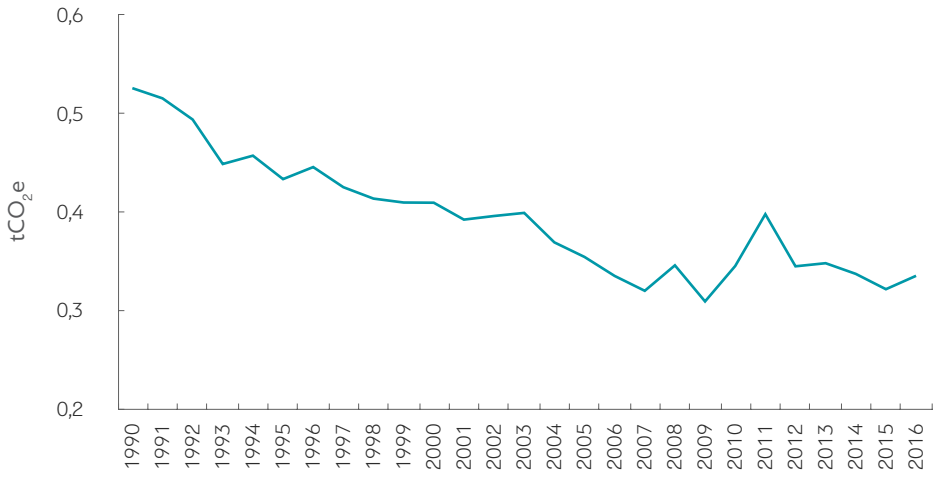
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 129. Εξέλιξη εκπομπών μεθανίου από τη γεωργία ανά κάτοικο



Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 130. Εξέλιξη εκπομπών υποξειδίου του αζώτου από τη γεωργία ανά κάτοικο



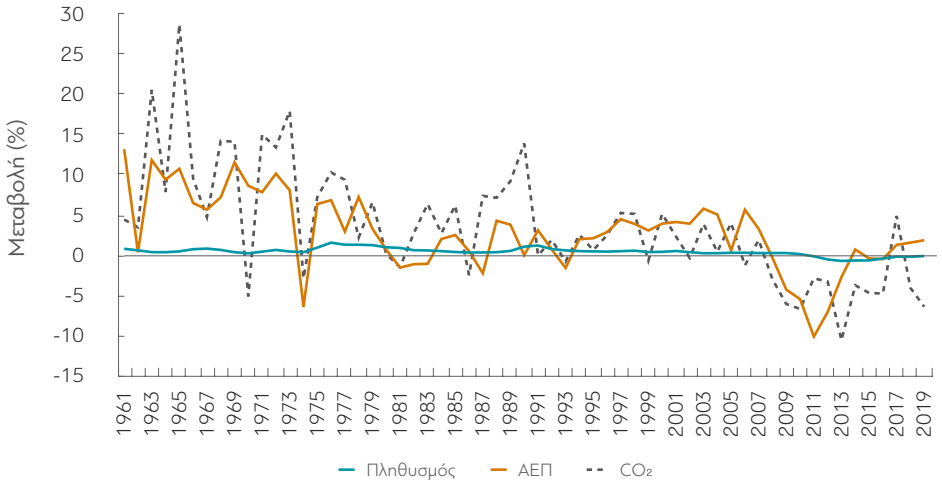
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Οι συνολικές εκπομπές CO_2 μπορεί να εκφραστούν επίσης και ως συνάρτηση του πληθυσμού, του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ), της ενεργειακής έντασης (η ενέργεια που καταναλώνεται για την παραγωγή μίας μονάδας ΑΕΠ) και της έντασης άνθρακα (το ποσό του CO_2 που εκπέμπεται για την παραγωγή μίας μονάδας ενέργειας).

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης όπως παρουσιάζονται στα Σχήματα 131-133, υποδεικνύουν:

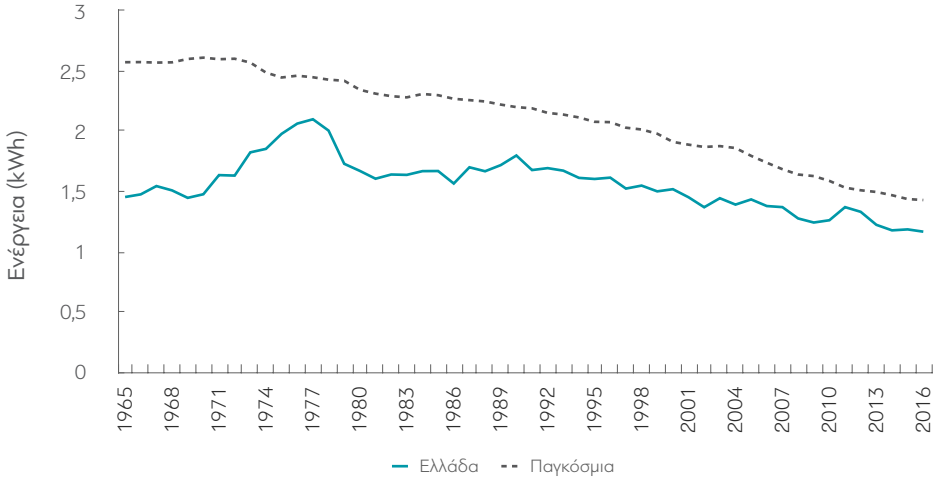
α) Τη μείωση των εκπομπών ΑτΘ από το 2005 έως το 2012 ως αποτέλεσμα, κυρίως, της μείωσης της οικονομικής δραστηριότητας.
(β) Τη μείωση, παρά την αύξηση της οικονομικής δραστηριότητας, των εκπομπών ΑτΘ από το 2018 και μετά, λόγω της αύξησης της συμμετοχής των ΑΠΕ και του φυσικού αερίου στο ενεργειακό μείγμα της χώρας σε συνδυασμό με δράσεις βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας.

Σχήμα 131. Εξάρτηση εκπομπών CO_2 με τον πληθυσμό και το ΑΕΠ



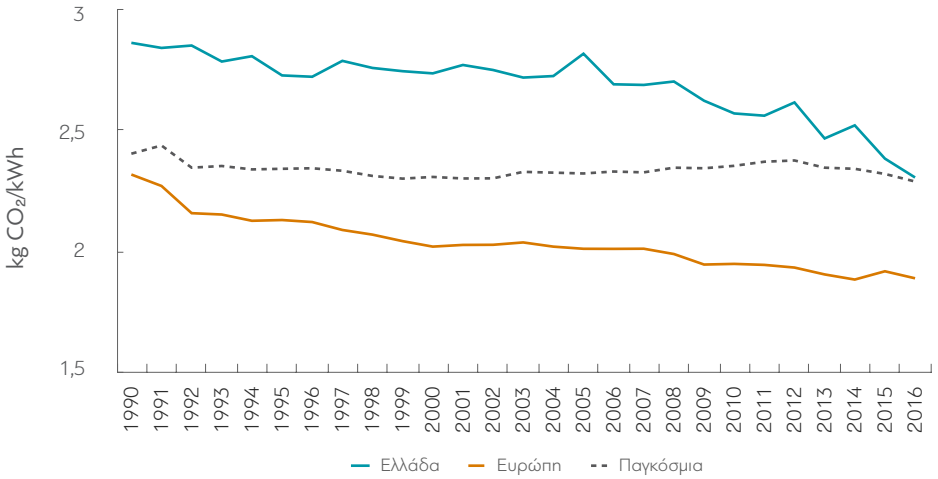
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 132. Ενεργειακή ένταση για την Ελλάδα και παγκόσμια



Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 133. **Ένταση άνθρακα για την Ελλάδα, την Ευρώπη και παγκόσμια**



Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

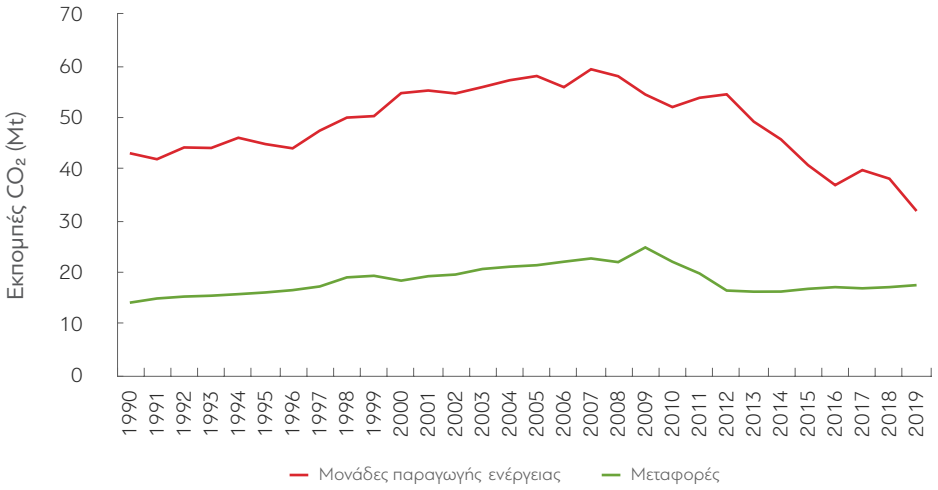
Σύμφωνα με τα στοιχεία της απογραφής των αερίων του θερμοκηπίου για το έτος 2019 στην Ελλάδα[13] για τις εκπομπές των σημαντικότερων αερίων (CO_2 και CH_4) από τις μονάδες παραγωγής ενέργειας και τις μεταφορές (Σχήμα 134 και 135) προκύπτει για τα τελευταία χρόνια (μετά το 2012): α) σημαντική μείωση εκπομπών CO_2 για την παραγωγή ενέργειας, σταθερές εκπομπές στον τομέα των μεταφορών, και β) μικρές μεταβολές στις εκπομπές CH_4.

Η σημαντική μείωση των εκπομπών CO_2 οφείλεται αφενός στη σταδιακή απανθρακοποίηση του ενεργειακού μείγματος της χώρας (χρήση ΑΠΕ) σε συνδυασμό με τη χρήση φυσικού αερίου ως ορυκτού καυσίμου χαμηλότερης έντασης άνθρακα.[14]

13 Εθνική Έκθεση Απογραφής ΑτΘ, 2019, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

14 Στις εκπομπές ΑτΘ ανά αποδιδόμενη ενέργεια, το φυσικό αέριο (15,3 tCO_2/TJ είναι χαμηλότερο κατά 24,3% σε σχέση με το ντίζελ (20,2 tCO_2/TJ), κατά 27,5% σε σχέση με το μαζούτ (21,1 tCO_2/TJ) και κατά 44,6% σε σχέση με τον λιγνίτη (27,6 tCO_2/TJ).

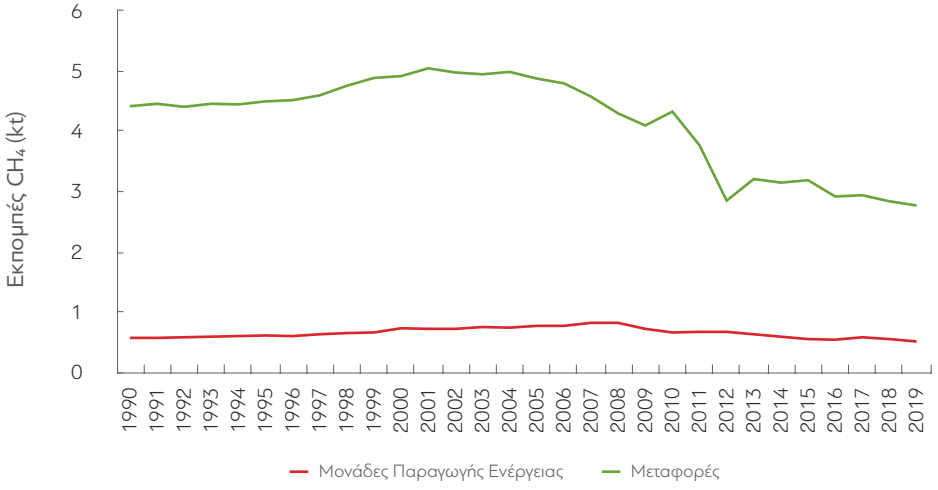
Σχήμα 134. Εκπομπές CO_2 από μονάδες παραγωγής ενέργειας και μεταφορές



Πηγή: Εθνική Έκθεση Απογραφής ΑτΘ, 2019, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

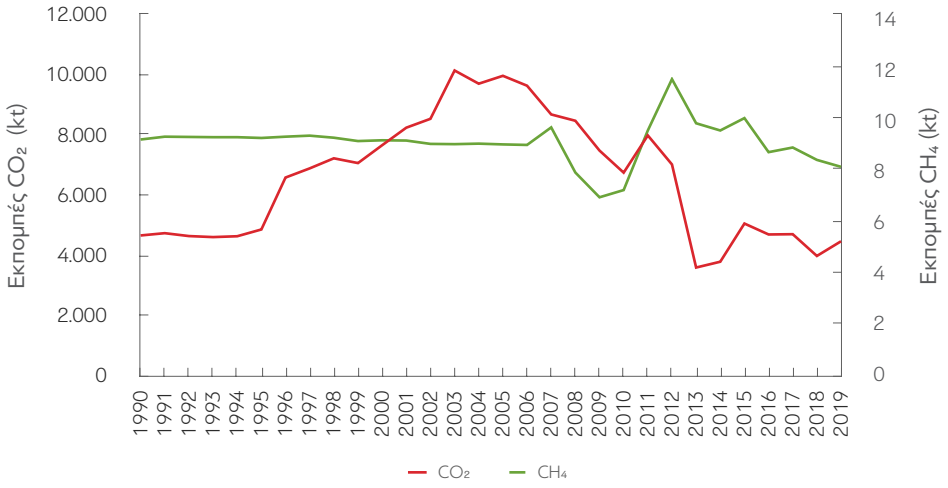
Αντίστοιχα, στον τομέα της θέρμανσης, όπως προκύπτει για τη θέρμανση κατοικιών (Σχήμα 136) και εμπορικών κτηρίων (Σχήμα 137), οι εκπομπές CO_2 αυξάνονται έως το 2005 και στη συνέχεια μειώνονται σταδιακά ως αποτέλεσμα της χρήσης φυσικού αερίου και της βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτηρίων.

Σχήμα 135. Εκπομπές CH_4 από μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και μεταφορές



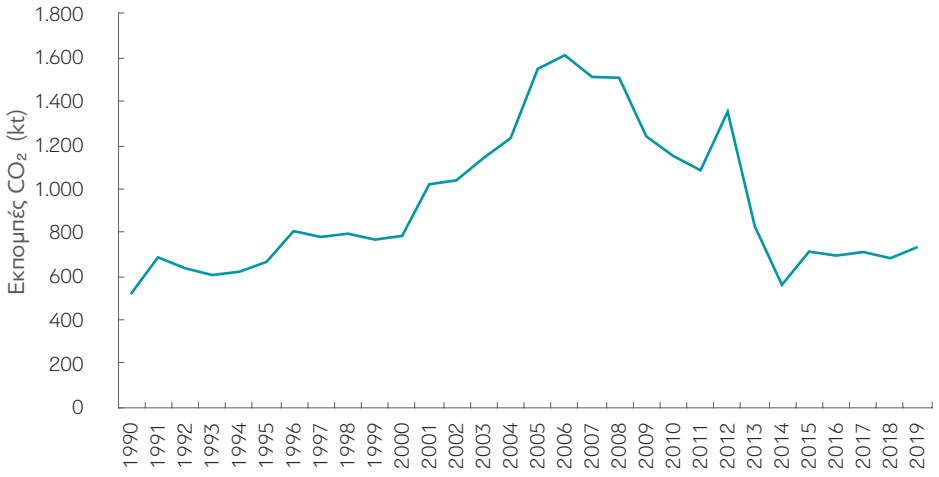
Πηγή: Εθνική Έκθεση Απογραφής ΑτΘ, 2019, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

Σχήμα 136. Εκπομπές CO_2 και CH_4 για θέρμανση σε κατοικίες



Πηγή: Εθνική Έκθεση Απογραφής ΑτΘ, 2019, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

Σχήμα 137. Εκπομπές CO_2 για θέρμανση σε εμπορικά κτήρια και οργανισμούς



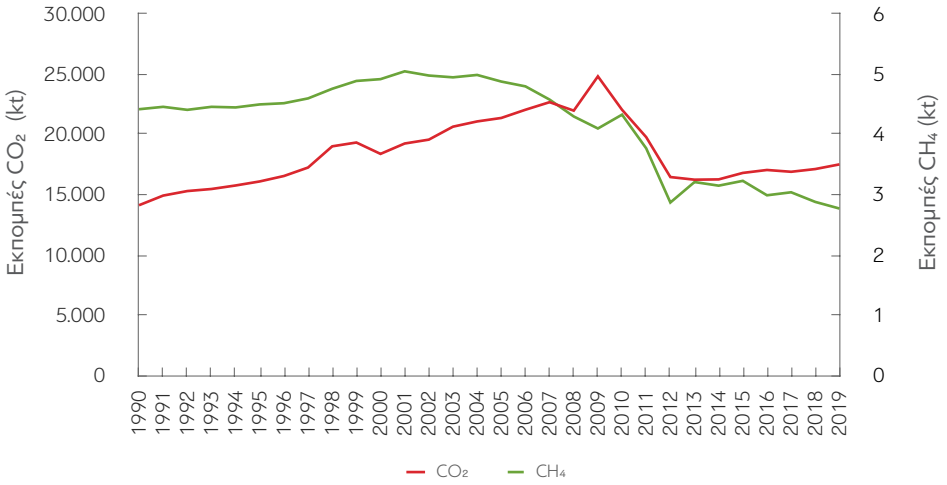
Πηγή: Εθνική Έκθεση Απογραφής ΑτΘ, 2019, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

Συγκεκριμένα συνολικά στον τομέα των μεταφορών (Σχήμα 138), διαπιστώνεται σημαντική μείωση των εκπομπών CO_2 και CH_4 από το 2009 έως το 2013 ενώ στη συνέχεια οι εκπομπές είναι σταθερές και ακολουθούν τη διαχρονική εξέλιξη των εκπομπών λόγω οδικών μεταφορών (Σχήμα 139). Ειδικότερα μέτρα σχετικά με τον αναγκαίο περιορισμό των εκπομπών περιλαμβάνουν: την προώθηση της κίνησης με φυσικό αέριο,[15] την προώθηση της

15 Η προώθηση της κίνησης με φυσικό αέριο προτείνεται ως μεταβατικό στάδιο, μέχρι η παραγωγή ηλεκτρισμού στη χώρα μας να γίνει χαμηλότερης σχετικής εκπομπής ΑτΘ ανά μονάδα χρησιμοποιούμενης ενέργειας.

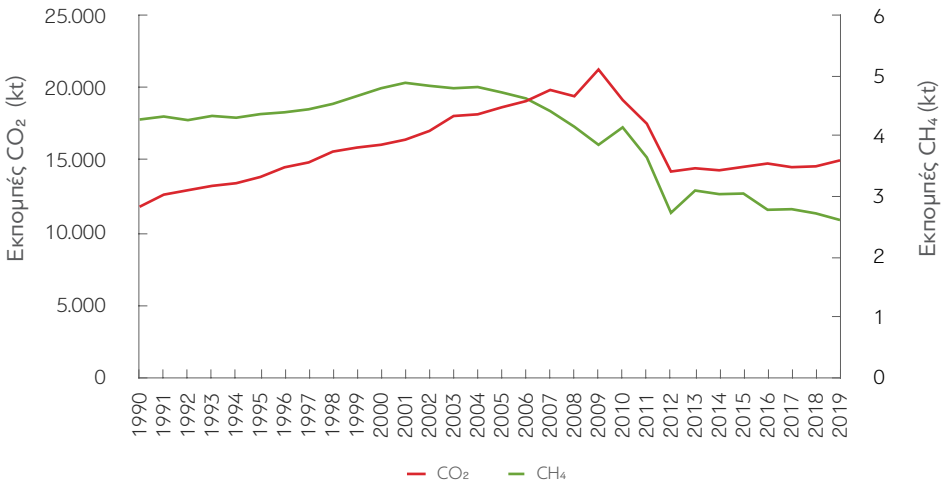
ηλεκτροκίνησης,[16] των βιοκαυσίμων,[17] τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των οδικών μεταφορών, την επέκταση των δικτύων Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και τον σταδιακό περιορισμό της χρήσης των ιδιωτικών οχημάτων στα κέντρα των πόλεων.

Σχήμα 138. Εκπομπές CO_2 και CH_4 από τον τομέα των μεταφορών



Πηγή: Εθνική Έκθεση Απογραφής ΑτΘ, 2019, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

Σχήμα 139. Εκπομπές CO_2 και CH_4 από οδικές μεταφορές



Πηγή: Εθνική Έκθεση Απογραφής ΑτΘ, 2019, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

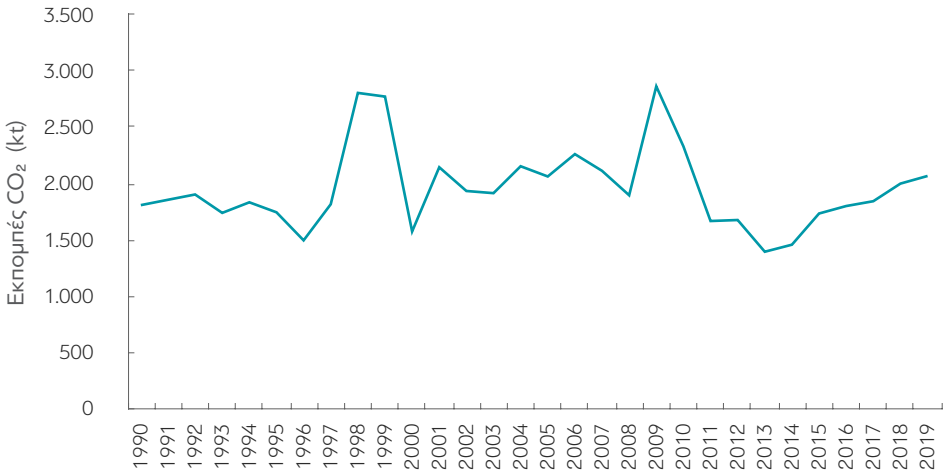
---

16 Όταν η παραγωγή ηλεκτρισμού προέρχεται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

17 Στον βαθμό που αυτό δεν συνεπάγεται μετατόπιση των εκπομπών της μετακίνησης σε ισοδύναμες ή μεγαλύτερες εκπομπές στην παραγωγή των βιοκαυσίμων, καθώς και τη δημιουργία επιπλέον περιβαλλοντικών προβλημάτων.

