



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Θέμα εργασίας:
«ΟΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ
ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΓΕΩΡΓΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΛΕΚΤΟΡΑΣ ΑΓΓΕΛΙΔΗΣ ΤΙΜΟΘΕΟΣ

ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΘΩΜΑΚΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΛΕΚΤΟΡΑΣ ΚΟΤΤΑΡΙΔΗ ΚΩΝ/ΝΑ

ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΘΕΣΗΣ: ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2013

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το θέμα της μεταπτυχιακής εργασίας είναι οι οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα. Αποτιμάται το κόστος των μεταβολών αυτών για την ελληνική οικονομία και εκτιμάται το κόστος των μέτρων προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή.

Σε αυτό το τόσο σημαντικό και σοβαρό θέμα για τη χώρα μας, μεγάλο επίτευγμα παραμένει η συνεργασία ειδικών από διαφορετικούς επιστημονικούς κλάδους, οι οποίοι για πρώτη φορά συνέπραξαν για τη μελέτη του προβλήματος. Από αυτούς αντλήσαμε το υλικό μας, το οποίο μας βοήθησε να συντάξουμε τη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή εργασία, διότι χωρίς την εξειδικευμένη γνώση τους δεν θα μπορούσαμε να φθάσουμε σε κάποιο αποτέλεσμα.

Έτσι θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την Επιτροπή Μελέτης των Επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής, που υπό την αιγίδα της Τράπεζας της Ελλάδος εκπόνησαν τις σχετικές μελέτες.

Ιδιαίτερα θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Λέκτορα του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου κ. Αγγελίδα Τιμόθεο, που ήταν και ο επιβλέπων της μεταπτυχιακής εργασίας, καθώς και τα μέλη της Επιτροπής, Καθηγητή κ. Θωμάκο Δημήτριο και τη Λέκτορα κα Κοτταρίδη Κωνσταντίνα, διότι με τη συμβολή τους και την αμέριστη συμπαράστασή τους καθ' όλη τη διάρκεια της υλοποίησης της μεταπτυχιακής εργασίας βοήθησαν τα μέγιστα για την εκπόνησή της.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦ. 1: Το κλίμα της Ανατολικής Μεσογείου και της Ελλάδος	
1.1. Εισαγωγή	1
1.2. Το παρόν κλίμα της Ελλάδος	4
1.2.1. Κλιματικοί τύποι	4
1.2.2. Κλιματικά χαρακτηριστικά των εποχών του έτους	6
1.2.3. Κλιματικά χαρακτηριστικά των θαλάσσιων περιοχών της Ελλάδος	9
1.2.4. Πηγές και εκπομπές των αερίων ρύπων στον Ελλαδικό χώρο την περίοδο 1990-2008	11
1.2.5. Η εξελισσόμενη κλιματική αλλαγή στην Ελλάδα	17
1.2.6. Εκτίμηση των κλιματικών μεταβολών στον 11 ^ο αιώνα σε 15 κλιματικές περιοχές στις οποίες διαιρέθηκε η Ελλάδα	23
1.2.6.1. Επιλογή των κλιματικών περιοχών	23
1.2.6.2. Εκτίμηση των κλιματικών περιοχών για τις 13 κλιματικές περιοχές της Ελλάδος με βάση τέσσερα σενάρια εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου	23
1.3. Εκτίμηση ακραίων καιρικών φαινομένων και των επιπτώσεών τους στον ελληνικό χώρο	50
1.4. Μεταβολή της μέσης στάθμης της θάλασσας και οι επιπτώσεις της στην παράκτια ζώνη της Ελλάδος	69
1.4.1. Μεταβολή της στάθμης της θάλασσας παγκόσμια στο γεωλογικό παρελθόν	69
1.4.2. Η μέση στάθμη της θάλασσας σήμερα και στο μέλλον	73
1.4.3. Σύγκριση της αναμενόμενης μεταβολής της στάθμης της θάλασσας με παλαιοκλιματικά δεδομένα	74
1.4.4. Διάκριση των ακτών σε γεωμορφολογικές - γεωδυναμικές κατηγορίες και αποτύπωση σε χάρτες	75

1.4.5. Εκτιμήσεις υποχώρησης της ακτογραμμής λόγω της ανόδου της μέσης στάθμης της θάλασσας	78
---	----