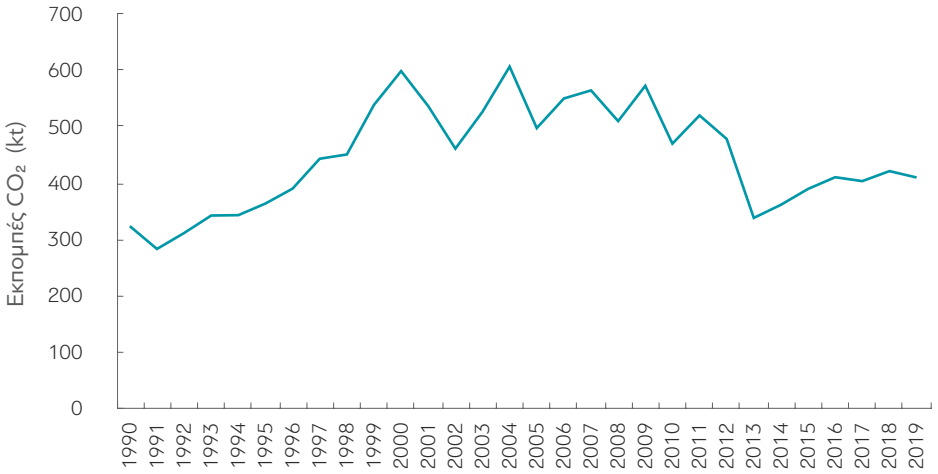
Χαρακτηριστικά οι εκπομπές CO_2 που αντιστοιχούν στην εγχώρια ναυσιπλοΐα, στις εγχώριες αερομεταφορές, στις σιδηροδρομικές μεταφορές (Σχήμα 140-142) και οι εκπομπές CO_2eq από τη διεθνή ναυσιπλοΐα και τις αερομεταφορές (Σχήμα 143-144), παρουσιάζουν τα τελευταία χρόνια αυξητικές τάσεις (από το 2013 και μετά), λόγω της αύξησης των επιβατών και του εμπορίου. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει ότι οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στον τομέα των θαλάσσιων και αεροπορικών μεταφορών υπολείπονται των απαιτούμενων μειώσεων, ενώ επισημαίνεται ότι σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης αναδεικνύεται η σημασία: α) για την ένταξη των θαλάσσιων μεταφορών στο σύστημα εμπορίας εκπομπών, και β) για επενδύσεις αναμόρφωσης του στόλου των αεροσκαφών για μεγαλύτερη αποδοτικότητα καυσίμου.

Σχήμα 140. Εκπομπές CO_2 στον τομέα της εγχώριας ναυσιπλοΐας



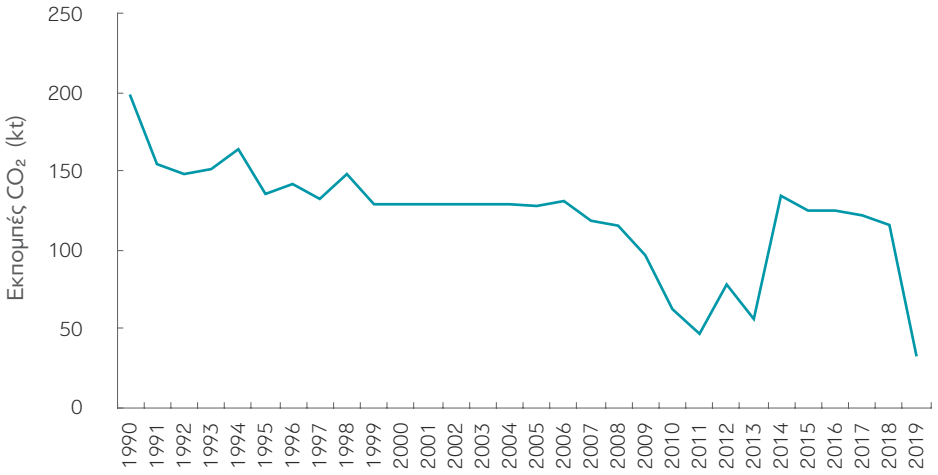
Πηγή: Εθνική Έκθεση Απογραφής ΑτΘ, 2019, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

Σχήμα 141. Εκπομπές CO_2 στον τομέα των εγχώριων αερομεταφορών



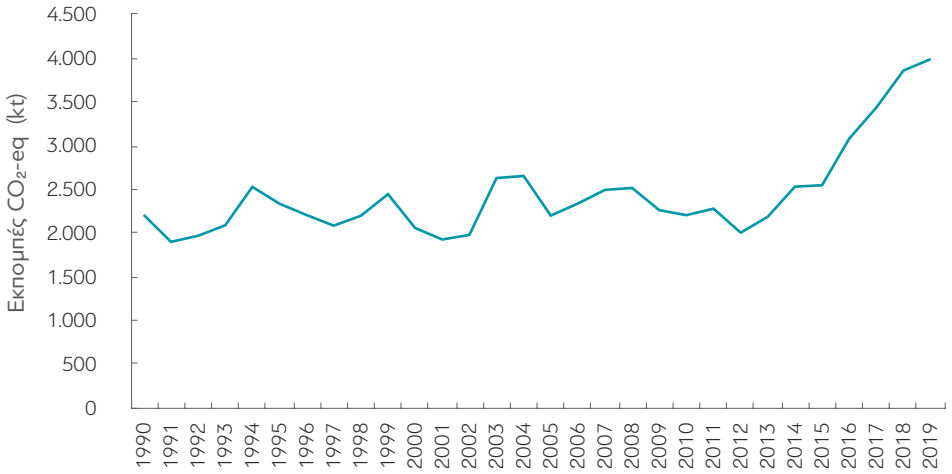
Πηγή: Εθνική Έκθεση Απογραφής ΑτΘ, 2019, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

Σχήμα 142. Εκπομπές CO_2 στον τομέα των σιδηροδρομικών μεταφορών



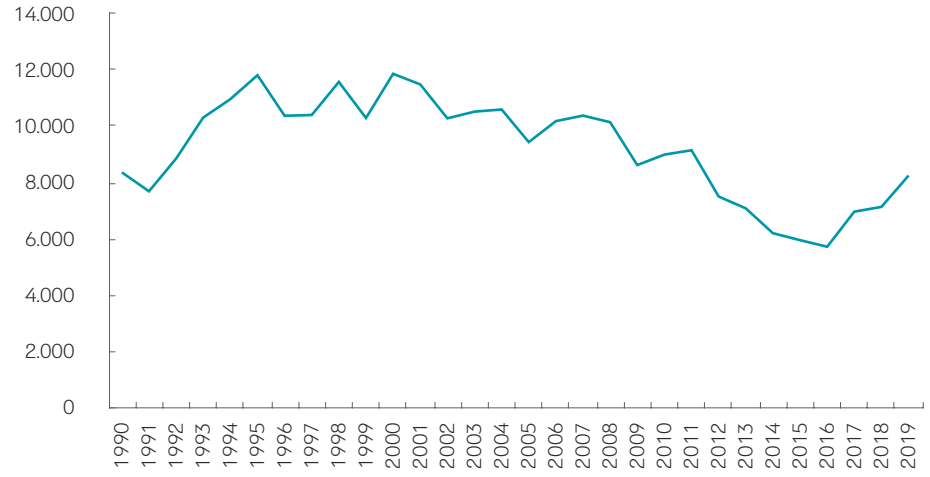
Πηγή: Εθνική Έκθεση Απογραφής ΑτΘ, 2019, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

Σχήμα 143. Εκπομπές CO_2eq στον τομέα των διεθνών αερομεταφορών



Πηγή: Εθνική Έκθεση Απογραφής ΑτΘ, 2019, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

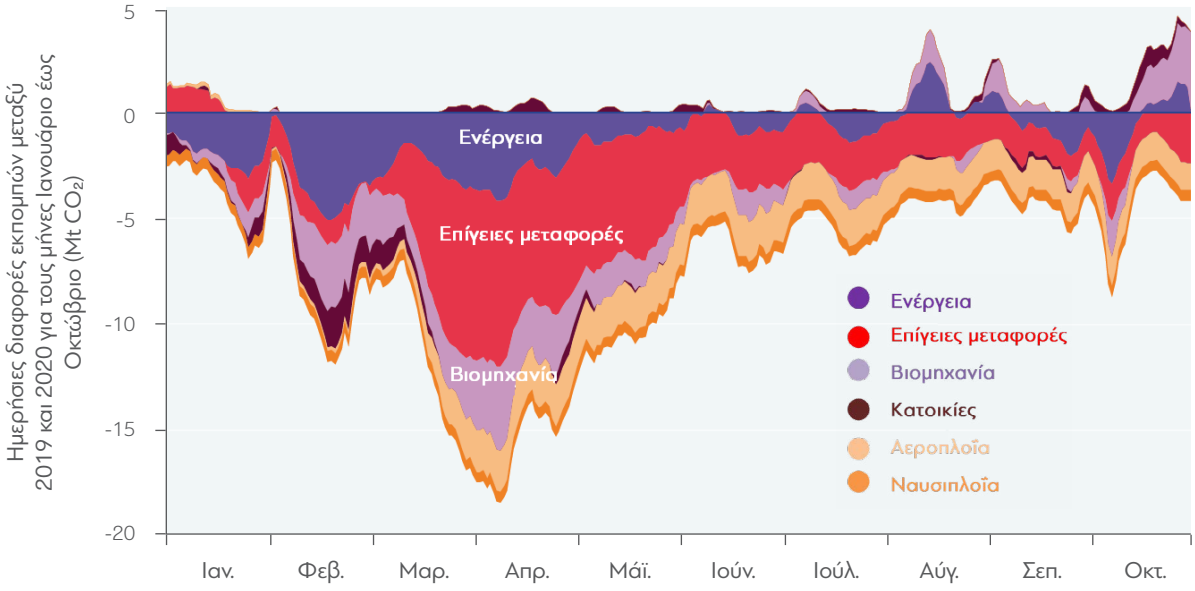
Σχήμα 144. Εκπομπές CO_2eq στον τομέα της διεθνούς ναυσιπλοΐας



Πηγή: Εθνική Έκθεση Απογραφής ΑτΘ, 2019, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

Τέλος, στο Σχήμα 145 παρουσιάζεται η επίδραση στις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από την επιβολή μέτρων σε παγκόσμια κλίμακα λόγω της πανδημίας COVID-19. Χαρακτηριστικά, τα δεδομένα υποδεικνύουν την πρόσκαιρη μείωση των εκπομπών κυρίως λόγω του περιορισμού των επίγειων και αεροπορικών μεταφορών.

Σχήμα 145. Ημερήσια μεταβολή των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε εκατ. tCO_2 μεταξύ 2019 και 2020 ανά τομέα

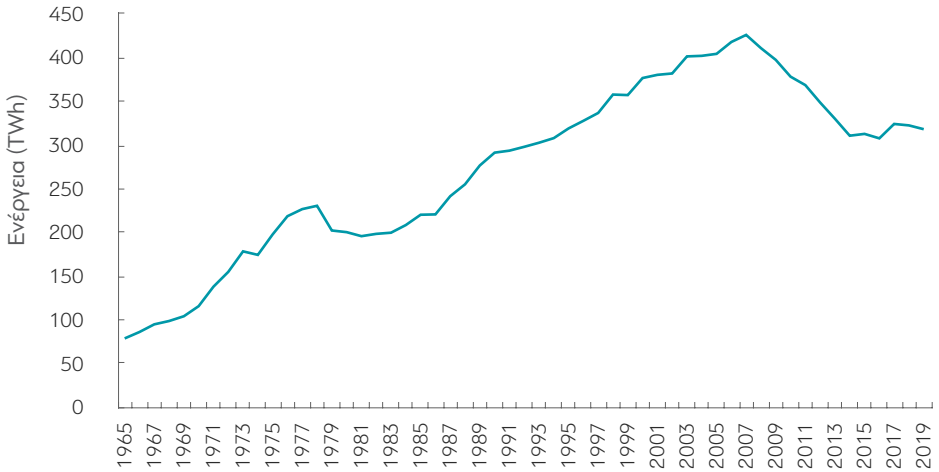


Πηγή: UNEP Emissions Gap Report 2020, UNEP 2020.

5.2 Ο τομέας της ενέργειας στην Ελλάδα

Ο ενεργειακός τομέας αποτελεί τη σημαντικότερη πηγή αερίων του θερμοκηπίου και συνεπώς κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική η μελέτη της διαχρονικής εξέλιξης μεγεθών σχετικά με τη συνολική κατανάλωση ενέργειας. Στόχος είναι η μελέτη των τάσεων[18] και η εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την ανάγκη εισαγωγής μέτρων, δράσεων και προγραμμάτων μείωσης του ενεργειακού και ανθρακικού αποτυπώματος της χώρας. Η συνολική κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα παρουσιάζει αύξηση έως το 2007, όπου και αρχίζει η σταδιακή της μείωση έως το 2014 (Σχήμα 146). Τα επίπεδα της συνολικής κατανάλωσης τα τελευταία χρόνια είναι σταθερά (2019: 318,2 TWh) και παρατηρούνται μικρές τιμές ετήσιων μεταβολών (Σχήμα 146 και 147). Αντίστοιχα, η συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά κάτοικο στην Ελλάδα το 2019 ήταν 30.384 kWh, η οποία από το 2000 και μετά κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα με τη μέση κατανάλωση ανά κάτοικο στην Ευρώπη (Σχήμα 148).

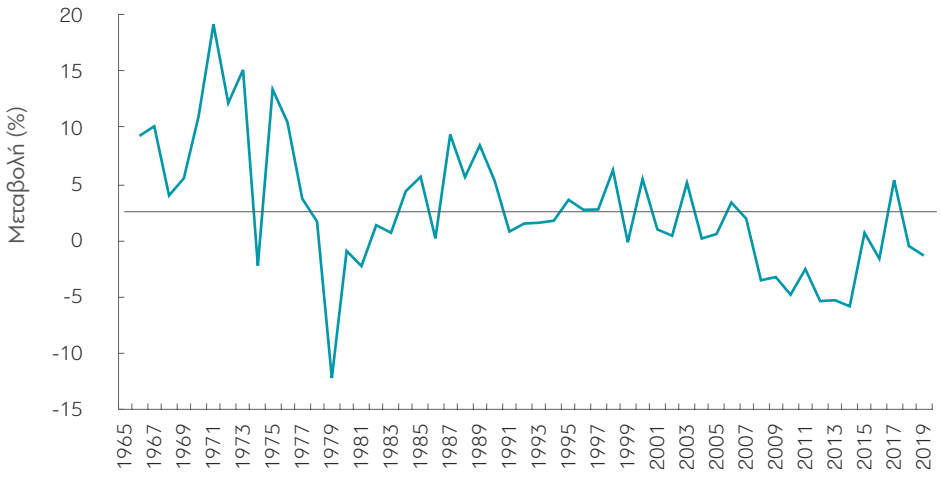
Σχήμα 146. Συνολική κατανάλωση ενέργειας



Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

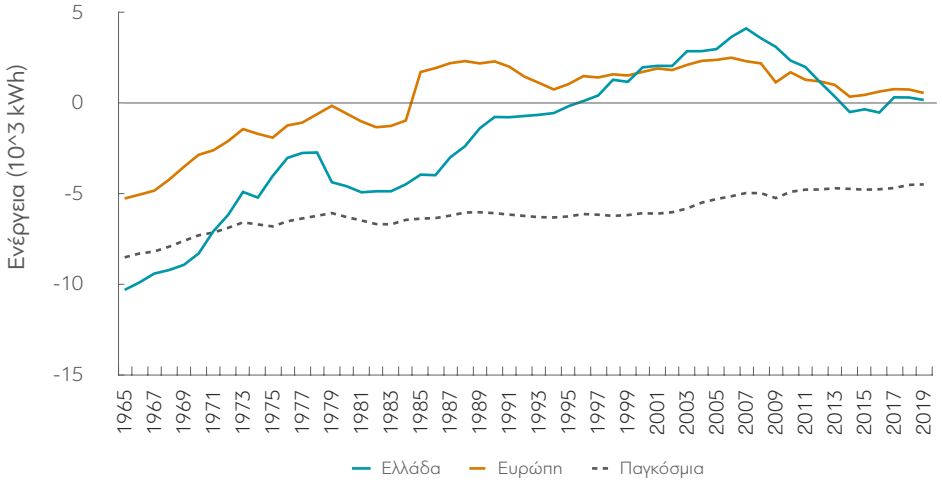
18 Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org.

Σχήμα 147. Ετήσια μεταβολή κατανάλωσης ενέργειας



Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 148. Ετήσια μεταβολή κατανάλωσης ενέργειας ανά κάτοικο στην Ελλάδα, στην Ευρώπη και σε παγκόσμιο επίπεδο



Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

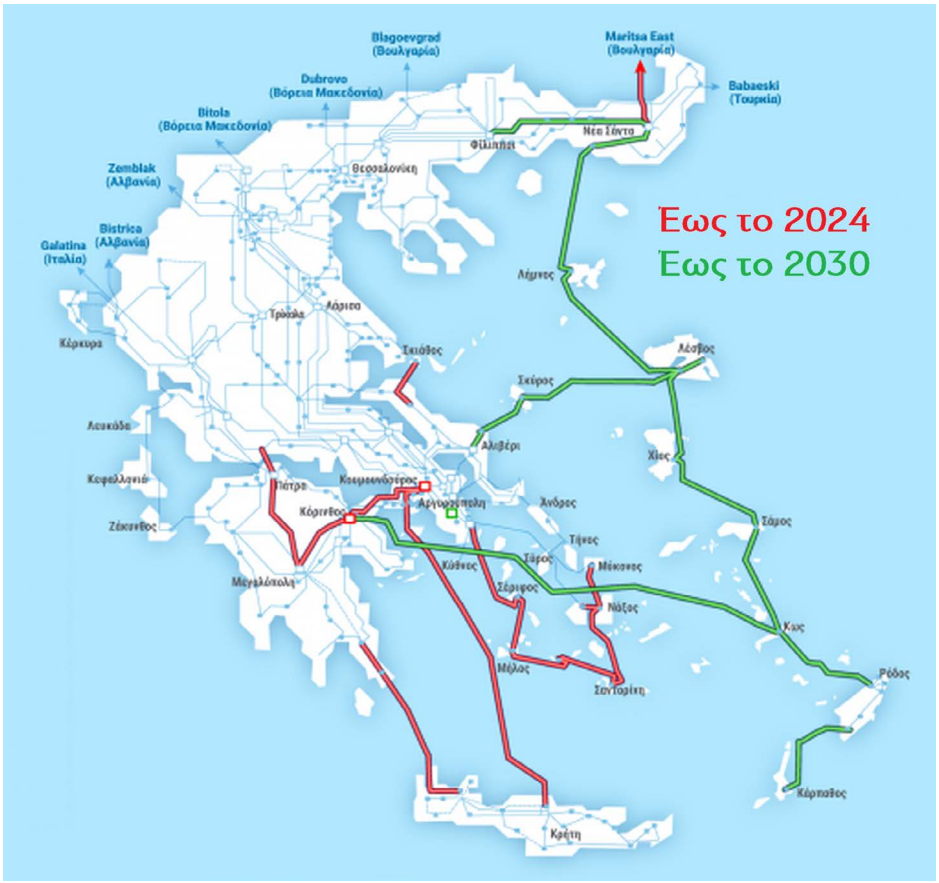
Τα δεδομένα της κατανάλωσης ενέργειας σε συνδυασμό με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου υποδεικνύουν τη ζωτική σημασία των παρακάτω αξόνων με στόχο τη μετάβαση της Ελλάδας σε μια οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα:

Άξονας 1: Περαιτέρω διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα σε βάρος των ορυκτών καυσίμων.

Άξονας 2: Προώθηση μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτηρίων.

Άξονας 3: Προώθηση του δίπτυχου (σε συνάρτηση με τον Άξονα 1) «δια-συνδέσεις» (Σχήμα 149) και «αποθήκευση».

Σχήμα 149. Πρόγραμμα διασυνδέσεων για τα έτη 2024 και 2030



Πηγή: ΑΔΜΗΕ.

Στο Σχήμα 150 παρουσιάζονται οι εθνικοί στόχοι για την περίοδο 2021-2030 στο πλαίσιο ευρωπαϊκών πολιτικών που αναδεικνύουν τη σημασία των ανωτέρω αξόνων. Επισημαίνεται ότι οι στόχοι αυτοί αναμένεται να επικαιροποιηθούν ώστε να συμβαδίζουν με τη νεότερη απόφαση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά 55% το 2030 σε σχέση με το 1990.

Σχήμα 150. Εθνικοί ενεργειακοί και περιβαλλοντικοί στόχοι για την περίοδο 2021-2030, στο πλαίσιο των ευρωπαϊκών πολιτικών



Σημείωση: Χωρίς τη συνεισφορά των ΑΠΕ για ψύξη.
Πηγή: ΕΣΕΚ, 2019.

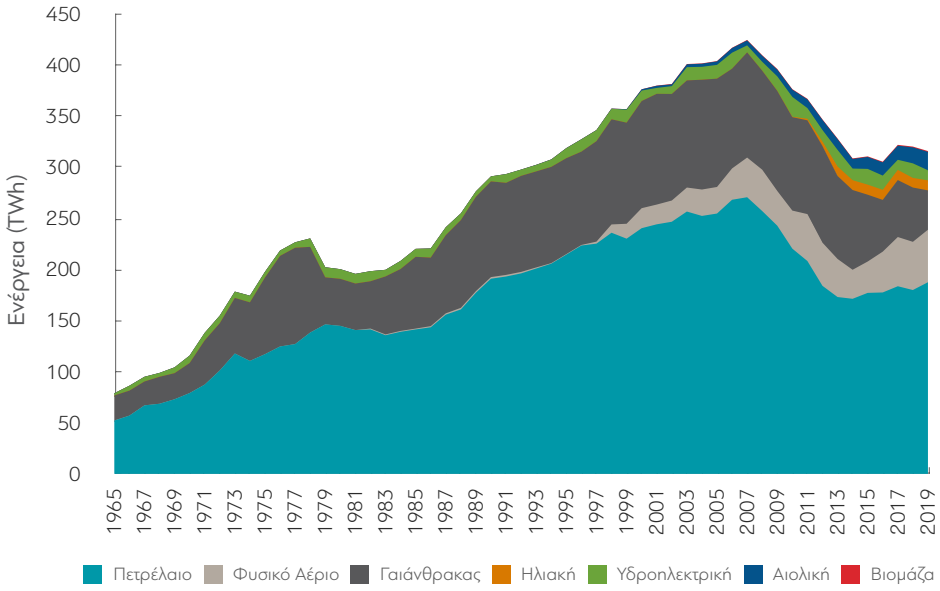
5.3 Ενεργειακό μείγμα και ηλεκτρική ενέργεια

Η ανάλυση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας πραγματοποιείται αρχικά ως προς τις βασικές κατηγορίες πηγών ενέργειας (Σχήμα 151) και παρουσιάζονται ειδικότερα οι επιμέρους πηγές σε ποσοστά συμμετοχής στο ενεργειακό μείγμα (Σχήμα 152). Οι σημαντικότερες συνιστώσες είναι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, οι μεταφορές και η θέρμανση. Ειδικότερα, το 2019 το 87,27% του ενεργειακού μείγματος προέρχεται από ορυκτά καύσιμα, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (2019: 12,73%). Πρέπει να σημειωθεί ότι τα τελευταία χρόνια, ενώ παρατηρείται αύξηση του ποσοστού παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (Σχήμα 151), παρουσιάζεται σημαντική ετήσια διακύμανση (Σχήμα 153), γεγονός που αναδεικνύει την αναγκαιότητα ανάπτυξης συμπληρωματικών ΑΠΕ, μέσων αποθήκευσης ενέργειας και ΑΠΕ με χαμηλή μεταβλητότητα παραγωγής (π.χ. υδροηλεκτρικά). Η αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα για το έτος 2017 (σε σύγκριση με το 2016) οφείλεται στην κατανάλωση φυσικού αερίου που χρησιμοποιείται ως ενδιάμεσο καύσιμο για την απανθρακοποίηση του ενεργειακού συστήματος.

Μια πλήρης χαρτογράφηση του τομέα την ενέργειας στην Ελλάδα έγινε στη μελέτη[19] της διαΝΕΟσις όπου αναλύονται οι μακροχρόνιες και βραχυχρόνιες τάσεις σε βασικά ενεργειακά μεγέθη στην Ελλάδα και διεθνώς, παρουσιάζονται οι βασικές θεσμικές αλλαγές που έχουν πραγματοποιηθεί ή δρομολογηθεί στην Ελλάδα και εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), εξετάζονται οι στόχοι της χώρας και αναδεικνύονται οι σημαντικότερες προτεραιότητες για την επίτευξη των στόχων αυτών.

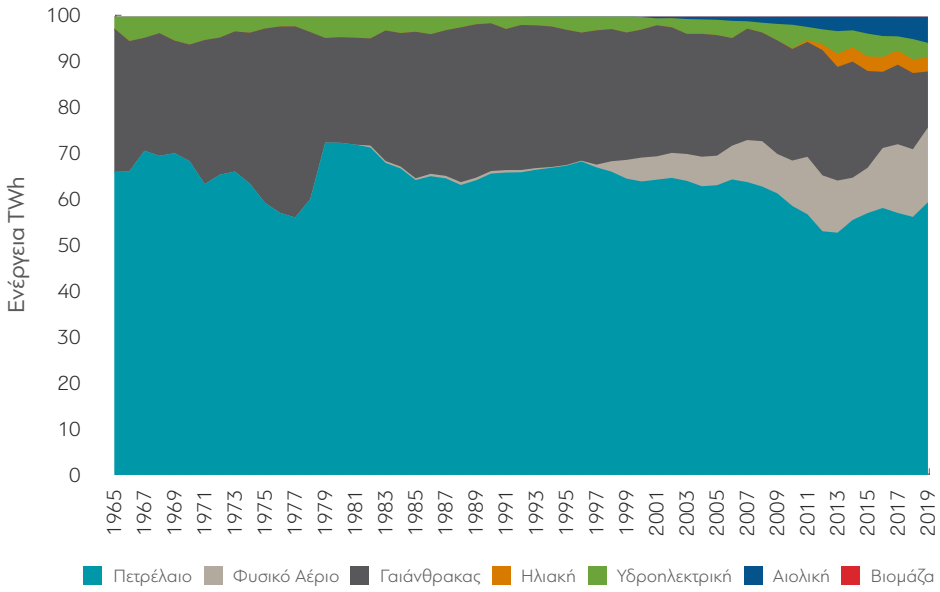
19 https://www.dianeosis.org/wp-content/uploads/2021/07/Energy-VERSION-30.06.2021.pdf.

Σχήμα 151. Συνολική κατανάλωση ανά πηγή ενέργειας



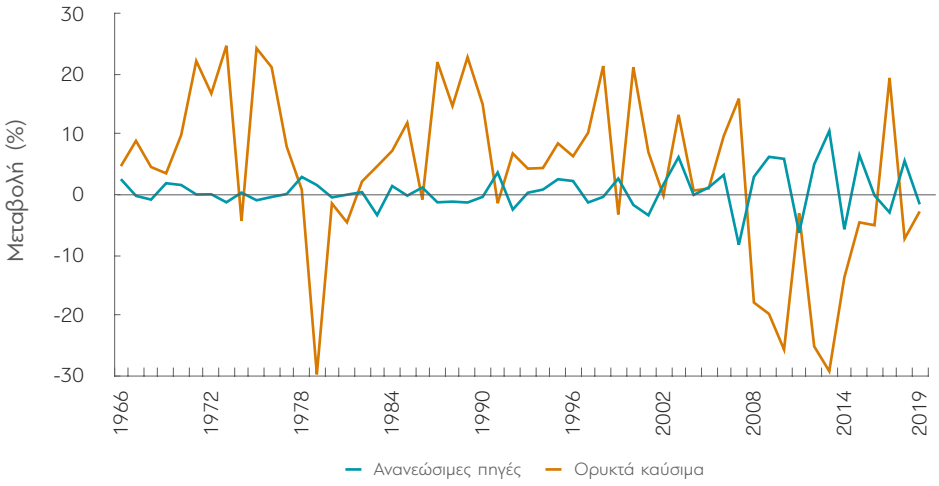
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 152. Ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας ανά πηγή



Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 153. Μεταβολή της κατανάλωσης ενέργειας από ορυκτά καύσιμα και ανανεώσιμες πηγές ανά έτος

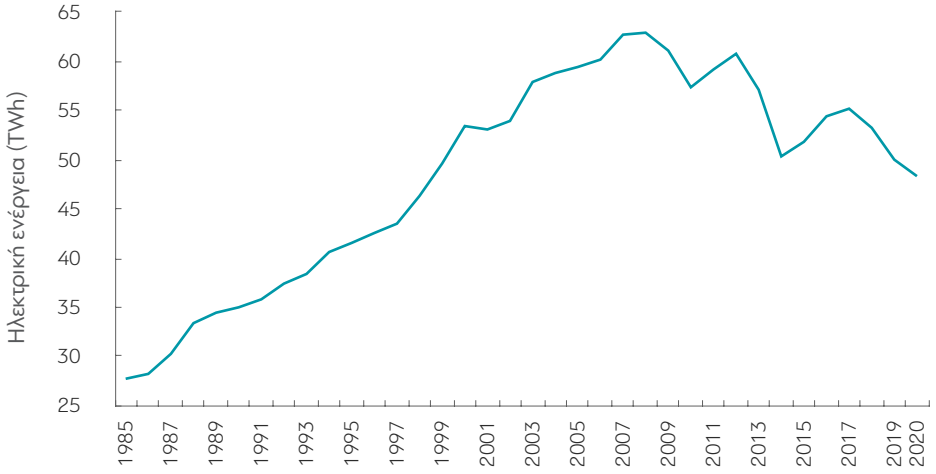


Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

5.3.1 Ηλεκτρική ενέργεια

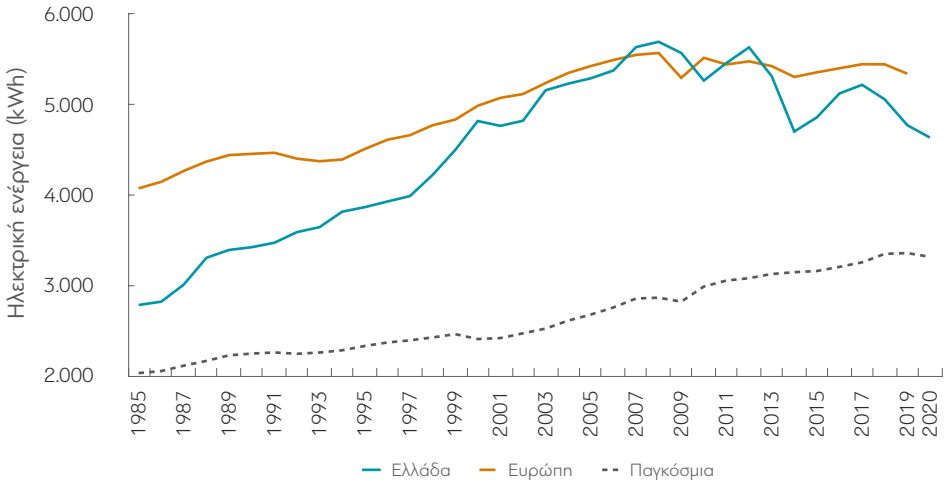
Η ηλεκτρική ενέργεια σε συνδυασμό με την ενέργεια που καταναλώνεται για θέρμανση και για μεταφορές αποτελούν τις σημαντικότερες συνιστώσες της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα το 2020 ανήλθε σε 48,33 TWh ενώ η ανά κάτοικο κατανάλωση στις 4.637 kWh (Σχήμα 154 και 155) και τα πρότυπα εξέλιξης ακολουθούν τα αντίστοιχα της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα. Η ηλεκτρική ενέργεια που προέρχεται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας είναι περισσότερη από την αντίστοιχη για θέρμανση και μεταφορές που σχετίζεται με υψηλά ποσοστά χρήσης ορυκτών καυσίμων αν και παραμένει κάτω του 50%. Στο Σχήμα 156 παρουσιάζεται η διαχρονική εξέλιξη της σχετικής συμμετοχής των πηγών ενέργειας στο μείγμα ηλεκτρικής ενέργειας από το 2000 έως το 2020. Χαρακτηριστικά εντοπίζεται η επίδραση της απολιγνιτοποίησης στην Ελλάδα και της αύξησης συμμετοχής του φυσικού αερίου και των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Σχήμα 154. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας



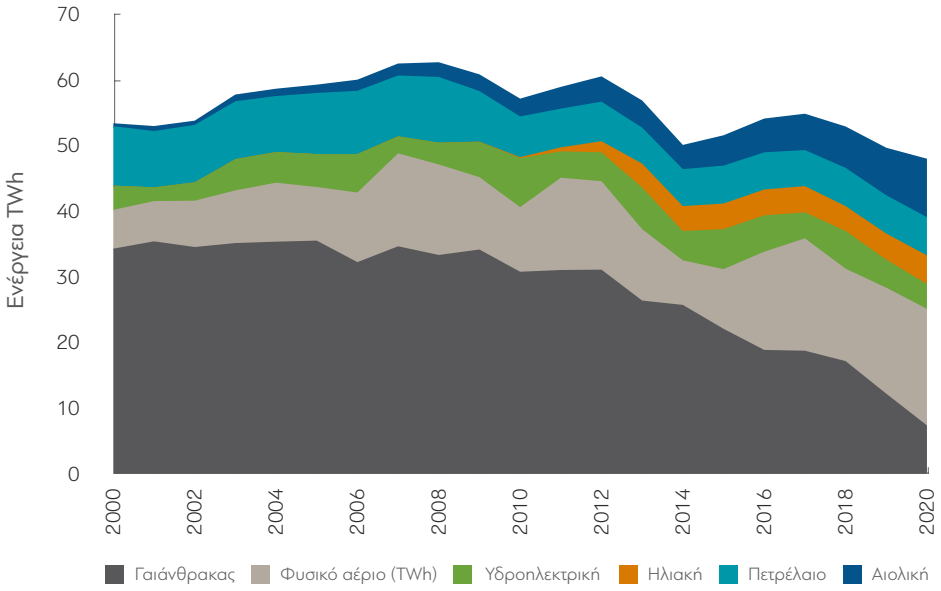
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 155. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κάτοικο στην Ελλάδα, στην Ευρώπη και σε παγκόσμιο επίπεδο



Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

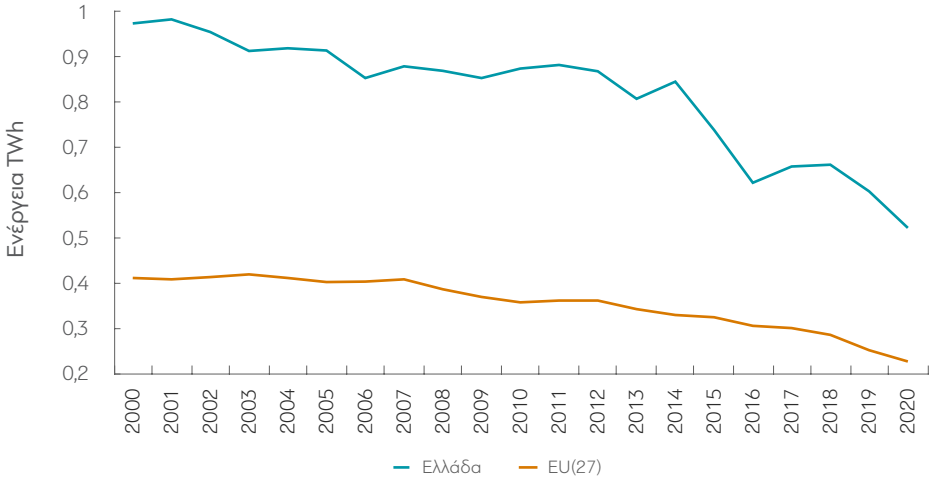
Σχήμα 156. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανά πηγή ενέργειας



Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Βασικός δείκτης για τη μελέτη της επίδοσης των μέτρων σχετικά με τη στρατηγική μετάβαση σε μια κλιματικά ουδέτερη Ευρωπαϊκή Ένωση (μηδενικές καθαρές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ως το 2050) αποτελεί η ένταση άνθρακα. Συγκεκριμένα, η ένταση άνθρακα αποτελεί μέτρο του ποσού των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (kgr CO_2) που σχετίζεται με την παραγωγή μιας μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας (kWh). Η ένταση άνθρακα μειώνεται όταν στο μείγμα ηλεκτρικής ενέργειας εισάγονται μεγαλύτερα ποσά παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Σύμφωνα με το Σχήμα 157 στην Ελλάδα παρατηρείται σημαντική μείωση τα τελευταία χρόνια (το 2020 522 gr CO_2/kWh ενώ το 2010 875 gr CO_2/kWh), ενώ η διαφορά από τη μέση ένταση άνθρακα στις υπόλοιπες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (και του Ηνωμένου Βασιλείου) οφείλεται εν μέρει στο σημαντικό ποσοστό της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από πυρηνικά εργοστάσια (π.χ. Γαλλία 70,4 % και Ουγγαρία 51,01 %).

Σχήμα 157. Ένταση άνθρακα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας



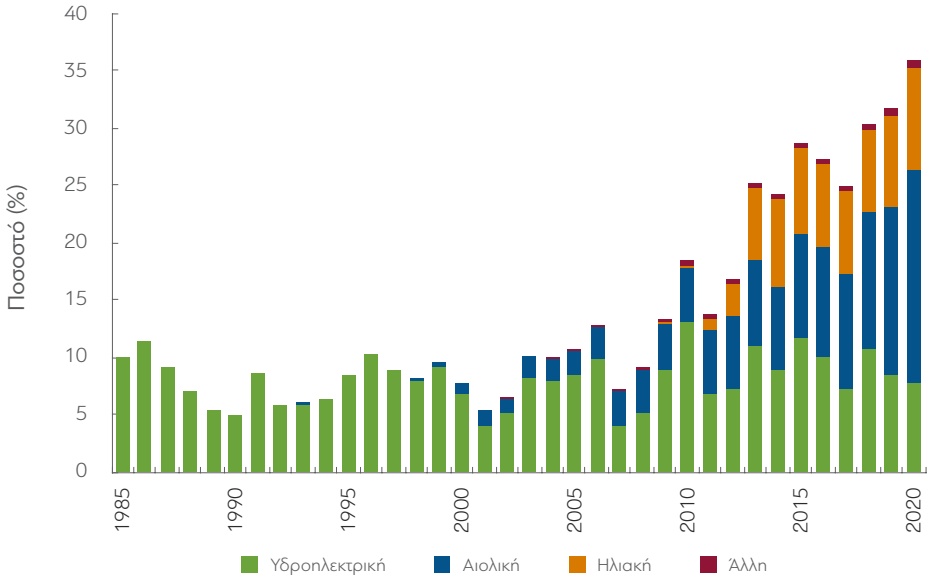
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

5.4 Η δυναμική των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ)

5.4.1 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ

Στα σχήματα που ακολουθούν[20] αποτυπώνεται η τρέχουσα κατάσταση αλλά και η δυναμική των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα. Οι βασικότερες Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας που εξετάζονται είναι η αιολική, η ηλιακή και η υδροηλεκτρική ενέργεια. Σύμφωνα με το συνολικό ετήσιο ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ στην Ελλάδα παρατηρείται συστηματική αύξηση τα τελευταία χρόνια και το 2020 το συνολικό ποσοστό που παρήχθη από ΑΠΕ ήταν 35,91% (Σχήμα 158). Πρέπει να σημειωθεί ότι η αύξηση αυτή οφείλεται στην αύξηση της παραγωγής πρωτίστως από αιολική και ηλιακή ενέργεια, καθώς τα επίπεδα παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας παραμένουν διαχρονικά σταθερά. Το 2020 η σημαντικότερη πηγή ΑΠΕ στην Ελλάδα είναι η αιολική ενέργεια με συμμετοχή 18,42% στη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Σχήμα 158. Ετήσιο ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές



Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

20 Τα σχήματα έχουν τύχει επεξεργασίας με βάση πρωτογενή δεδομένα από τη βάση δεδομένων https://ourworldindata.org/energy.

Σημαντική πτυχή της μελλοντικής εξέλιξης ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ αποτελούν οι εκτιμήσεις του τεχνολογικού κόστους, ιδιαίτερα για την αιολική και ηλιακή ενέργεια. Σύμφωνα με τον Πίνακα 11, εκτιμάται σημαντική μείωση του κόστους ανάπτυξης φωτοβολταϊκών και αιολικών πάρκων με το συνολικό κόστος ανά kW να είναι τα επόμενα έτη μικρότερο για την ηλεκτροπαραγωγή από ηλιακή ενέργεια.[21] Τα αιολικά και ηλιακά πάρκα σήμερα κρίνονται ως πλέον ώριμα και ανταγωνιστικά για την περαιτέρω διείσδυση και συμμετοχή τους στην ηλεκτροπαραγωγή.

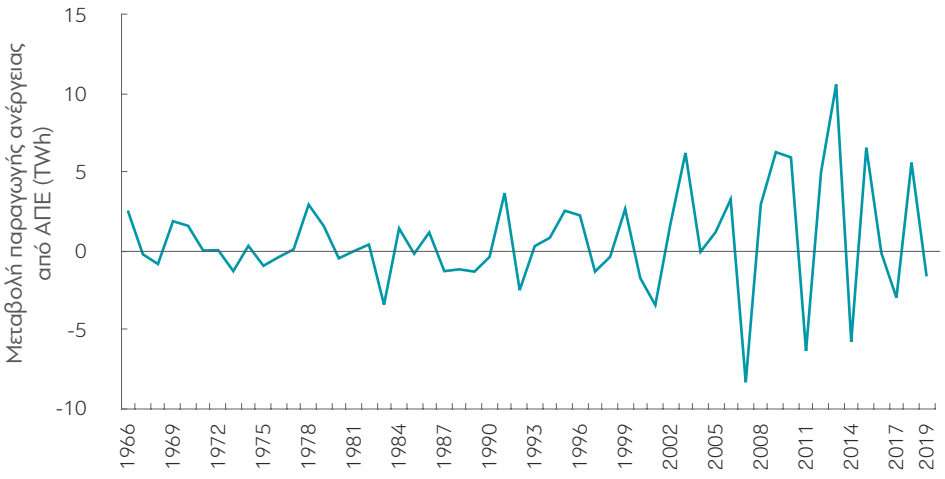
Πίνακας 11. Εκτιμήσεις κόστους ανάπτυξης (ευρώ/kW) ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ και μεταβολή σε σχέση με το κόστος το 2020

		2020	2025	2030	2035	2040
Αιολικό πάρκο	Κόστος (ευρώ/kW)	1.161	997	860	774	731
	Μεταβολή (%) από το 2020		-14,1%	-25,9%	-33,3%	-37%
Ηλιακό πάρκο	Κόστος (ευρώ/kW)	737	631	559	515	490
	Μεταβολή (%) από το 2020		-14,4%	-24,2%	-30,1%	-33,5%

Πηγή: Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα, 2019.

Ιδιαίτερα σημαντική αποτύπωση της επίδρασης των πολιτικών σχετικά με τις ΑΠΕ στην Ελλάδα αποτελεί η μεταβλητότητα που παρατηρείται ανά έτος σε σύγκριση με το προηγούμενο (Σχήμα 159).

Σχήμα 159. Ετήσια μεταβολή παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές



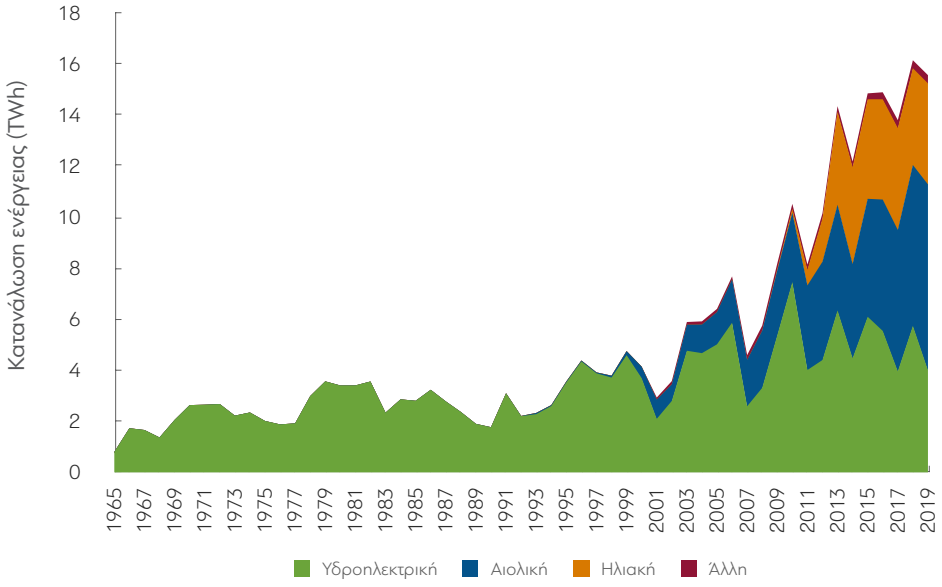
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

21 Επεξεργασία από στοιχεία του Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Ιανουάριος 2019.