ΚΕΦ. 2: Οι επιπτώσεις και οι κίνδυνοι της κλιματικής αλλαγής κατά τομέα

2.1. Κλιματικές αλλαγές και επιπτώσεις στα ελλαδικά υδατικά συστήματα	81
2.1.1. Οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα υδατικά αποθέματα	85
2.1.2. Οι κίνδυνοι και οι επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας	88
2.2. Οι κίνδυνοι και οι επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής στην αλιεία και τις υδατοκαλλιέργειες	93
2.3. Επίδραση της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία	98
2.3.1. Οικονομικές επιπτώσεις	100
2.4. Επιπτώσεις κλιματικής μεταβολής στα δασικά οικοσυστήματα κατά τον 21 ^ο αιώνα	106
2.4.1. Εκτιμήσεις οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής μεταβολής	107
2.5. Οικονομικές και φυσικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον τουρισμό	114
2.6. Κλιματική αλλαγή και υγεία	117
2.6.1. Οικονομικές επιπτώσεις	121

ΚΕΦ. 3: Τα οικονομικά της κλιματικής μεταβολής στην Ελλάδα

3.1. Ιδιαιτερότητες των οικονομικών της κλιματικής αλλαγής	123
3.2. Η αβεβαιότητα και τα οικονομικά μιας ακραίας κλιματικής αλλαγής	126
3.3. Πολιτικές προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή	132

ΚΕΦ. 4: Προς μια οικονομία χαμηλών εκπομπών	
4.1. Στόχοι για τη μείωση των εκπομπών σε παγκόσμιο, ευρωπαϊκό και ελλαδικό επίπεδο	140
4.2. Η μελλοντική εξέλιξη της ελληνικής οικονομίας	141
4.3. Αποτίμηση τρέχουσας κατάστασης στην Ελλάδα	145
Συμπεράσματα	147
Βιβλιογραφία	149

Περίληψη

Από το τέλος του 19^{ου} αιώνα αρχίζει η άνοδος της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας, που έχει επικρατήσει να λέγεται "ανθρωπογενής συνιστώσα της κλιματικής αλλαγής". Η ανοδική τάση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας θα συνεχιστεί και κατά τον 21^ο αιώνα. Αυτό θα έχει ως συνέπεια την αύξηση της μέσης στάθμης της θάλασσας. Επίσης θα αυξηθεί και ο κίνδυνος εκδήλωσης δασικών πυρκαγιών.

Η κλιματική αλλαγή θα έχει δυσμενείς επιπτώσεις στα υδατικά αποθέματα, στην αλιεία, στις υδατοκαλλιέργειες, στη γεωργία, στον τουρισμό, στην υγεία. Στη συνέχεια αναφερόμαστε στα οικονομικά της κλιματικής μεταβολής στην Ελλάδα, στις ιδιαιτερότητες του συγκεκριμένου θέματος και την αβεβαιότητα για την κατανόηση της κλιματικής αλλαγής και των οικονομικών της.

Η κλιματική αλλαγή όμως απαιτεί πολιτικές για την αντιμετώπισή της και πολιτικές προσαρμογής. Ο στόχος πρέπει να είναι η ανάπτυξη οικονομιών χαμηλών εκπομπών ρύπων. Επιβάλλονται αλλαγές τόσο στην κατανάλωση όσο και την παραγωγή ενέργειας, εφόσον ο ενεργειακός τομέας ευθύνεται για το 80% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Τέλος απαιτείται στρατηγικός σχεδιασμός τόσο μέτρων προσαρμογής όσο και μέτρων μείωσης των εκπομπών αερίων στο πλαίσιο της παγκόσμιας προσπάθειας μετριασμού με αγαστή συνεργασία δημόσιου και ιδιωτικού τομέα.

Summary

At the end of the 19th century started the rise of the temperature of the atmosphere due to human activity, a phenomenon commonly known as “anthropogenic component of climate change”. This upward trend of the atmospheric temperature will continue during the 21st century, as well. That will result in a rise in the mean sea level. There will also be an increased risk of forest fires.

Climate change will have adverse effects on water reserves, fishing, aquaculture, agriculture, tourism and public health. Next, mention is being made of the finances of climate change in Greece, the particularities of the issue and the uncertainty as to the understanding of climate change and its finances.