5.4.2 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ

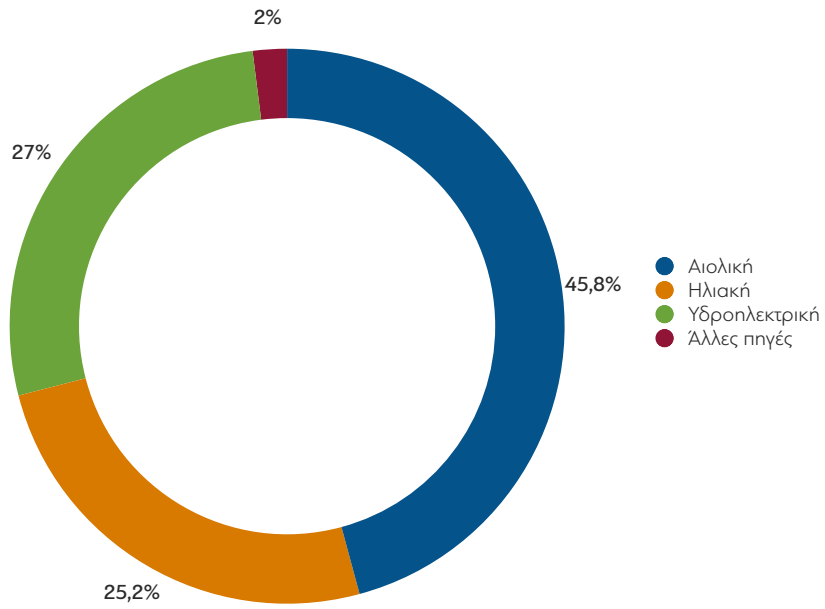
Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργεια από ΑΠΕ αποτελεί ένα μέρος της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Σε αντίθεση με τη σημαντική εξάρτηση του τομέα των μεταφορών και της θέρμανσης/ψύξης από την κατανάλωση πετρελαίου και φυσικού αερίου, η συνολική κατανάλωση ΑΠΕ στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας είναι ιδιαίτερα αυξητική. Η συνολική κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας ανά ανανεώσιμη πηγή ανά έτος αποτυπώνεται στο Σχήμα 160, όπου σημειώνεται η σημαντική αύξηση της κατανάλωσης αιολικής και ηλιακής ενέργειας τα τελευταία 10 έτη. Αντίστοιχα, σημειώνεται ότι το 2019 η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης από ΑΠΕ προέρχεται από αιολική και ηλιακή ενέργεια σε ποσοστό 71% (Σχήμα 161).

Σχήμα 160. Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές



Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

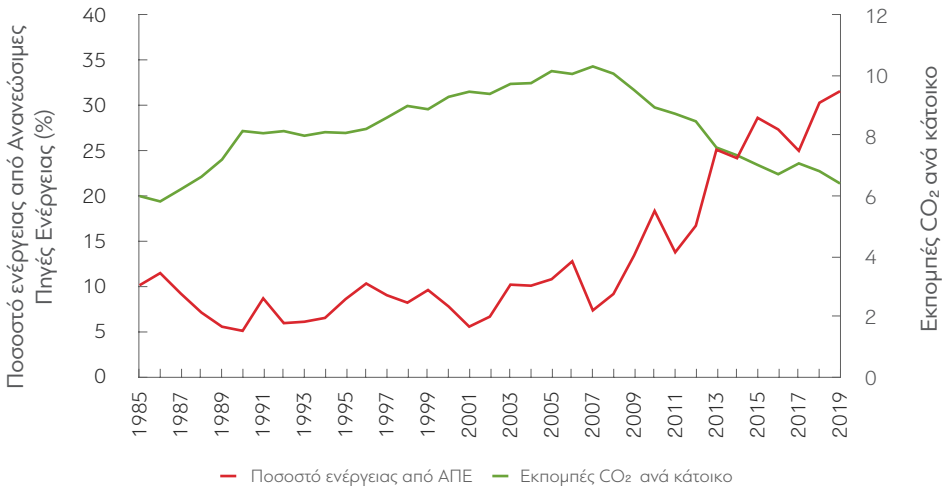
Σχήμα 161. Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (KWh) παραγόμενης από ανανεώσιμες πηγές ανά κάτοικο (έτος 2019)



Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Η επίδραση της αύξησης της συμμετοχής της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στο ανθρακικό αποτύπωμα των πολιτών στην Ελλάδα αποτυπώνεται στο Σχήμα 162. Χαρακτηριστικά, έως το 2006, όπου η συνολική συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή παραμένει σταθερή (περίπου 10%) παρατηρείται αύξηση των εκπομπών CO_2 ανά κάτοικο και η σταδιακή μείωσή τους επιτυγχάνεται ύστερα από την αύξηση του ποσοστού συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα. Το 2019 οι συνολικές εκπομπές CO_2 ανά κάτοικο ανήλθαν στους 6,41 tCO_2 ενώ αντίστοιχα η συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή ήταν στο 31,61%.

Σχήμα 162. Σύγκριση εκπομπών CO_2 (σε τόνους) ανά κάτοικο και ποσοστού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές



Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

5.4.3 Παραγωγή ΑΠΕ ανά πηγή

Η ταχεία ανάπτυξη και διείσδυση της αιολικής ενέργειας στο ηλεκτροπαραγωγικό μείγμα αποτυπώνεται στα Σχήματα 163 και 164, όπου με εξαίρεση το έτος 2014, παρατηρείται συνεχόμενη αύξηση στην παραγωγή ενέργειας. Συγκεκριμένα, το 2020 η συνολική παραγωγή ανήλθε στις 8,9 TWh. Η αντίστοιχη κατανάλωση αιολικής ενέργειας ανά κάτοικο στην Ελλάδα το 2019 ανήλθε στις 1.721 kWh, που είναι κατά 12,5% υψηλότερη από τον μέσο όρο της Ευρώπης. Αντίστοιχα, η παραγωγή ενέργειας από ηλιακά πάρκα παρουσίασε μια έντονη αύξηση από το 2010 έως το 2013 (Σχήματα 165 και 166) και έκτοτε παραμένει σχεδόν σταθερή έως σήμερα (Συνολική παραγωγή το 2020: 4,35 TWh). Στον Πίνακα 12 παρουσιάζεται η συνολικά εγκατεστημένη ισχύς αιολικών και ηλιακών πάρκων για το 2010, 2015 και το 2019 αντίστοιχα.

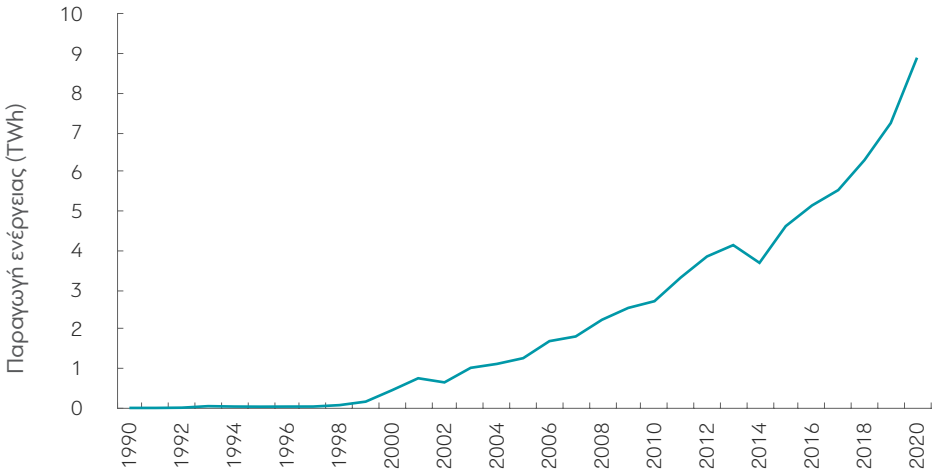
Πίνακας 12. Εγκατεστημένη ισχύς αιολικών και ηλιακών πάρκων στην Ελλάδα σε GW

	2010	2015	2019
Αιολικά	1,3	2,09	3,55
Ηλιακά	0,2	2,6	2,76

Πηγή: Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα, 2019.

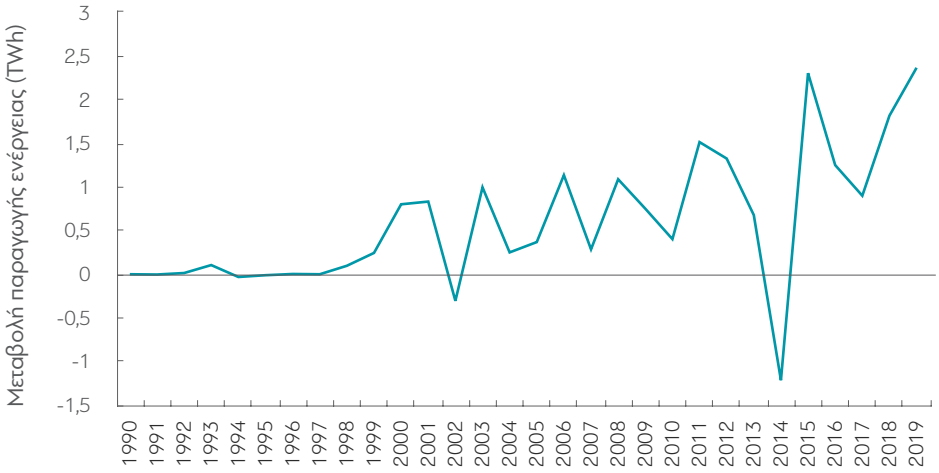
Η διαχρονικά σχετικά σημαντική συνεισφορά της ηλεκτροπαραγωγής από υδροηλεκτρική ενέργεια παρουσιάζεται στα Σχήματα 167 και 168, με τη συνολική παραγωγή ενέργειας το 2020 να είναι 3,79 TWh.

Σχήμα 163. Διαχρονική εξέλιξη παραγωγής αιολικής ενέργειας



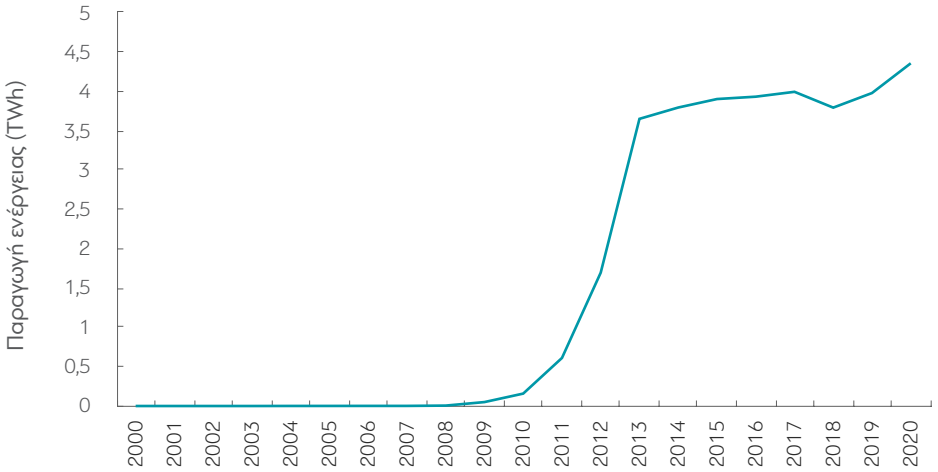
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 164. Ετήσια μεταβολή παραγωγής αιολικής ενέργειας



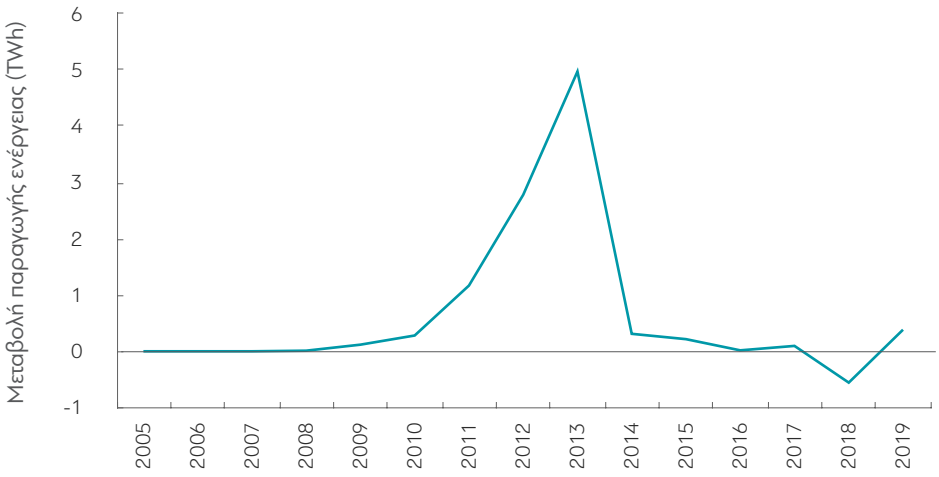
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 165. Παραγωγή ηλιακής ενέργειας



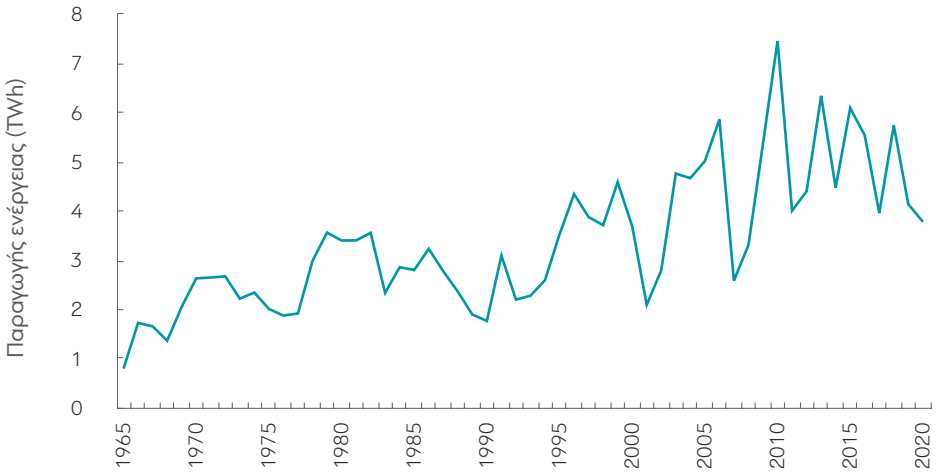
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 166. Ετήσια μεταβολή παραγωγής ηλιακής ενέργειας



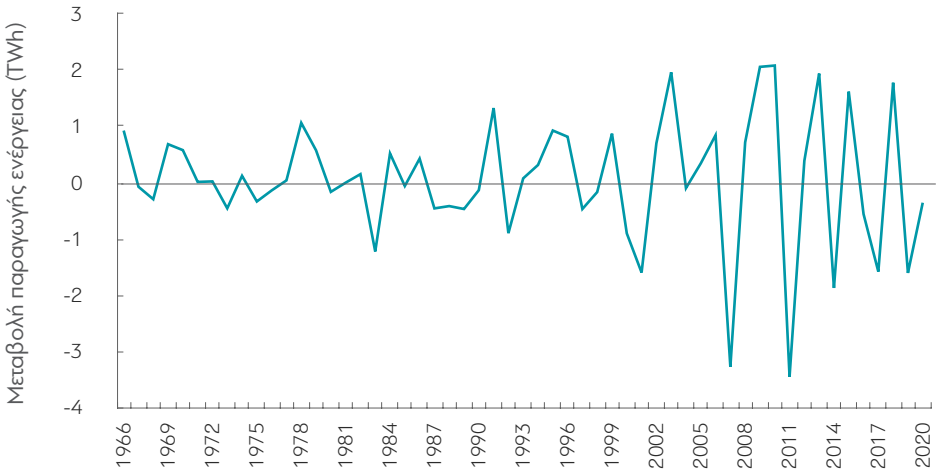
Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 167. Εξέλιξη παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας



Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Σχήμα 168. Ετήσια μεταβολή παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας



Πηγή: Βάση δεδομένων Our World in Data, 2020, ourworldindata.org/charts.

Οι πρώτες ύλες των ΑΠΕ, κυρίως ο ήλιος και ο άνεμος, είναι ανεξάντλητες και προσβάσιμες από όλους. Η τεχνολογία παραγωγής ενέργειας από τις πηγές αυτές είναι επίσης ολοένα και περισσότερο προσιτή οικονομικά και αποτελεσματική, και μπορεί να παραχθεί εγχώρια. Αυτό δημιουργεί μια δυναμική ανάπτυξης της χώρας με μειωμένες εξαρτήσεις από πηγές που είτε είναι εισαγόμενες, είτε η τεχνολογία τους είναι εν μέρει ή ολικά εισαγόμενη.

5.5 Ενεργειακή αποδοτικότητα

Η συνολική βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των καταναλωτών στην Ελλάδα παρουσιάζεται στο Σχήμα 169[22] και προκύπτει από εκτιμήσεις σύμφωνα με τον δείκτη ODEX που συνδυάζει την επίδραση της εφαρμογής μέτρων και πολιτικών σε επίπεδο τομέα (μεταφορές, κτήρια, βιομηχανία και υπηρεσίες) χρησιμοποιώντας ως έτος αναφοράς το 2000.[23] Συγκεκριμένα, κατά την περίοδο 2000 έως 2018, η ενεργειακή αποδοτικότητα των τελικών καταναλωτών βελτιώθηκε κατά 32%. Η μεγαλύτερη βελτίωση καταγράφηκε από τον τομέα των μεταφορών με 39,5% (εξαιρουμένων των διεθνών αεροπορικών μεταφορών) και ακολούθησαν τα κτήρια με 28,7%, η βιομηχανία με 33%, ενώ οι υπηρεσίες είχαν τη χαμηλότερη βελτίωση (5,5%) (Σχήμα 170).

Οι κύριοι λόγοι διαμόρφωσης των τιμών του δείκτη (βελτίωση ενεργειακής αποδοτικότητας) οφείλονται στην εφαρμογή μέτρων και πολιτικών σε συνδυασμό με τον αντίκτυπο της οικονομικής ύφεσης. Οι πολιτικές που έχουν σημαντική επίδραση στην αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας στον τομέα των μεταφορών είναι:

α) Κίνητρα για αντικατάσταση ιδιωτικών επιβατικών αυτοκινήτων.
β) Φορολόγηση νέων αυτοκινήτων σύμφωνα με τις εκπομπές CO_2.
γ) Βελτιώσεις στις υποδομές οδικών μεταφορών.
δ) Βελτιώσεις στα δίκτυα Μέσων Μαζικής Μεταφοράς.
ε) Τεχνική επιθεώρηση οχημάτων.
στ) Επισήμανση επιβατικών αυτοκινήτων σχετικά με την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές CO_2 των νέων αυτοκινήτων.

Αντίστοιχα, στον κτηριακό τομέα βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας προκύπτει κυρίως μέσα από πολιτικές όπως:

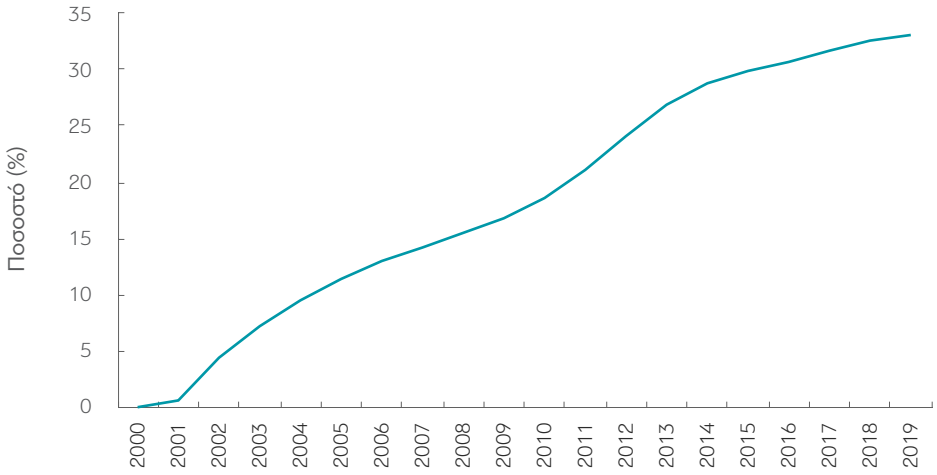
α) Εγκατάσταση κεντρικών θερμικών συστημάτων και ηλιακών συστημάτων σε κτήρια κατοικιών.
β) Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στον κτηριακό τομέα (π.χ. προγράμματα «Εξοικονόμηση Κατ' Οίκον» I και II, «Εξοικονομώ - Αυτονομώ»).

---

22 Επεξεργασία δεδομένων βάσης ODYSSEE-MURE, https://www.odyssee-mure.eu.
23 Definition of energy efficiency index ODEX in ODYSSEE data base, ODYSSEE-MURE, 2010.

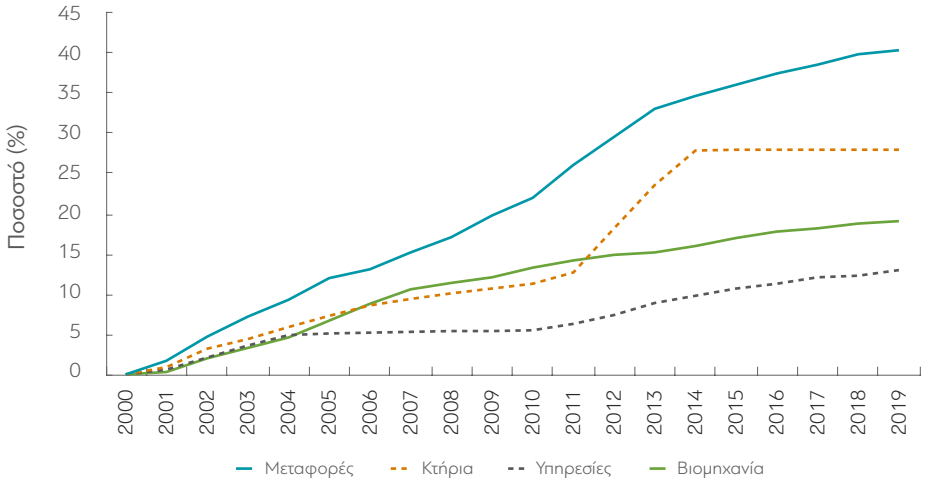
γ) Εγκατάσταση ηλεκτρονικών και έξυπνων μετρητών ηλεκτρικού ρεύματος και φυσικού αερίου οικιακών καταναλωτών.
δ) Αντικατάσταση συστημάτων θέρμανσης πετρελαίου με συστήματα φυσικού αερίου στον κτηριακό τομέα.

Σχήμα 169. Συνολικό ποσοστό βελτίωσης ενεργειακής αποδοτικότητας



Πηγή: https://www.indicators.odyssee-mure.eu.

Σχήμα 170. Διαχρονική εξέλιξη της βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας ανά τομέα (μεταφορές, κτήρια, βιομηχανία και υπηρεσίες)

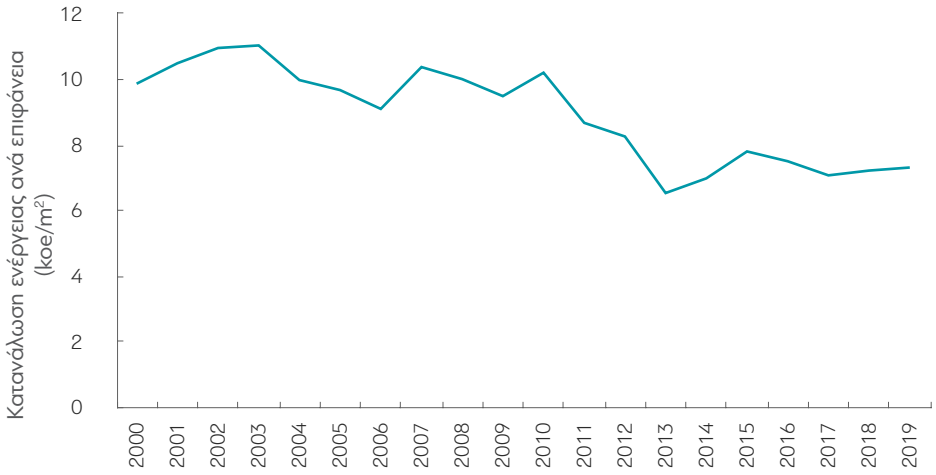


Πηγή: https://www.indicators.odyssee-mure.eu.

Η εκτίμηση των πολιτικών που στοχεύουν στη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη μελέτη ειδικών δεικτών ανά τομέα. Στον κτηριακό τομέα βασικό δείκτη αποτελεί η κατανάλωση ενέργειας ανά m² για θέρμανση (Σχήμα 171), όπου παρατηρείται διαχρονική μείωση και το 2018 εκτιμάται στις 7,58 koe/m² (koe: κιλά ισοδύναμου

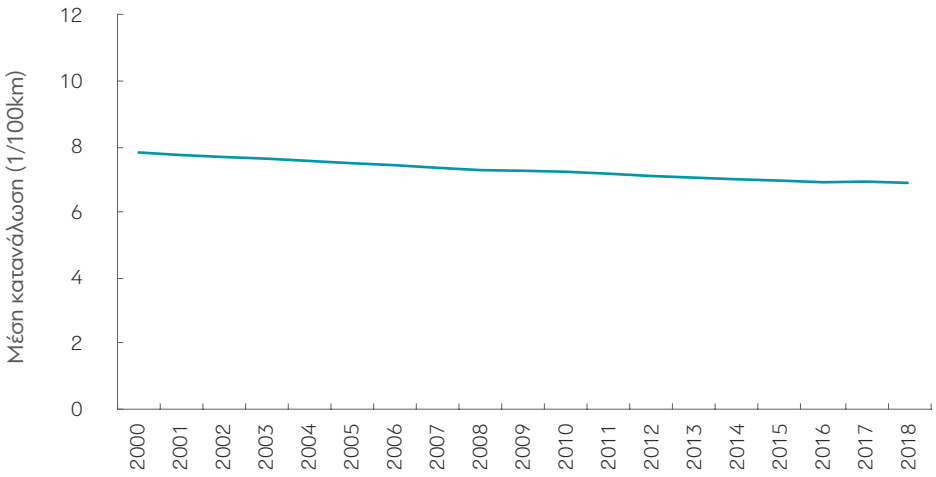
πετρελαίου), ενώ στις μεταφορές η μέση κατανάλωση καυσίμου ανά 100km, ανέρχεται για το 2018 στα 6,11 λίτρα/100km (Σχήμα 172).

Σχήμα 171. Κατανάλωση ενέργειας/m² για θέρμανση, για σταθερές κλιματικές συνθήκες



Σημείωση: koe/m²= κιλά ισοδύναμου πετρελαίου ανά τετραγωνικό μέτρο.
Πηγή: https://www.indicators.odyssee-mure.eu.

Σχήμα 172. Μέση κατανάλωση καυσίμου σε οχήματα



Πηγή: https://www.indicators.odyssee-mure.eu.

5.6 Συνοπτική αποτύπωση μεγεθών αναφορικά με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην Ελλάδα

Στον Πίνακα 13 παρουσιάζονται συνοπτικά μεγέθη που σχετίζονται με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ως προς το ΑΕΠ και την κατανάλωση ενέργειας.

Πίνακας 13. Συνοπτική αποτύπωση μεγεθών για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην Ελλάδα

Μείωση των εκπομπών κατά περίπου 25,6 $MtCO_2eq$ το 2015 και εκτίμηση μείωσης κατά 36,8 $MtCO_2eq$ το 2025 και 55 Mt το 2030
Συνολική ένταση CO_2 στο ΑΕΠ: -33% το 2019 σε σύγκριση με το 2000
Συνολική ένταση CO_2 ανά κάτοικο: -35,8% το 2019 σε σχέση με το 2005
Ένταση CO_2 σε σχέση με την ενέργεια ως προς το ΑΕΠ: -37,2% το 2019 σε σχέση με το 2000
Ένταση άνθρακα σε σχέση με τη συνολική παραγωγή ενέργειας: -48,4% το 2019 σε σύγκριση με το 1990
Ένταση CO_2 σε σχέση με την κατανάλωση ενέργειας στη βιομηχανία: -28,7% το 2019 σε σύγκριση με το 2000
Ένταση CO_2 για τις κατοικίες: -49,8% το 2019 σε σύγκριση με το 2000
Μείωση στον τομέα παραγωγής ενέργειας: -28,7% (2020/2019), -4,1% στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (2020/2019)

Πηγή: Multilateral Assessment, SBI, UNFCCC, 2021.

ΕΝΣΩΜΑΤΩΝΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΟΝ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ ΤΟΥ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Οκτώβριος 2021

Περιπτώσεις μελέτης



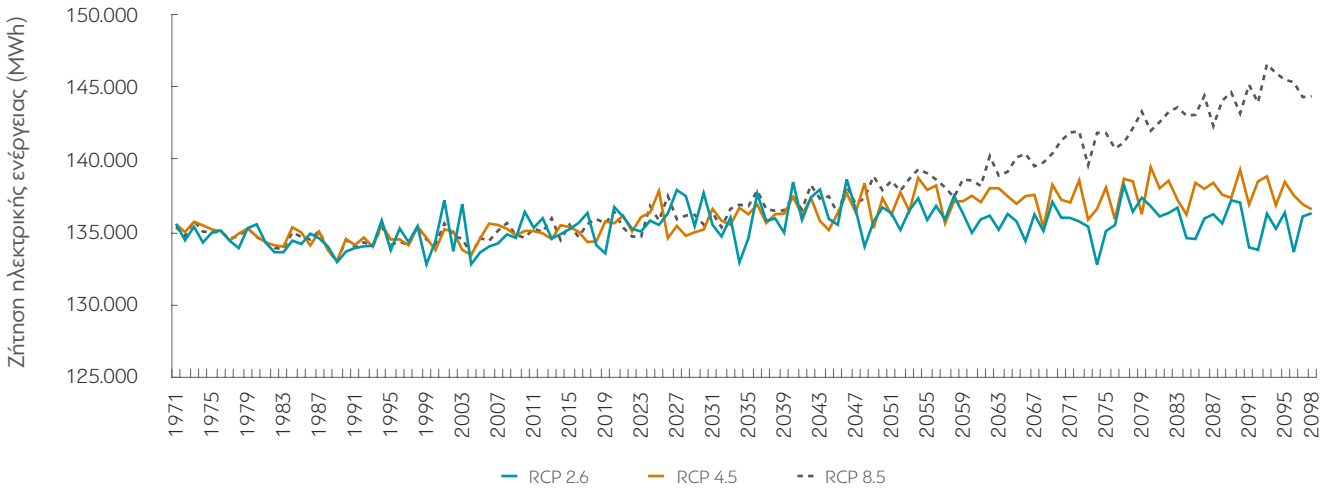
Περίπτωση μελέτης 1: Μεταβολή στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας

Οι εκτιμήσεις της μελλοντικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας βασίζονται στις εκτιμήσεις των κλιματικών μοντέλων[24] για τα σενάρια συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου που αντιστοιχούν στα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 από το 1971 έως το 2100. Οι εκτιμήσεις πραγματοποιήθηκαν σε επίπεδο χώρας σε ημερήσια βάση και χρησιμοποιήθηκε η μέση τιμή (ensemble) από τα διαθέσιμα μοντέλα RCM ανά σενάριο για τη θερμοκρασία του αέρα στα 2m, την ηλιακή ακτινοβολία και την ταχύτητα του ανέμου στα 10m. Ειδικότερα η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτει από τη χρήση Γενικευμένων Αθροιστικών Μοντέλων (Generalized Additive Models - GAM) που χρησιμοποιούν ως προγνώστες τις τιμές των ανωτέρω μεταβλητών.

Η ετήσια πορεία της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα παρουσιάζεται στο Σχήμα 173 και διαπιστώνεται η ραγδαία αύξηση μετά το 2050 της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας κυρίως στην περίπτωση του (απαισιόδοξου) σεναρίου RCP 8.5. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η εκτιμώμενη ζήτηση είναι αυτή που θα πρέπει να εξυπηρετηθεί από ένα νέο ενεργειακό μείγμα, βασιζόμενο κατά κύριο λόγο στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και την ενεργειακή αποδοτικότητα. Επιπρόσθετα, βασίζεται μόνο σε κλιματικά δεδομένα και δεν λαμβάνει υπόψη βελτιώσεις στο κτηριακό απόθεμα της χώρας, λ.χ. μέσω του προγράμματος «Εξοικονομώ» το οποίο συμβάλλει στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και κατά συνέπεια στη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

24 Βλ. Κεφάλαιο 1.

Σχήμα 173. Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 στην Ελλάδα



Πηγή: https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/sis-energy-derived-projections?tab=overview.

Περίπτωση μελέτης 2: Η εποχή της αιολικής ενέργειας

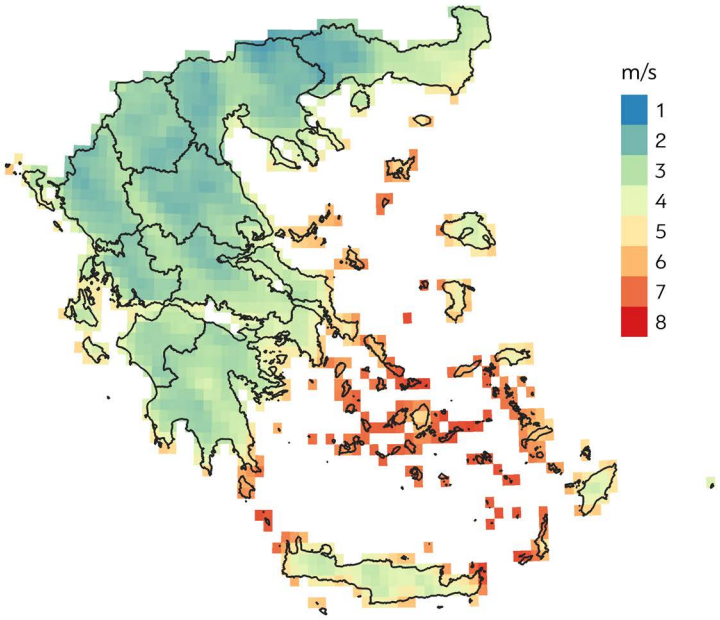
Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού σε μια τοποθεσία εξαρτάται από τη μεταβλητότητα του ανεμολογικού πεδίου, όπως αυτό καθορίζεται από την αλληλεπίδραση φυσικών διεργασιών διαφορετικής κλίμακας.

Η κλιματική αλλαγή μπορεί να προκαλέσει μεταβολές στην ένταση του επιφανειακού ανέμου και συνεπώς να επηρεάσει είτε τη γεωγραφική κατανομή είτε και την ετήσια και ενδο-ετήσια μεταβλητότητα του αιολικού δυναμικού. Η παραγωγή αιολικής ενέργειας είναι ανάλογη του κύβου της ταχύτητας του ανέμου με αποτέλεσμα να είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη ακόμη και σε μικρές μεταβολές στην ένταση, ιδίως στην περιοχή των άνω εκατοστημορίων της κατανομής του, όπου και η παραγωγή ενέργειας είναι πιο αποτελεσματική.

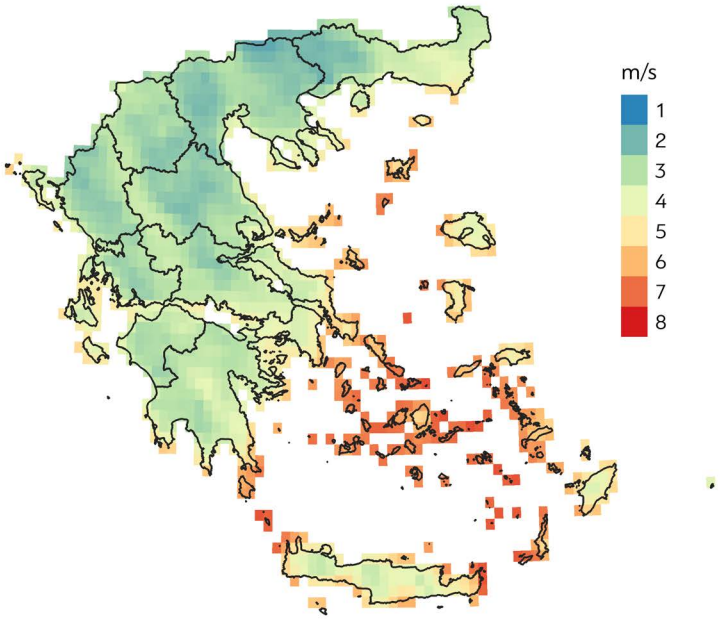
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων της μέσης ετήσιας μηνιαίας ταχύτητας του ανέμου στα 10m για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και για τη μεσοπρόθεσμη περίοδο 2046-2065 για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 (Σχήμα 174) παρατηρείται ότι η γεωγραφική κατανομή του αιολικού δυναμικού της χώρας θα παραμείνει αμετάβλητη και συνεπώς οι επενδύσεις στον τομέα της αιολικής ενέργειας αναμένεται να μην επηρεαστούν από την κλιματική αλλαγή. Οι περιοχές μέγιστης παραγωγής είναι το Αιγαίο Πέλαγος που αποτελεί και μία από τις ιδανικές περιοχές ανάπτυξης υπεράκτιων αιολικών πάρκων στο προσεχές μέλλον, λαμβάνοντας υπόψη τα δίκτυα διασύνδεσης της περιοχής.

Η επίδραση της κλιματικής μεταβλητότητας στην παραγωγή αιολικής ενέργειας για διάφορα σενάρια εκπομπών ή εναλλακτικά για συγκεντρώσεις θερμοκηπικών αερίων στην Ευρώπη έχει μελετηθεί με τη χρήση δυναμικού υποβιβασμού κλίμακας σύμφωνα με προσομοιώσεις των προγραμμάτων PRUDENCE, ENSEMBLES και EURO-CORDEX. Η περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου και της Ελλάδας, σε αντίθεση με την υπόλοιπη Μεσόγειο, παρουσιάζει στατιστικά σημαντική αύξηση του αιολικού δυναμικού για το Αιγαίο Πέλαγος κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου για την περίοδο 2071-2100, περίοδος κατά την οποία λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας αναμένεται και υψηλό φορτίο ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.

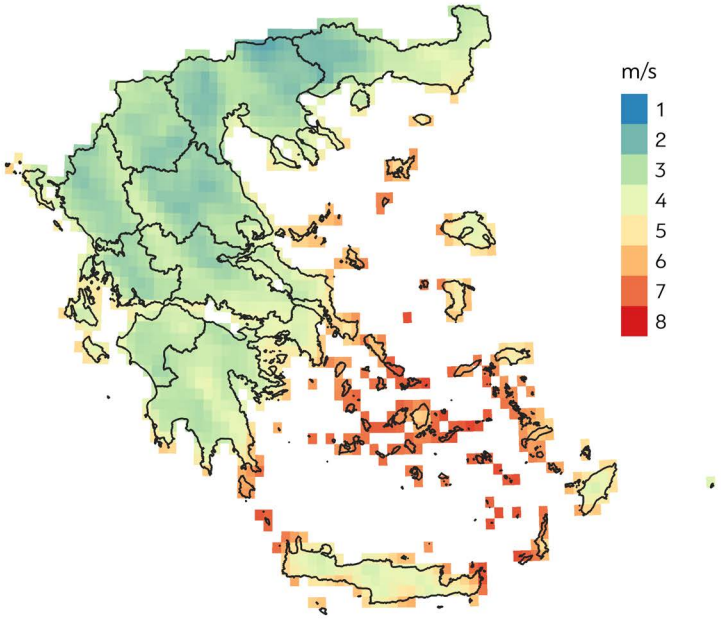
Σχήμα 174. Μέση ετήσια μηνιαία ταχύτητα του ανέμου στα 10m για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και για τη μεσοπρόθεσμη περίοδο 2046-2065, για τα σενάρια RCP 2.6, RCP4.5 και RCP 8.5



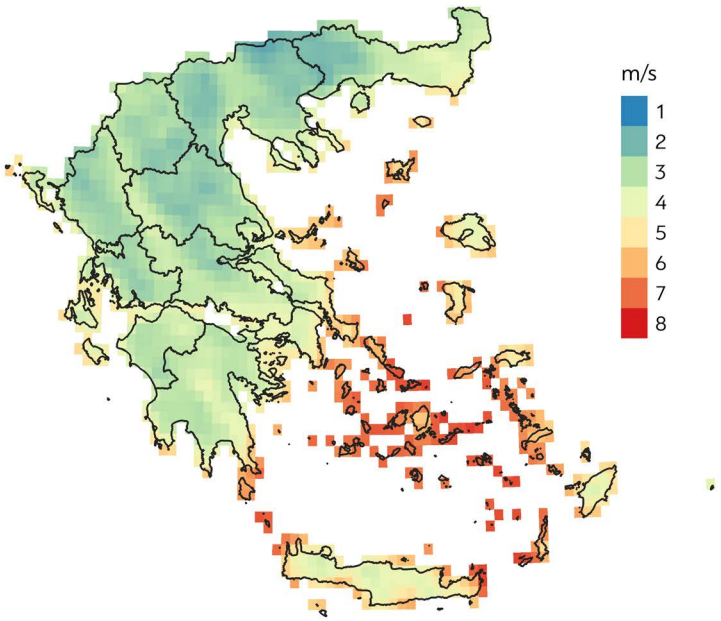
Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου (m/s)
Περίοδος: 1971-2000



Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου (m/s)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου (m/s)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου (m/s)
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

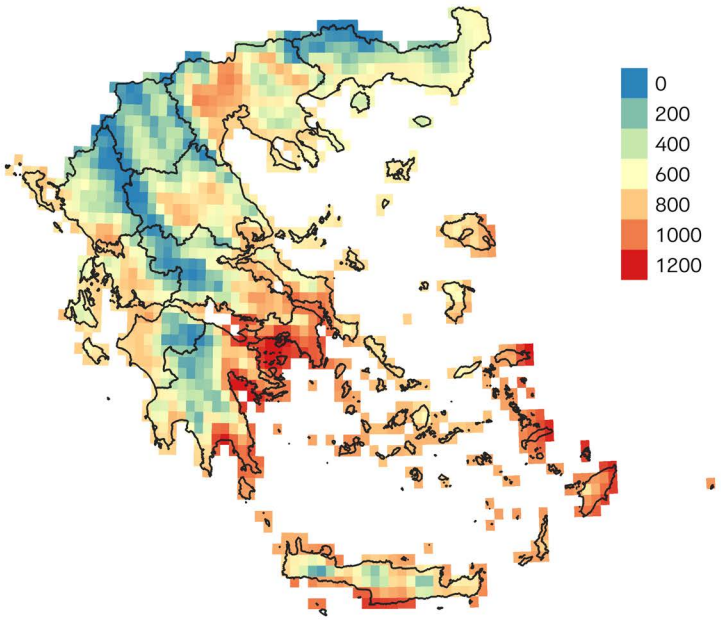
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

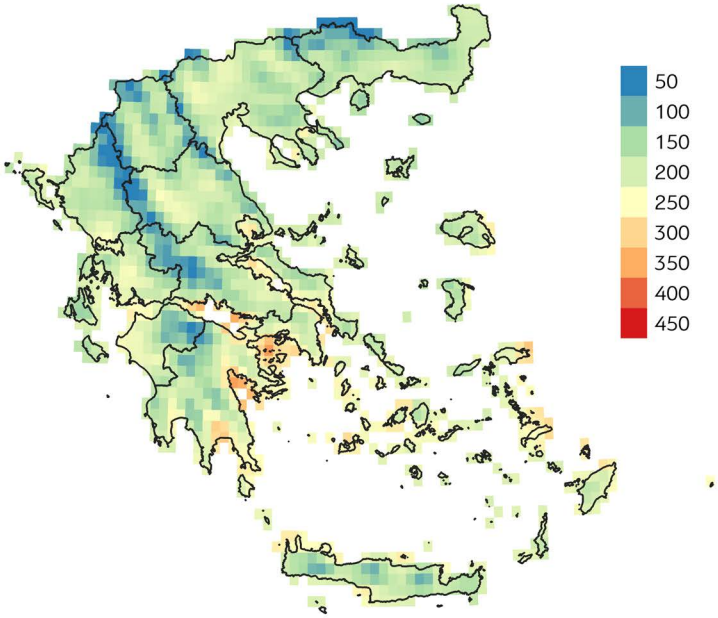
Περίπτωση μελέτης 3: Το Πρόγραμμα «Εξοικονομώ», αλλιώς

Η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτηρίων συμβάλλει στη μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας που απαιτείται για ψύξη, γεγονός που οδηγεί στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η κατεύθυνση αυτή αποτελεί προτεραιότητα όπως διαπιστώνεται από τους δείκτες ενεργειακής ζήτησης (βαθμοημέρες ψύξης) για τα σενάρια συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 (Σχήματα 175 και 176).

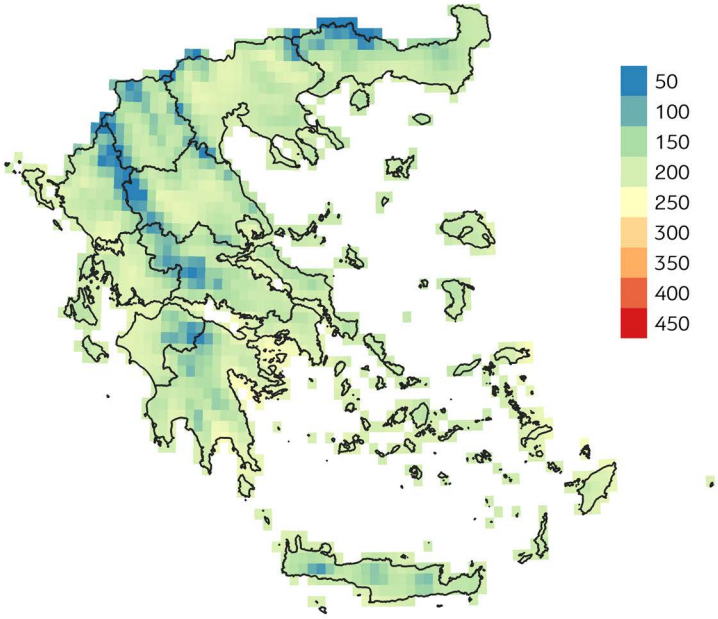
Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν τη σημαντική αύξηση των αναγκών για ψύξη σε όλη την Ελλάδα κυρίως για το απαισιόδοξο σενάριο RCP 8.5 και για την περίοδο 2046-2065. Υπό αυτό το πρίσμα είναι αναγκαίο το πρόγραμμα «Εξοικονομώ» να συμπεριλάβει στα κριτήρια του Προγράμματος τις βαθμοημέρες ψύξης, ουσιαστικά δηλαδή την εκτιμώμενη αύξηση της θερμοκρασίας κατά τους θερινούς μήνες.

Σχήμα 175. Μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης για την περίοδο 2026-2045 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς (1971-2000) για τα τρία σενάρια εκπομπών

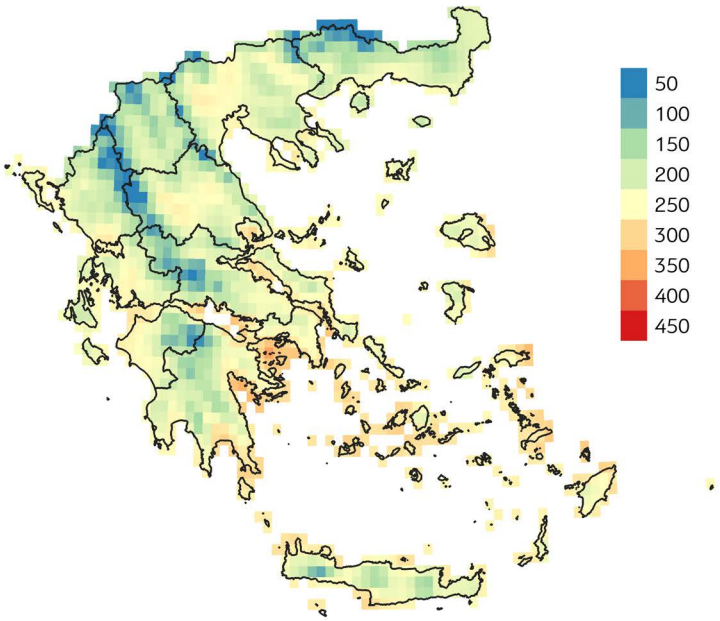




Μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



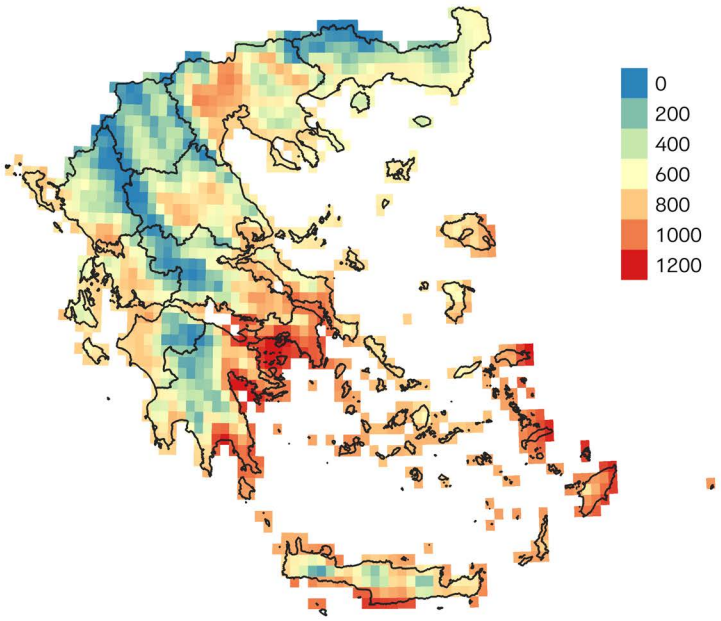
Μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



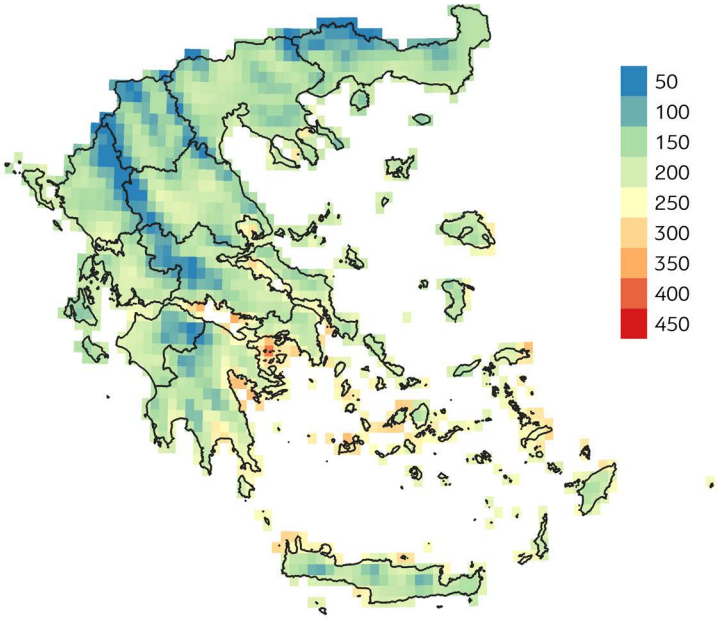
Μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2026-2045 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

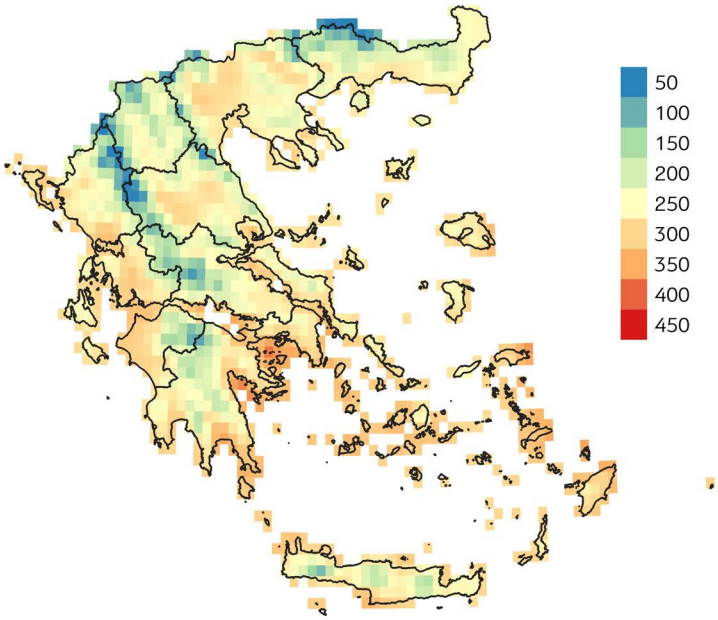
Σχήμα 176. Μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης για την περίοδο 2046-2065 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς (1971-2000) για τα τρία σενάρια εκπομπών



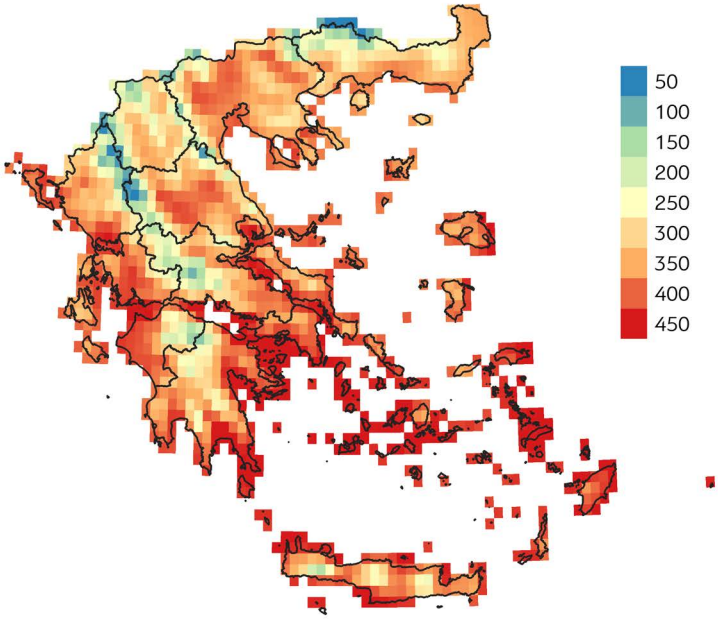
Βαθμοημερες ψύξης
Περίοδος: 1971-2000



Μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 2.6



Μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 4.5



Μεταβολή των βαθμοημερών ψύξης
Περίοδος: 2046-2065 σε σχέση με 1971-2000
Σενάριο: RCP 8.5

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Περίπτωση μελέτης 4: Καύσωνες στις ελληνικές πόλεις – πιο συχνοί, πιο έντονοι

Η εξέταση της Περίπτωσης μελέτης 4 αφορά 19 ελληνικές πόλεις διάφορων πληθυσμιακών μεγεθών και αποτελεί μία καινοτόμο διαδικασία εκτίμησης του θερμικού κινδύνου λόγω της κλιματικής αλλαγής που βασίζεται στην επεξεργασία εκτενών χρονοσειρών με τη χρήση της μηχανικής μάθησης. Ειδικότερα προσδιορίζονται:

(α) η μέγιστη τιμή θερμοκρασίας αέρα που αναμένεται να ξεπεραστεί τουλάχιστον μία φορά τα επόμενα 5, 10 και 25 έτη (Σχήμα 177) και
(β) ο χρόνος επανεμφάνισης υψηλών θερμοκρασιών για τέσσερεις πόλεις (Σχήμα 178).

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν καλύπτουν 40 έτη, από το 1981 έως και το 2020, από τις βάσεις ERA5 και ERA5-land που περιγράφουν τις κλιματικές συνθήκες με χωρική ανάλυση περίπου 31km και 9km αντίστοιχα. Οι βάσεις συνδυάζουν δεδομένα παρατηρήσεων και μοντέλων και η ανάλυση των ακραίων τιμών βασίστηκε στα εγγύτερα σημεία στα οποία παρέχονται δεδομένα για κάθε πόλη.

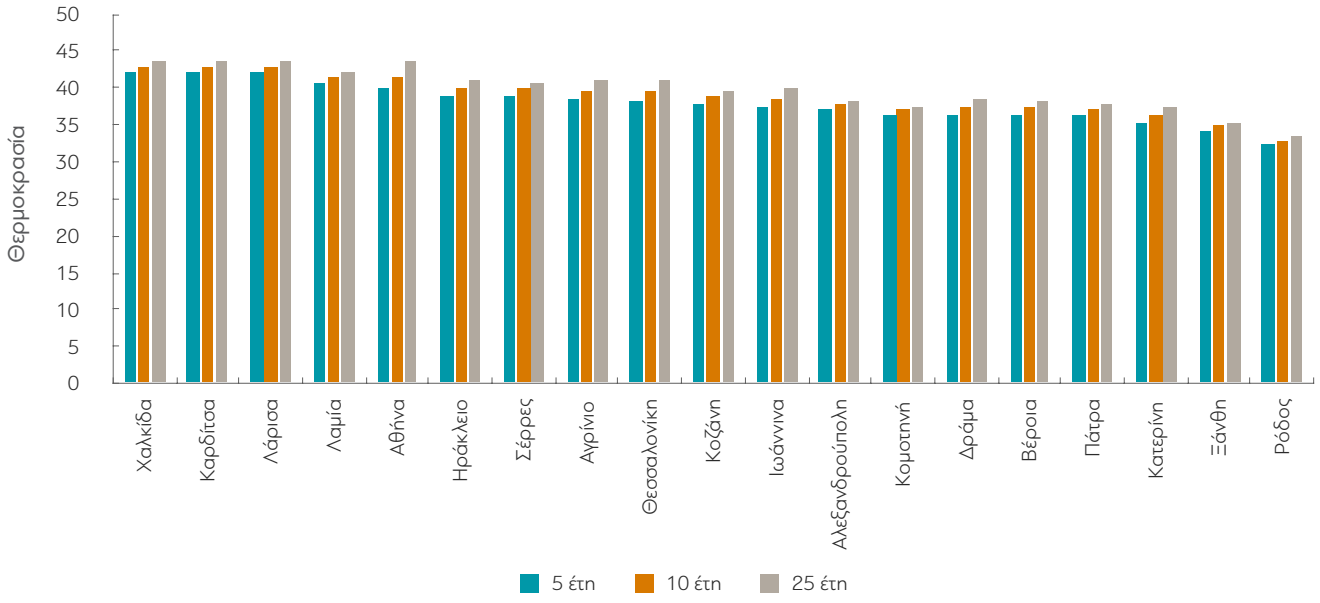
Η μεθοδολογία πρόβλεψης των μεγαλύτερων τιμών της θερμοκρασίας πραγματοποιήθηκε με τη στατιστική ακραίων τιμών που έχει ως στόχο τη μελέτη της πιθανότητα εμφάνισης ακραίων γεγονότων και βασίστηκε στα εξής βήματα:

α) Εύρεση των μέγιστων τιμών ανά έτος (μέθοδος block maxima)
β) Μοντελοποίηση των τιμών με τη Γενικευμένη Κατανομή Ακραίων Τιμών (Generalized Extreme Value Distribution - GEV) και εκτίμηση των παραμέτρων της κατανομής
γ) Αξιολόγηση της καλής προσαρμογής των δεδομένων της θερμοκρασίας στη GEV
δ) Πρόβλεψη ακραίων τιμών θερμοκρασίας

Συνολικά τα αποτελέσματα για τις μεγαλύτερες τιμές της θερμοκρασίας που αναμένονται να ξεπεραστούν τουλάχιστον μία φορά τα επόμενα 5, 10 και 25 έτη σε πόλεις της Ελλάδας που αντιστοιχούν σε συνολικό πληθυσμό 6,16 εκατ. κατοίκους, παρουσιάζονται στο Σχήμα 178. Ένα γενικό συμπέρασμα

που προκύπτει από το διάγραμμα, είναι ότι διαμορφώνεται μία τάση για υψηλότερες θερμοκρασίες που μάλιστα ενισχύονται με τα έτη, όσο δηλαδή συνεχίζει η αύξηση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Για παράδειγμα, η Λάρισα αναμένεται να ξεπεράσει την τιμή των 42 και 43 βαθμών Κελσίου κατά μία τουλάχιστον φορά στην επόμενη πενταετία και δεκαετία αντίστοιχα.

Σχήμα 177. Μέγιστη θερμοκρασία που αναμένεται να ξεπεραστεί τουλάχιστον μία φορά για τα επόμενα 5, 10 και 25 έτη



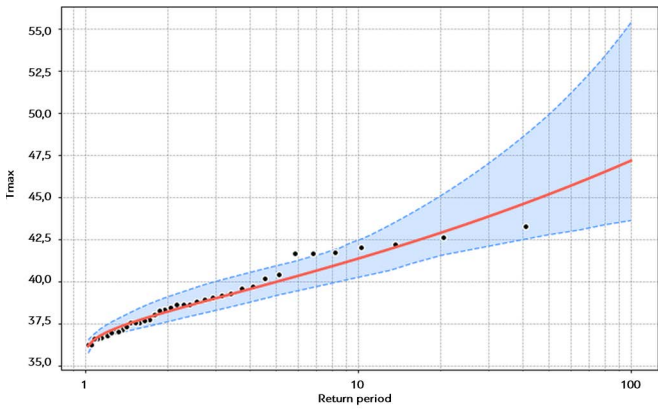
Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Για κάθε μία από τις πόλεις που εξετάζονται στην παρούσα περίπτωση μελέτης, έχει αξία να ληφθούν επίσης υπόψη τα Σχήματα που παρατίθενται στο Κεφάλαιο 2 της μελέτης και αφορούν στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στις ακραίες τιμές της θερμοκρασίας ως προς τον αριθμό των θερμών ημερών.

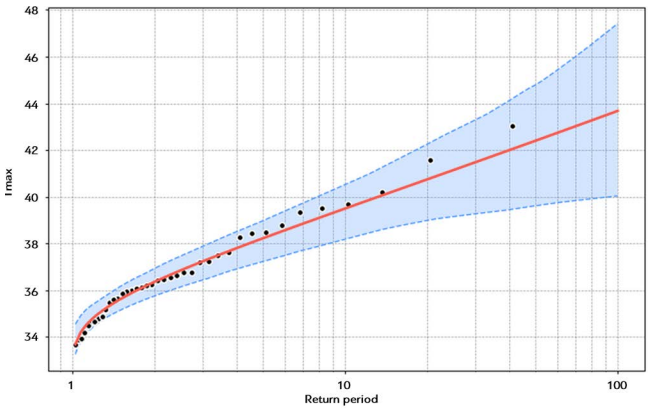
Ειδικότερα, για 4 πόλεις (Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Λάρισα και Ηράκλειο με συνολικό πληθυσμό κατοίκων 5,1 εκατ.) παρουσιάζονται τα διαγράμματα που συνδέουν τη μέγιστη θερμοκρασία με τον χρόνο επανεμφάνισης της, ουσιαστικά ένα μέτρο εκτίμησης της συχνότητας εμφάνισης καυσώνων. Για παράδειγμα για την Αθήνα, διακρίνεται ισχυρή σύνδεση του χρόνου επανεμφάνισης με τις θερμοκρασίες από 37,5 έως 40 βαθμούς Κελσίου, ενώ ιδιαίτερα βεβαρημένες είναι οι συνθήκες που διαμορφώνονται για τη Λάρισα.

Σχήμα 178. Διαγράμματα επιπέδου επανεμφάνισης ακραίων τιμών θερμοκρασίας

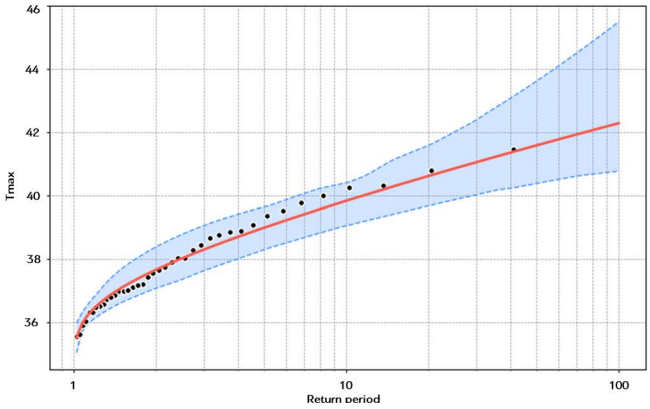
Αθήνα



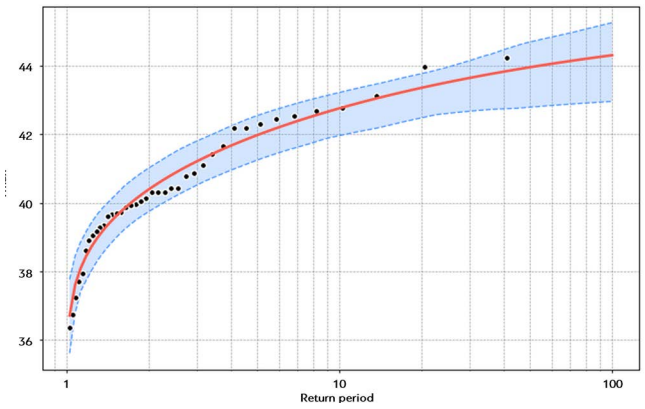
Θεσσαλονίκη



Ηράκλειο



Λάρισα

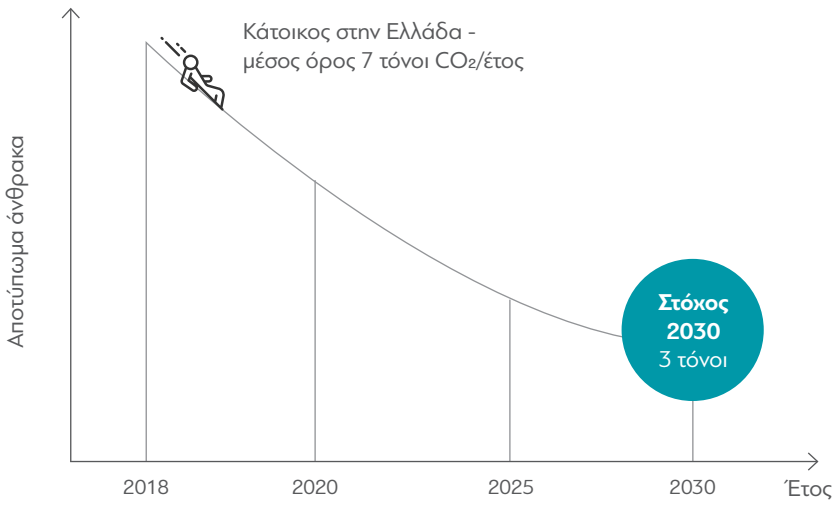


Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Περίπτωση μελέτης 5:
Μειώνοντας τον μέσο όρο των ετήσιων εκπομπών ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ανά κάτοικο στην Ελλάδα

Η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (ή και ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα) προϋποθέτει επίσης την ανταπόκριση των πολιτών. Σύμφωνα με τρέχοντα στοιχεία, η ετήσια εκπομπή ανά κάτοικο στην Ελλάδα είναι 7 τόνοι διοξειδίου του άνθρακα ανά έτος, ενώ για να επιτευχθεί ο στόχος της μείωσης των εκπομπών για το έτος 2030, θα πρέπει η ετήσια εκπομπή να μειωθεί στους 3 τόνους με τις σημαντικότερες μειώσεις να είναι εφικτές στους τομείς της ενέργειας και των μεταφορών. Στον Πίνακα 14 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι εκπομπές ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα για την πραγματοποίηση της απόστασης Αθήνα-Θεσσαλονίκη-Αθήνα (περίπου 1.100km) με διάφορες παραλλαγές μέσων μεταφοράς.[25]

Σχήμα 179. Τρέχων (προσεγγιστικά) και μελλοντικά απαιτούμενος μέσος όρος εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ανά κάτοικο και ανά έτος



Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

25 Για τον υπολογισμό των εκπομπών χρησιμοποιήθηκαν συντελεστές μετατροπής από https://ghgprotocol.org/calculation-tools#cross_sector_tools_id και https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator.

Πίνακας 14. Εκπομπές ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα (σε μετρικούς τόνους) για διάφορα μέσα μεταφοράς για τη διαδρομή Αθήνα-Θεσσαλονίκη-Αθήνα

Μέσο μεταφοράς	Εκπομπές σε μετρικούς τόνους CO_2eq
Βενζίνη, αυτοκίνητο μέσου κυβισμού	0,21
Βενζίνη, αυτοκίνητο μεγάλου κυβισμού	0,31
Πετρέλαιο, αυτοκίνητο μέσου κυβισμού	0,18
Πετρέλαιο, αυτοκίνητο μεγάλου κυβισμού	0,23
Υβριδικό, αυτοκίνητο μέσου κυβισμού	0,12
Μοτοσυκλέτα > 500 cc	0,12
Λεωφορείο (ανά επιβάτη)	0,08
Τρένο (ανά επιβάτη)	0,07

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Τέλος, στον Πίνακα 15 παρουσιάζονται οι εκπομπές ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα για ένα αρχικό σενάριο (κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, θέρμανση, μεταφορές) που αντιστοιχεί σε νοικοκυριό 4 ατόμων στην Ελλάδα[26] και ένα τελικό σενάριο, όπως έχει προκύψει από δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας και αυξημένης χρήσης Μέσων Μαζικής Μεταφοράς. Διαπιστώνεται ότι παρά τη σημαντική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και την κατά 50% μείωση της χρήσης ΙΧ, οι εκπομπές ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα σε ετήσια βάση, υπερβαίνουν σημαντικά τον στόχο των 3 τόνων ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ανά άτομο και ανά έτος.

26 Για τον υπολογισμό των εκπομπών ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα για το τρέχον σενάριο, χρησιμοποιήθηκαν οι μέσοι ετήσιοι όροι κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου θέρμανσης για την Ελλάδα με αναγωγή από 2,5 σε 4 μέλη ανά νοικοκυριό.

Πίνακας 15. Εκπομπές ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα για ένα αρχικό και ένα τελικό σενάριο

	Αρχικό Σενάριο	Παραγωγή ισοδύναμου διοξειδίου άνθρακα ανά άτομο ανά έτος	Μεταβολές στο Αρχικό Σενάριο	Τελικό Σενάριο	Τελική παραγωγή ισοδύναμου διοξειδίου άνθρακα ανά άτομο ανά έτος
Ηλεκτρική ενέργεια	5.769 KWh (τετραμελής οικογένεια)	0,8 tCO_2eq	40% εξοικονόμηση	3.461 KWh	0,48 tCO_2eq
Θέρμανση	897 lt πετρέλαιο (τετραμελής οικογένεια)	0,57 tCO_2eq	40% εξοικονόμηση	538 lt	0,34 tCO_2eq
Χρήση ΙΧ βενζίνη	20.000 km (τετραμελής οικογένεια)	3,49 tCO_2eq/4 = 0.87 tCO_2eq	Μείωση της χρήσης ΙΧ κατά 50% υπέρ ΜΜΜ	10.000 km ΙΧ 10.000 km μετρό	1,75 tCO_2eq/4 = 0,44 tCO_2eq
Αεροπορικές μετακινήσεις	4 Αθήνα-Θεσ/κη-Αθήνα	4x0,32 tCO_2eq =1,28 tCO_2eq	Τρένο		4x0,07 tCO_2eq =0,28 tCO_2eq
	1 Αθήνα-Βρυξέλλες-Αθήνα	0,59 tCO_2eq	Ως έχει		0,59 tCO_2eq
	1 Αθήνα-ΝΥ-Αθήνα	2,21 tCO_2eq	Ως έχει		2,21 tCO_2eq
ΣΥΝΟΛΟ		**6,32 tCO_2eq**			**4,34 tCO_2eq**

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

ΕΝΣΩΜΑΤΩΝΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΟΝ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ ΤΟΥ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Οκτώβριος 2021

Προτάσεις

7

Θεσμική θωράκιση

Η αναθεώρηση του θεσμικού πλαισίου της χώρας ώστε να λαμβάνει υπόψη τη διάσταση της κλιματικής αλλαγής παραμένει κεντρική προτεραιότητα. Η ανάγκη για την αναθεώρηση αυτή είχε επισημανθεί και στην προηγούμενη έκδοση της μελέτης (διαΝΕΟσις, 2017), πλην όμως ο βηματισμός είναι αργός την ίδια ώρα που οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (τουλάχιστον ως προς ορισμένες κλιματικές παραμέτρους) επιταχύνονται.

Υπό αυτό το πρίσμα η αναθεώρηση οφείλει να αφορά τα Περιφερειακά Χωρικά Πλαίσια, τα Ειδικά Χωρικά Πλαίσια για τον Τουρισμό, τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) και τις υδατοκαλλιέργειες, τα Σχέδια Διαχείρισης Υδάτων των Υδατικών Διαμερισμάτων, ιδίως δε αυτών στα οποία εκτιμώνται μεγαλύτερες μειώσεις στα υδατικά αποθέματα (όπως της Θεσσαλίας, της Δυτικής Ελλάδας και της Πελοποννήσου) καθώς και τα προγραμματιζόμενα από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Τοπικά Πολεοδομικά Σχέδια.

Η αναθεώρηση θα πρέπει να γίνει (α) με σεβασμό στις ιδιαιτερότητες και τη σημασία των περιοχών υποδοχής (π.χ. των περιοχών Natura 2000 που αποτελώντας κρίσιμο κεφάλαιο για τη χώρα θα πρέπει με κάθε τρόπο να διατηρηθούν «ανέγγιχτες»), και (β) με γνώμονα το γεγονός ότι δεν είναι η εθνική περιβαλλοντική νομοθεσία που δημιουργεί κινδύνους για τις επενδύσεις, αλλά η απόκλιση από τις πρόνοιές της.

Στην ίδια παρέμβαση προτείνεται «ρήτρα κλιματικής αλλαγής» (δηλαδή η συμπερίληψη της διάστασης της κλιματικής αλλαγής κυρίως ως προς τις καταγραφόμενες και μελλοντικά εκτιμώμενες επιπτώσεις) στις Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων και τις Στρατηγικές Μελέτες Επιπτώσεων Έργων καθώς και στις περιπτώσεις ειδικών σχεδίων ανάπτυξης (π.χ. τα Ειδικά Σχέδια Χωρικής Ανάπτυξης Στρατηγικών Επενδύσεων – ΕΣΧΑΣΕ).

Προτεραιότητα στην εξοικονόμηση ενέργειας

Από την ανάλυση των χαρακτηριστικών του ενεργειακού τομέα της Ελλάδας προβάλλεται ως 1η προτεραιότητα, σε σχέση με κάθε άλλο μέτρο ή παρέμβαση στον τομέα της ενέργειας, η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στις μεταφορές, στη βιομηχανία και στον κτηριακό τομέα μέσα και από τη θέσπιση ειδικότερων (εθνικών, περιφερειακών, τοπικών ή και επιχειρηματικών) μετρήσιμων στόχων για κάθε μία από τις παραπάνω κατηγορίες. Ουσιαστικά αυτό μεταφράζεται στην «ταπείνωση» της καμπύλης ενεργειακής ζήτησης, ώστε να αναδειχθεί περαιτέρω το δυναμικό των ΑΠΕ αλλά και να είναι ευκολότερα εφικτή η σε βάθος χρόνου διασφάλιση της ενεργειακής επάρκειας μέσα από ένα ενεργειακό μείγμα που θα βασίζεται στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και θα είναι σταδιακά απαλλαγμένο από τον λιγνίτη (από το 2025), το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο.

Ειδικά σε ό,τι αφορά στον κτηριακό τομέα, μία τέτοια παρέμβαση προϋποθέτει τον ανασχεδιασμό του προγράμματος «Εξοικονομώ» ώστε η εφαρμογή του σε αστικές περιοχές να συναρτάται με τις ειδικότερες περιβαλλοντικές και κλιματικές πιέσεις που επικρατούν (π.χ. τα κριτήρια χρηματοδότησης να μην εξαντλούνται στο φορολογητέο εισόδημα του αιτούντος και στην ηλικία του κτηρίου, αλλά να λαμβάνουν επίσης υπόψη αν η προς ενεργειακή αναβάθμιση κατοικία είναι σε κτήριο σε θερμικά επιβαρυμένη περιοχή, αν είναι σε περιοχή με χαμηλό ποσοστό πρασίνου, αν φιλοξενεί ευάλωτες ομάδες πληθυσμού, κ.ά.).

Ο καιρός της αιολικής ενέργειας

Οι εκτιμήσεις των κλιματικών μοντέλων παραπέμπουν σε περαιτέρω ενίσχυση του αιολικού δυναμικού κατά τις επόμενες κλιματικές περιόδους (βλ. Κεφάλαιο 6, Περίπτωση μελέτης 2).

Η αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού προϋποθέτει την ολοκλήρωση του νέου ειδικού χωρικού σχεδίου για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Προϋποθέτει επίσης την αποκατάσταση της εμπιστοσύνης των τοπικών κοινωνιών σε έργα ΑΠΕ, κυρίως στα αιολικά πάρκα αλλά και την προστασία των έργων αυτών από έναν καλπάζοντα σκεπτικισμό που τις συνδέει με «δεινά», όπως ότι ευθύνονται για την καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος, ότι τροποποιούν το μικροκλίμα ή και ότι αλλάζουν το μαγνητικό πεδίο της Γης. Όμως η προστασία των ΑΠΕ αφορά και «τον ίδιο τους τον εαυτό», υπό την έννοια ότι είναι αναγκαίο οι επενδύσεις που δρομολογούνται να σέβονται τη φέρουσα ικανότητα και τις ιδιαιτερότητες των περιοχών υποδοχής (λ.χ. πέρασμα αποδημητικών πτηνών, εγγύτητα με αρχαιολογικούς χώρους, κ.ά.) και να προβλέπουν την παράλληλη (και εξαντλητική) διαβούλευση με τις τοπικές κοινωνίες.

Σε μία πιο πρακτική ανάγνωση, δεν παύει να είναι οξύμωρο ότι αντί να αναπτυχθεί ένα κίνημα κατά των αυθαίρετων (και μη) κατασκευών εντός δασών και δασικών εκτάσεων, αναπτύχθηκε ένα κίνημα εναντίον των ανεμογεννητριών, μίας καθαρής δηλαδή πηγής ενέργειας με εξαιρετικά περιορισμένο περιβαλλοντικό και κλιματικό αποτύπωμα. Ο ρόλος της επιστημονικής κοινότητας στην κατεύθυνσης της «αποδαιμονοποίησης» της αιολικής ενέργειας, είναι κάτι παραπάνω από αναγκαίος.

Μετάβαση με ενεργειακή ασφάλεια

Η βελτίωση της ενεργειακής ασφάλειας της χώρας με τη σταδιακή μείωση των εισαγωγών πετρελαίου και φυσικού αερίου προϋποθέτει εκτός της αυξημένης διείσδυσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο και την κατά προτεραιότητα προώθηση και ολοκλήρωση (με ενδιάμεσα χρονικά βήματα το 2024 και το 2030) των διασυνδέσεων των νησιών (Κρήτη, Δωδεκάνησα, Κυκλάδες, Βόρειο Αιγαίο) καθώς και την προώθηση μονάδων αποθήκευσης

της παραγόμενης από ΑΠΕ ηλεκτρικής ενέργειας. Υπό αυτό το πρίσμα είναι αναγκαία η επαναξιολόγηση της σκοπιμότητας εξορύξεων υδρογονανθράκων ιδίως σε μία εποχή που 1η προτεραιότητα σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο είναι η μετάβαση σε οικονομίες (σχεδόν) καθαρού άνθρακα.

Ως προς την αποθήκευση, είναι απαραίτητη η ανάπτυξη του θεσμικού πλαισίου με έμφαση στην αντλησιοταμίευση που είναι η πιο διαδεδομένη τεχνολογία διεθνώς για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλα μεγέθη.

Η παρέμβαση για την ενεργειακή ασφάλεια ενισχύει την επανεκκίνηση της οικονομίας, μέσα από την αναπτυξιακή δυναμική που διαμορφώνεται αλλά και τη γεωπολιτική σημασία που αποκτά η χώρα ως περιφερειακός ενεργειακός κόμβος, μέσα από τις διασυνοριακές διασυνδέσεις και τα έργα μεταφοράς/αποθήκευσης φυσικού αερίου (αγωγοί TAP, IGB, υπόγεια αποθήκη Καβάλας, FSRU Αλεξανδρούπολης).

Ο τουρισμός σε «αργό» κίνδυνο

Η εκτίμηση των κλιματικών επιπτώσεων σε τουριστικές περιοχές της χώρας αναδεικνύει έναν κίνδυνο που μπορεί να θεωρείται αργός, πλην όμως επιβάλλει τον άμεσο και προληπτικό σχεδιασμό για την αντιμετώπιση του. Στην πράξη αυτό μεταφράζεται στη διαμόρφωση σχεδίων για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή στον τομέα του τουρισμού, κατά προτεραιότητα δε σε περιοχές της χώρας που υφίστανται ήδη τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής ή εκτιμάται ότι θα πληγούν περισσότερο κατά τις επόμενες δεκαετίες (βλ. Κεφάλαιο 3).

Τα παραπάνω σχέδια πρέπει να προταχθούν σε περιοχές όπου ο τουρισμός αποτελεί την κυρίαρχη οικονομική δραστηριότητα (λ.χ. νησιωτικές περιοχές Αιγαίου και Ιονίου), με χαρακτηριστικά «μονοκαλλιέργειας». Είναι άλλωστε γνωστό ότι η πανδημία που εξελίσσεται, επιδείνωσε τις οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες κυρίως σε περιοχές που βασίζονται σε μία παραγωγική διαδικασία, κυρίως δε αυτή του τουρισμού.

Ο αγροτικός τομέας και η προστασία της υπαίθρου

Οι εκτιμώμενες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον γεωργικό και κτηνοτροφικό τομέα, αφορούν κυρίως στη μείωση των βροχοπτώσεων και τη συνεπαγόμενη μείωση της υγρασίας εδάφους, με σταδιακή, δε, ενίσχυση των επιπτώσεων μεταξύ των εξεταζόμενων κλιματικών περιόδων.

Η κατάρτιση ειδικών διαχειριστικών σχεδίων για την προστασία της γεωργικής παραγωγής είναι ζήτημα υψηλής προτεραιότητας για την περιφερειακή ανάπτυξη αλλά και την προστασία της υπαίθρου. Αν και τα σχέδια αυτά αφορούν πλήθος περιοχών σε διάφορες Περιφερειακές Ενότητες

της χώρας (βλ. Κεφάλαιο 2), προτεραιότητα θα πρέπει να δοθεί στις πεδινές περιοχές της Κεντρικής Μακεδονίας και της Θεσσαλίας, που αν και δεν προβλέπεται να υποστούν τις σοβαρότερες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, το μέγεθος των καλλιεργούμενων εκτάσεων προϋποθέτει ένταση παρεμβάσεων σε βάθος χρόνου.

Τα σχέδια αυτά θα πρέπει να περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων μέτρα και έργα υποδομής για τον δραστικό περιορισμό της διάχυσης αστικών χρήσεων καθώς και ενεργειακών υποδομών στη γεωργική γη υψηλής παραγωγικότητας, τον καθορισμό μέγιστου δυναμικού απόληψης σε συνάρτηση με την κατάσταση του υδροφόρου ορίζοντα καθώς και μέγιστου αριθμού ενεργών γεωτρήσεων με στόχο τη σταδιακή τους κατάργηση, τη βελτίωση των συστημάτων άρδευσης με στόχο την ελαχιστοποίηση απωλειών νερού από τα αρδευτικά δίκτυα, τον εμπλουτισμό του υδροφόρου ορίζοντα, την προώθηση έργων ορεινής υδρονομίας αλλά και την τιμολόγηση νερού και τον προσδιορισμό των κατάλληλων καλλιεργειών, ανάλογα με τις διαμορφούμενες κλιματικές συνθήκες.

Τα σχέδια θα πρέπει να αξιοποιούν τις νεότερες πρόνοιες της αναθεωρημένης Κοινής Αγροτικής Πολιτικής (ΚΑΠ), μέσω των Πράσινων Άμεσων Ενισχύσεων για τη διαχείριση των γεωργικών εκτάσεων και τη βιώσιμη παραγωγή τροφίμων. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η ερημοποίηση των γεωργικών εκτάσεων και αξιοποιούνται αποτελεσματικότερα οι υδατικοί πόροι, ιδιαίτερα σε περίοδο που ήδη καταγράφεται η μείωσή τους λόγω της κλιματικής αλλαγής.

Οι πόλεις στο προσκήνιο

Η κατάρτιση και εφαρμογή σχεδίων προσαρμογής των πόλεων στην κλιματική αλλαγή (λ.χ. με στόχο τη μείωση της θερμοκρασίας τους κατά έναν περίπου βαθμό Κελσίου) είναι παραπάνω από αναγκαία τόσο σε σχέση με την τρέχουσα κατάσταση του θερμικού περιβάλλοντος των πόλεων στην Ελλάδα όσο και από τις εκτιμήσεις των κλιματικών μοντέλων για περαιτέρω επιβάρυνση τόσο ως προς τη θερμοκρασία (μέση, μέγιστη και ελάχιστη), όσο και προς την αύξηση του αριθμού των ημερών με επεισόδια καύσωνα. Ιδιαίτερα ανησυχητική είναι η εκτίμηση που προκύπτει στην τρέχουσα μελέτη (Κεφάλαιο 5, Περίπτωση μελέτης 4) για την ταχεία επιδείνωση του θερμικού περιβάλλοντος σε δεκαεννέα (19) ελληνικές πόλεις και τη συχνότερη εμφάνιση ακραίων θερμικών συνθηκών και τις συνεπαγόμενες επιπτώσεις στην υγεία των πολιτών.

Ένα σχέδιο προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή θα πρέπει να προβλέπει την ενσωμάτωση της παραμέτρου της κλιματικής αλλαγής στα προς κατάρτιση Τοπικά Πολεοδομικά Σχέδια, την αναθεώρηση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων, την εκτεταμένη χρήση νέων υλικών με

την ικανότητα να εκτονώνουν τις θερμικές πιέσεις στο αστικό περιβάλλον, παρεμβάσεις στο κτηριακό απόθεμα (λ.χ. θερμική θωράκιση, πράσινες οροφές), την ενίσχυση του πρασίνου (πάρκα τσέπης και πράσινοι διάδρομοι) αλλά και την προσεκτικά οργανωμένη μείωση της χρήσης των ιδιωτικών οχημάτων. Όπως δε επισημαίνεται στη μελέτη, θα πρέπει να αποφευχθεί με κάθε τρόπο η χωρίς διάκριση επανάληψη του ίδιου σχεδίου προσαρμογής σε διαφορετικές αστικές περιοχές, ακόμα και σε αστικές περιοχές που εντάσσονται στο ίδιο πολεοδομικό συγκρότημα (βλ. την περίπτωση του ευρύτερου πολεοδομικού συγκροτήματος της Αθήνας).

Στο ίδιο πλαίσιο εντάσσεται και η μετατροπή των πόλεων σε κλιματικά ουδέτερες μέσα από τον μετριασμό των εκπομπών άνθρακα. Πρόκειται για κεντρική προτεραιότητα της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας ώστε να διαμορφωθούν 100 κλιματικά ουδέτερες πόλεις το 2030. Όμως η παρούσα κατάσταση των ελληνικών πόλεων ως προς την πολεοδομική τους οργάνωση, το ποσοστό πρασίνου, την ποιότητα του κτηριακού αποθέματος, το ποσοστό χρήσης ΙΧ αυτοκινήτων, κ.ά., κάθε άλλο παρά συνηγορεί προς τη μετατροπή οιασδήποτε ελληνικής πόλης σε κλιματικά ουδέτερης τουλάχιστον μέχρι το 2030. Στην περίπτωση αυτή, το σχέδιο θα μπορούσε να αφορά τμήμα της πόλης αντί δηλαδή για το σύνολο της, όπως άλλωστε προβλέπεται και από την ίδια την παραπάνω προτεραιότητα της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας. Υπό αυτό το πρίσμα, προτείνεται η επιλογή ενός αριθμού πόλεων στην Ελλάδα στις οποίες θα δοκιμαστούν σε πιλοτικό επίπεδο, σχέδια προς την κλιματική ουδετερότητα.

Υπό το πρίσμα των παραπάνω, είναι αναγκαία η καθιέρωση στόχων (π.χ. μείωση κατά x% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου ως το 2030 ή αύξησης των τ.μ. πρασίνου ανά κάτοικο) και σε επίπεδο Δήμων (αντί δηλαδή ως στόχοι εθνικής κλίμακας όπως ισχύει σήμερα). Η ικανοποίηση του στόχου, λ.χ. όπως έχει τεθεί σε έναν Δήμο, θα ήταν δόκιμο να συνοδεύεται από φορολογικά κίνητρα για τους δημότες ή την κατά προτεραιότητα χρηματοδότηση ενεργειακά και περιβαλλοντικά φιλικών έργων και δράσεων στον οικείο Δήμο, ώστε να επιβραβεύεται κατά αυτό τον τρόπο η συλλογική συμμετοχή και η κοινωνική συνευθύνη.

Στην ίδια παρέμβαση, τέλος, θα ήταν δόκιμο να προβλεφθεί η μετάβαση σε μητροπολιτική διοίκηση (στην περίπτωση των ευρύτερων πολεοδομικών συγκροτημάτων, λ.χ. Αθήνα και Θεσσαλονίκη) ώστε τα σχέδια προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή αλλά και μετριασμού της να καταρτίζονται και να εφαρμόζονται συντονισμένα. Θα ήταν δε εξαιρετικά σημαντικό να ενταχθεί και η διάσωση των διατηρητέων κτηρίων (μόνο στην Αθήνα καταγράφηκαν 1.800 διατηρητέα κτήρια το 2014) ανεξάρτητα από το γεγονός ότι μία τέτοια δράση δεν σχετίζεται άμεσα με την κλιματική αλλαγή, καθώς και αυτή της αποκατάστασης του κτηριακού αποθέματος προ του 1960 (άνω του 60% των κτηρίων στο κέντρο της Αθήνας).

Νέες υποδομές – Σχεδιάζοντας με το βλέμμα σε ένα άλλο (κλιματικό) μέλλον

Η ενσωμάτωση της κλιματικής παραμέτρου στον σχεδιασμό των νέων υποδομών με χρόνο ζωής περίπου 30-50 έτη, διευκολύνει την επιλογή των υποδομών εκείνων που θα είναι αναγκαίες όχι μόνο για την παρούσα περίοδο αλλά και για δεκαετίες μετά (λ.χ. έργα ορεινής υδρονομίας σε περιοχές που εκτιμάται ότι θα μειωθούν τα υδατικά αποθέματα, αντιπλημμυρικά έργα σε περιοχές όπου διαπιστώνεται αύξηση στην ένταση και τη συχνότητα των ακραίων καιρικών φαινομένων).

Παράλληλα θα αποκλείει υποδομές που δεν θα ανταποκρίνονται στις ειδικότερες κλιματικές συνθήκες που βάσιμα εκτιμάται ότι θα διαμορφωθούν τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μεσοπρόσθεσμα (λ.χ. τουριστικές εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας σε περιοχές με μείωση των υδατικών αποθεμάτων ή με εξελισσόμενη διάβρωση των παρακτίων ζωνών).

Προστασία της επιχειρηματικότητας

Προτείνεται η δημιουργία μητρώου επιχειρήσεων του δημόσιου και, κυρίως, του ιδιωτικού τομέα που θα πρέπει να προετοιμαστούν για την επικείμενη αυστηροποίηση του συστήματος δικαιωμάτων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

Αν και η συγκεκριμένη παρέμβαση μοιάζει γραφειοκρατική, η σημασία της για την έγκαιρη προετοιμασία των επιχειρήσεων για τη νέα περίοδο των μειωμένων δικαιωμάτων εκπομπών άνθρακα, όπως αυτή περιγράφεται επίσης στην Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία, είναι κεφαλαιώδης. Επισημαίνεται άλλωστε η σημαντική επιβάρυνση της ΔΕΗ (περίπου 1 δισ. ευρώ για το διάστημα 2014-2018) και κατ' επέκταση και των καταναλωτών για την αγορά δικαιωμάτων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, λόγω της χρήσης λιγνίτη.

Ήδη από το 2013 έχει καταργηθεί η δωρεάν διάθεση δικαιωμάτων εκπομπών άνθρακα στους τομείς παραγωγής ενέργειας και θερμότητας και έχουν περιορισθεί σε ετήσια βάση μέχρι το 2020, τα μερίδια (shares) δωρεάν δικαιωμάτων για τη βιομηχανία υψηλών ενεργειακών απαιτήσεων (τσιμέντο, χάλυβας, χημικά, τρόφιμα, κ.ά.) και τις αερομεταφορές, σε μία γενναία, κατά άλλους ριψοκίνδυνη για τη βιωσιμότητα παραγωγικών τομέων, προσπάθεια προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές άνθρακα.

Η Ελλάδα οφείλει να λάβει υπόψη την περαιτέρω μείωση των δωρεάν δικαιωμάτων για τη βιομηχανία υψηλών ενεργειακών απαιτήσεων, τις αερομεταφορές και τη ναυτιλία. Μία τέτοια εξέλιξη έχει διττή ανάγνωση καθώς σηματοδοτεί μία νέα πίεση στο κόστος παραγωγής (και ενδεχομένως στη

βιωσιμότητα κλάδων και επιχειρήσεων) αλλά και διαμορφώνει μία μείζονα ευκαιρία για την ενσωμάτωση καθαρών τεχνολογιών και τη χρήση καθαρών καυσίμων ώστε να περιορίζεται η ανάγκη για την αγορά δικαιωμάτων εκπομπών.

Ιδιωτικές επενδύσεις με ανθεκτικότητα

Αναθεώρηση του θεσμικού πλαισίου για την ενίσχυση των ιδιωτικών επενδύσεων ώστε να ενσωματωθεί η διάσταση της κλιματικής αλλαγής κατά διττό τρόπο: (α) να αποφευχθούν επενδύσεις σε περιοχές που θα πληγούν από τις μελλοντικές κλιματικές αλλαγές, ουσιαστικά οι μεσοπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επενδύσεις να είναι θωρακισμένες έναντι των κλιματικών αλλαγών (climate proofing) και (β) να ενισχυθούν επενδύσεις που ευνοούνται από την κλιματική αλλαγή ή έχουν το δυναμικό να υποστηρίξουν δράσεις προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή (λ.χ. μονάδες παραγωγής ψυχρών υλικών για τα κτήρια και τις λοιπές υποδομές).

Λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα στην καθημερινότητα - Ο ρόλος των πολιτών

Ο ετήσιος μέσος όρος εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα σήμερα στην Ελλάδα, είναι περίπου 7 τόνοι ανά κάτοικο, ενώ θα πρέπει να μειωθεί στους 3 τόνους το 2030. Το σημαντικότερο μερίδιο στους 7 τόνους προκύπτει από τους τομείς της ενέργειας και των μεταφορών, ενώ και οι καταναλωτικές συνήθειες επηρεάζουν επίσης το ύψος των εκπομπών. Η ενημέρωση των πολιτών για τις αλλαγές που μπορεί να πραγματοποιήσουν στην καθημερινή τους ζωή, από την ενέργεια (και το είδος) που καταναλώνουν στις κατοικίες τους, μέχρι τον τρόπο που κινούνται μέσα στην πόλη που ζουν και εργάζονται και τις καταναλωτικές συνήθειες που συνθέτουν τον τρόπο ζωής τους, είναι αναγκαία προϋπόθεση για την επίτευξη του στόχου για το 2030.

Γλωσσάρι

Κλιματική παράμετρος/ κλιματικός δείκτης	Περιγραφή
Θερμοκρασία (°C)	
Ελαχίστη θερμοκρασία (°C)	Ελάχιστη θερμοκρασία ανά μήνα και έτος.
Μεγίστη θερμοκρασία (°C)	Μέγιστη θερμοκρασία μήνα και έτους.
Μέση ελαχίστη θερμοκρασία (°C)	Μέση μηναία τιμή των ελάχιστων ημερήσιων θερμοκρασιών.
Μέση μεγίστη θερμοκρασία (°C)	Μέση μηνιαία τιμή των μέγιστων ημερήσιων θερμοκρασιών
Αριθμός πολύ θερμών ημερών	Οι ημέρες κατά τις οποίες η μέγιστη θερμοκρασία υπερβαίνει τους 35 °C.
Αριθμός εξαιρετικά θερμών ημερών	Οι ημέρες κατά τις οποίες η μέγιστη θερμοκρασία υπερβαίνει τους 37 °C.
Συνεχόμενες θερμές ημέρες και νύχτες	Ο υπολογισμός του δείκτη λαμβάνει υπόψη τόσο την ελάχιστη όσο και τη μέγιστη θερμοκρασία και αποτελεί τον αριθμό των ημερών κατά τη διάρκεια ενός έτους όπου τόσο η ελάχιστη όσο και η μέγιστη θερμοκρασία είναι μεγαλύτερες για τουλάχιστον τρεις συνεχόμενες ημέρες από τα αντίστοιχα 95-οστά εκατοστημόριά τους κατά την περίοδο αναφοράς.
Αριθμός θερμών επεισοδίων (καύσωνες)	Πρόκειται για επεισόδια που χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλές θερμοκρασίες άνω των 37 °C, απουσία ανέμων και διαρκούν συνήθως τρεις συνεχόμενες ημέρες. Κατά τη διάρκεια των επεισοδίων καύσωνα χαρακτηριστική είναι η δυσφορία των ανθρώπων κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας και η δυσκολία στην πραγματοποίηση πολύωρων δραστηριοτήτων σε εξωτερικό περιβάλλον.
Αριθμός τροπικών νυχτών	Ο αριθμός των νυχτών κατά τις οποίες η ελάχιστη θερμοκρασία του αέρα είναι πάνω από 20 βαθμούς Κελσίου. Αποτελεί παράγοντα άμεσα συνδεδεμένο με τον δείκτη των θερμών ημερών. Οι τροπικές νύχτες σχετίζονται με τη δυσφορία και τη θερμική ισορροπία των ανθρώπων, κυρίως κατά τη διάρκεια του ύπνου.
Αριθμός ψυχρών επεισοδίων	Ο αριθμός των ψυχρών επεισοδίων υπολογίζεται σε ετήσια βάση ως ο αριθμός των περιπτώσεων που η ελάχιστη θερμοκρασία είναι μικρότερη για συνεχόμενες έξι ημέρες από το 10-οστό εκατοστημόριο της ελάχιστης θερμοκρασίας της περιόδου αναφοράς (1971-2000).
Διάρκεια ψυχρών επεισοδίων	Η μέγιστη διάρκεια ενός ψυχρού επεισοδίου με τα χαρακτηριστικά που αναφέρονται παραπάνω. Υπολογίζεται σε ετήσια βάση.
Βροχόπτωση (mm)	Συνολική βροχόπτωση ανά μήνα και έτος.
Βροχόπτωση ανά ημέρα βροχής (mm/day)	Εκφράζει την ημερήσια βροχόπτωση για ημέρες βροχής (> 1mm).
Συνεχόμενες υγρές ημέρες	Η μέγιστη διάρκεια συνεχόμενων ημερών για μια περίοδο κατά την οποία παρατηρείται ύψος βροχής μεγαλύτερο του 1mm ανά ημέρα.
Αριθμός ημερών υψηλής βροχόπτωσης	Υπολογίζονται σε ετήσια βάση ως ο αριθμός των ημερών με ημερήσιο ύψος βροχής μεγαλύτερο από 20mm. Αποτελούν δείκτη συχνότητας πλημμυρικών συμβάντων.
Δείκτης τυποποιημένης βροχόπτωσης	Ο υπολογισμός του δείκτη προκύπτει από τη διαφορά της βροχόπτωσης από τη μέση τιμή για μία ορισμένη χρονική περίοδο διαιρώντας τη με την τυπική απόκλιση. Οι θετικές τιμές του δείκτη δείχνουν μεγαλύτερη από τη μέση βροχόπτωση, ενώ οι αρνητικές τιμές υποδεικνύουν μικρότερη από τη μέση βροχόπτωση. Ένα επεισόδιο ξηρασίας εμφανίζεται όταν ο δείκτης SPI παίρνει αρνητική τιμή και φτάνει μια ένταση όπου είναι -1 ή μικρότερος. Το επεισόδιο τελειώνει όταν ο δείκτης πάρει θετική τιμή.

Δείκτης τυποποιημένης βροχόπτωσης–εξατμισοδιαπνοής	Ο δείκτης αυτός βασίζεται στη διαφορά της βροχόπτωσης και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής. Τιμές μικρότερες του -0,5 υποδεικνύουν ξηρότερες συνθήκες με αυξανόμενη ένταση όσο μειώνεται η τιμή του δείκτη.
Εδαφική υγρασία (kg/m^2)	Η διαθεσιμότητα του εδαφικού νερού αποτελεί κρίσιμη παράμετρο για τη γεωργική παραγωγή και σε συνδυασμό με την αύξηση της θερμοκρασίας, σχετίζεται με την ευαισθησία των καλλιεργειών. Επηρεάζει επίσης την ένταση των δασικών πυρκαγιών.
Αριθμός ημερών παγετού	Το σύνολο των ημερών κατά τις οποίες η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία δεν υπερβαίνει τους μηδέν βαθμούς Κελσίου.
Αριθμός ημερών ολικού παγετού	Το σύνολο των ημερών κατά τις οποίες η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία δεν υπερβαίνει τους μηδέν βαθμούς Κελσίου < 0 °C.
Αριθμός συνεχόμενων ξηρών ημερών	Ο υψηλότερος αριθμός συνεχόμενων ημερών με ημερήσια βροχόπτωση < 1mm, το έτος.
Διάρκεια βλαστικής περιόδου	Υπολογίζεται ως ο αριθμός των ημερών μεταξύ της πρώτης περιόδου διάρκειας 5 ημερών με μέση ημερήσια θερμοκρασία άνω των 5 °C έως την πρώτη περίοδο 5 ημερών με θερμοκρασίες κάτω των 5 °C. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι περισσότερες καλλιέργειες απαιτούν διάρκεια βλαστικής περιόδου τουλάχιστον 90 ημερών.
Βαθμοημέρες ανάπτυξης	Υπολογίζονται ως το ετήσιο άθροισμα της διαφοράς της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας από μια κρίσιμη τιμή της (η κρίσιμη τιμή εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας, στη συγκεκριμένη μελέτη λαμβάνεται υπόψη η τιμή των 10 °C που χρησιμοποιεί η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία).
Βαθμοημέρες θέρμανσης	Το άθροισμα των ημερών κατά τις οποίες η μέση θερμοκρασία είναι μικρότερη των 18 °C. Εκφράζει την ανάγκη για τη θέρμανση ενός κτηρίου.
Βαθμοημέρες ψύξης	Το άθροισμα των ημερών κατά τις οποίες η μέση θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη των 18 °C. Εκφράζει την ανάγκη για την ψύξη ενός κτηρίου.
Σενάρια RCP (Representative Concentration Pathways	**Τα σενάρια RCP που έχουν διαμορφωθεί από τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος πιθανών καταστάσεων που σχετίζονται με την υπερθέρμανση του πλανήτη και ποσοτικοποιούν τις μελλοντικές συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου καθώς και την επίδρασή τους στο ισοζύγιο ακτινοβολίας (ο αριθμός που συνοδεύει κάθε σενάριο εκφράζει την αύξηση του ισοζυγίου ακτινοβολίας, λ.χ. RCP 4.5 σημαίνει αύξηση του ισοζυγίου κατά 4.5 W/m^2). Οι μελλοντικές εκπομπές των αερίων θερμοκηπίου εξαρτώνται από εξελίξεις όπως η αύξηση του πληθυσμού, η οικονομική ανάπτυξη, η κατανάλωση ενέργειας, η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, οι τεχνολογικές αλλαγές, η αποψίλωση των δασών και οι χρήσεις γης.**
Σενάριο πολύ χαμηλών εκπομπών – RCP 2.6	Οι εκπομπές του CO_2 παραμένουν σταθερές στις αρχές του 21ου αιώνα και στη συνέχεια μειώνονται και γίνονται αρνητικές έως τα τέλη του αιώνα. Το σενάριο αυτό υποθέτει απότομη μείωση στη χρήση ορυκτών καυσίμων, αυξημένη χρήση καλλιεργήσιμων εκτάσεων για βιοκαύσιμα και μείωση των εκπομπών μεθανίου κατά 40%.
Σενάριο χαμηλών έως ήπιων εκπομπών – RCP 4.5	Παρατηρείται σχετικά περιορισμένη αύξηση των εκπομπών του CO_2 έως τα μέσα του αιώνα, οι οποίες στη συνέχεια μειώνονται. Η κατανάλωση ενέργειας μειώνεται σημαντικά και παρατηρείται μεγάλης κλίμακας αναδάσωση. Το μέγεθος της καλλιεργήσιμης γης μειώνεται λόγω αύξησης της απόδοσης των καλλιεργειών και παρατηρείται σημαντικά χαμηλότερη κατανάλωση κρέατος. Εισάγονται αυστηρές πολιτικές για το κλίμα και οι εκπομπές μεθανίου παραμένουν σταθερές.
Σενάριο πολύ υψηλών εκπομπών – RCP 8.5	Οι εκπομπές του CO_2 το 2100 θα είναι τρεις φορές υψηλότερες από τις σημερινές και επιπλέον εκτιμάται μεγάλη αύξηση των εκπομπών μεθανίου. Η κατανάλωση ενέργειας θα αυξηθεί περαιτέρω κυρίως λόγω της χρήσης ορυκτών καυσίμων. Η εισαγωγή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα θα είναι περιορισμένη, όπως και η εφαρμογή πολιτικών για το κλίμα.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Δαλέζιος Ν., 2015, *Αγρομετεωρολογία: ανάλυση και προσομοίωση*, Εκδόσεις Κάλλιπος.

ΕΛΣΤΑΤ, 2018, «Γεωργία, Κτηνοτροφία, Θαλάσσια αλιεία, Υδατοκαλλιέργειες», Ελληνική Στατιστική Αρχή.

ΕΛΣΤΑΤ, 2011, «Απογραφή Γεωργίας – Κτηνοτροφίας», Ελληνική Στατιστική Αρχή.

Καρτάλης, Κ., Κοκκώσης, Χ., Οικονόμου, Σανταμούρης, Μ., Αγαθαγγελίδης, Ηλ., Πολύδωρος Α., 2017, Οι Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στην Ανάπτυξη, διαΝΕΟσις.

Τράπεζα της Ελλάδος, 2011, Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής.

ΥΠΕΝ, 2016, *Εθνική στρατηγική για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή*. Ανάκτηση από: https://www.depa.gr/wp-content/uploads/2020/02/06.04.2016-espka-teliko_.pdf.

Φουντάς, Σ., Γέμτος, Θ., 2015, *Γεωργία ακριβείας*. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: http://hdl.handle.net/11419/2670.

Agathangelidis, I., Cartalis, C., & Santamouris, M., 2019, Integrating urban form, function, and energy fluxes in a heat exposure indicator in view of intra-urban Heat Island assessment and climate change adaptation, *Climate*, 7(6), 75.

Alexander, L., Herold, N., ClimPACT2 Indices and Software (R Software Package). Available online: https://htmlpreview.github.io/?https://raw.githubusercontent.com/ARCCSS-extremes/climpact2/master/user_guide/ClimPACT2_user_guide.htm (accessed on Feb. 2021).

Balafoutis, A. et al., 2017, "Smart farming technologies — Description, taxonomy and economic impact", in: *Precision agriculture: Technology and economic perspectives,* Springer, pp. 21-77.

Barnes, A. et al., 2019, "Influencing factors and incentives on the intention to adopt precision agricultural technologies within arable farming systems", *Environmental Science & Policy* 93, pp. 66-74.

Blanco-Canqui, H. et al., 2015, "Cover crops and ecosystem services: Insights from studies in temperate soils", *Agronomy Journal 107(6),* p. 2449.

Campiotti, C. et al., 2012, "Sustainable greenhouse horticulture in Europe", *Journal of sustainable energy 3(3),* September 2012.

Clarke L., Edmonds J., Krey V., Richels R., Rose S., Tavoni M., 2010, International climate policy architectures: overview of the EMF 22 international scenarios. *Energy Econ 31* (suppl 2): S64–S81.

Costes, E., Khadari, B., Zaher, H., Moukhli, A., Morillon, R., Legave, J., Regnard, J., 2016, Adaptation of Mediterranean fruit tree cultivation to climate change. In: *The Mediterranean Region under Climate Change,* Moatti, J., Thiébault, S., Eds., All Envi, IRD Éditions: Marseille, France, pp. 503–510.

D'Ippoliti D., Michelozzi P., Marino C., de'Donato F., Menne B., Katsouyanni K., Kirchmayer U., Analitis A., Medina-Ramón M., Paldy A., Atkinson R., Kovats S., Bisanti L., Schneider A., Lefranc A, Iñiguez C, Perucci CA., 2010, "The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project", *Environmental Health*, 16,9:37.

Delgado, J. A., et al., 2011, "Conservation practices to mitigate and adapt to climate change", *Journal of Soil and Water Conservation 66(4)*, pp. 118A-129A.

Fatima, Z., Ahmed, M., Hussain, M., Abbas, G., Ul-Allah, S., Ahmad, S., Ahmed, N., Ali, M.A., Sarwar, G., Haque, E.U., et al., 2020, The fingerprints of climate warming on cereal crops phenology and adaptation options. *Scientific Reports 10,* 18013.

Georgopoulou E., S. Mirasgedis, Y. Sarafidis, M. Vitaliotou, D.P. Lalas, I. Theloudis, K.- D. Giannoulaki, D. Dimopoulos, V. Zavras, 2017, "Climate change impacts and adaptation options for the Greek agriculture in 2021-2050: A monetary assessment", *Climate Risk Management,* 16, pp. 164-182. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.crm. 2017.02.002.

Giorgi, F., 2016, "Climate change hot-spots." *Geophysical research letters 33(8).*

Hatfield, J. L. & Dold, C., 2018, Climate change impacts on corn phenology and productivity, *Corn: Production and Human Health in Changing Climate 95*.

Iglesias, A., Mougou, R., Moneo, M., Quiroga, S., 2011, "Towards adaptation of agriculture to climate change in the Mediterranean", *Regional Environmental Change 11,* 159–166. https://doi.org/10.1007/s10113-010-0187-4.

Isbell, F. et al., 2017, "Benefits of increasing plant diversity in sustainable agroecosystems", *Journal of Ecology 105(4),* pp. 871-879.

Jacobs C., Berglund M., Kurnik B., Dworak T., Marras S., Mereu V. and Michetti M. (2019), Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe, EAA Report, No 04/2019, European Environmental Agency.

Jans, et al., 2020, "Global cotton production under climate change - Implications for yield and water consumption", *Hydrology and Earth Systems Discussions*.

Klein Tank, A. M.G., F.W. Zwiers, and X. Zhang, 2009, Guidelines on "Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation", WMO/TD 1500, pp. 54.

Lal, R. et al., 2011, "Management to mitigate and adapt to climate change", *Journal of Soil and Water Conservation 66,* pp. 276-285.

OECD (2020), OECD Tourism Trends and Policies 2020, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/6b47b985-en.

Paravantis, J., Santamouris, M., Cartalis, C., Efthymiou, C., & Kontoulis, N., 2017, "Mortality associated with high ambient temperatures, heatwaves, and the urban heat island in Athens, Greece", *Sustainability,* vol. 9, no. 606.

Parry, M., 1990. Climate change and world agriculture. Earthscan Publications Limited, London, 157 pages, *Journal of Tropical Ecology,* 7(3), 372-372.

Posthumus, H. et al., 2015, "Costs and benefits of erosion control measures in the UK", *Soil Use and Management 31(S1),* pp. 16-33.

Roesch-McNally, G. E. et al., 2018, "Barriers to implementing climate resilient agricultural strategies: The case of crop diversification in the U.S. corn belt", *Global Environmental Change 48,* pp. 206-2015.

Santamouris, M., & Cartalis, C., 2015, *Building Resilient Cities to Climate Change*. Springer Optimization and Its Applications, 141–159.

Skuras D., & Psaltopoulos D., 2012, *"A broad overview of the main problems derived from climate change that will affect agricultural production in the Mediterranean area"*, In: Building Resilience for adaptation to climate change in the agriculture sector, Proceedings of a Joint FAO/OECD Workshop 23–24 April 2012.

Smid M., S. Russo, A.C. Costa, C. Granell, E. Pebesma, 2019, Ranking European capitals by exposure to heat waves and cold waves, *Urban Climate*, Volume 27, Pages 388-402.

Smith, P. et al., 2014a, "Agriculture, forestry and other land use", in: Climate change 2014: Mitigation of climate change, *Sustainable Energy 3(3).*

UNWTO, 2008, "Climate Change and Tourism - Responding to Global Challenges".

Voloudakis, D., Karamanos, A., Economou, G., Kalivas, D., Vahamidis, P., Kotoulas, V., Kapsomenakis, J., Zerefos C., 2015, Prediction of climate change impacts on cotton yields in Greece under eight climatic models using the AquaCrop crop simulation model and discriminant function analysis, *Agr. Water Manage.,* 147, pp. 116-128.

Voloudakis D., Karamanos A., Economou G., Kapsomenikis J., Zerefos C., 2018, A comparative estimate of climate change impacts on cotton and maize in Greece, *Journal of Water and Climate Change,* 9(4).

Wang, J., Vanga, S.K., Saxena, R., Orsat, V., Raghavan,V., 2018, Effect of climate change on the yield of cereal crops: A review. *Climate,* 6, 41.

World Bank, 2020, "World Development Indicators". https://data.worldbank.org.

Zampieri M., Ceglar A, Dentener F. and Toreti A., 2017, "Wheat yield loss attributable to heat waves, drought and water excess at the global, national and subnational scales", *Environmental Research Letters,* 12 (6), 064008.

Zhang, X., L. Alexander, G. Hegerl, P. Jones, A. Klein Tank, T. C. Peterson, B. Trewin, F.W. Zwiers, 2011, Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. *Wiley Interdisciplinary Reviews – Climate Change*. doi:10.1002/wcc.147.

Zhao, C., Liu, B., Piao, S., Wang, X., Lobell, D. B., Huang, Y. et al., 2017, Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 114, 9326–9331. doi: 10.1073/pnas.1701762114.


diaNEOsis


diaNEOsis


dianeosis_org


diaNEOsis


diaNEOsis

διαΝΕΟσις

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ & ΑΝΑΛΥΣΗΣ