Climate change, however, requires policies in order for it to be successfully dealt with and, also, adjustment policies. The target has to be the development of economies of low pollutant emissions. Changes have to take place both in the consumption and in the production of energy, given that the energy sector is responsible for 80% of the greenhouse gas emissions.

Finally, strategic planning is of the utmost importance, as far as both adjustment measures and emission reduction measures are concerned, within the global effort at reduction, with smooth cooperation between the public and private sector.

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια γίναμε μάρτυρες της εξελισσόμενης κλιματικής αλλαγής και των σημαντικών επιπτώσεών της σε παγκόσμιο επίπεδο, αλλά και μιας οικονομικής κρίσης που τείνει να αποπροσανατολίσει από το μακροπρόθεσμο όφελος των επενδύσεων σε ενέργειες προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή.

Ο προβληματισμός αυτός ήταν η αιτία που οδηγήθηκα στην επιλογή του συγκεκριμένου θέματος και η ενασχόλησή μου για το ζήτημα της κλιματικής αλλαγής, των επιπτώσεών της και των τρόπων αντιμετώπισής της.

Η παρούσα μελέτη παρουσιάζει εμπειριστατωμένα τις προβλεπόμενες κλιματικές και περιβαλλοντικές μεταβολές, αποτιμά το κόστος των μεταβολών αυτών για την ελληνική οικονομία και εκτιμά το κόστος των μέτρων προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή.

Τα αποτελέσματα της μελέτης καταδεικνύουν όχι μόνο την ανάγκη δράσης για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής αλλά και την ανάγκη για συνέχιση της εμπειριστατωμένης έρευνας, που θα βοηθήσει και θα προσφέρει την κατάλληλη κατεύθυνση τις επόμενες δεκαετίες στο έργο της προσαρμογής.

Από τα στοιχεία που συλλέξαμε, αναδείχθηκε ο πλούτος των φυσικών πόρων που διαθέτει η χώρα μας, αλλά και οι κίνδυνοι που απειλούν το φυσικό και το ανθρώπινο περιβάλλον της. Το περιβάλλον της Ελλάδος, εκτός από το εντελώς ιδιαίτερο στοιχείο της πολύ εκτεταμένης ακτογραμμής, διαθέτει μεγάλη βιοποικιλότητα και διαφορετικά κλιματικά χαρακτηριστικά, που οφείλονται στην αλληλεπίδραση μεταξύ αφενός των καιρικών συστημάτων και αφετέρου της πολύπλοκης τοπογραφίας και της εκατοστιαίας κατανομής ξηράς και θάλασσας από τη δύση προς την ανατολή και από το βορρά προς το νότο. Έτσι, μέσα σε λίγες δεκάδες

χιλιομέτρων, τα κλιματικά χαρακτηριστικά μπορούν να μεταβληθούν από παράκτιου μεσογειακού τύπου σε χαρακτηριστικά ακόμη και αλπικού τύπου στις κεντρικές και βόρειες περιοχές της χώρας.

Με αυτά τα δεδομένα, στο πρώτο κεφάλαιο αναφερόμαστε στο κλίμα της ανατολικής Μεσογείου και ειδικότερα της Ελλάδος, εξετάζοντας τις μεταβολές του και τις επιπτώσεις του.

Στο δεύτερο κεφάλαιο εξετάζουμε τις επιπτώσεις και τους κινδύνους της κλιματικής αλλαγής στα υδατικά συστήματα, στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας, στην αλιεία και τις υδατοκαλλιέργειες, στη γεωργία, στα δασικά οικοσυστήματα, στον τουρισμό και στην υγεία.

Τα οικονομικά της κλιματικής μεταβολής στην Ελλάδα μάς απασχόλησαν στο τρίτο κεφάλαιο, όπως επίσης και οι ιδιαιτερότητες, η αβεβαιότητα, τα οικονομικά και οι πολιτικές προσαρμογές στην κλιματική αλλαγή.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στους στόχους για τη μείωση των εκπομπών σε παγκόσμιο, ευρωπαϊκό και ελλαδικό επίπεδο, στη μελλοντική εξέλιξη της ελληνικής οικονομίας και στην αποτίμηση της τρέχουσας κατάστασης στην Ελλάδα.

Τέλος, παραθέτουμε τα συμπεράσματα που εξάγονται από αυτή την εργασία.

Κεφάλαιο 1

Το κλίμα της Ανατολικής Μεσογείου και της Ελλάδος

1.1. Εισαγωγή

Στα τεσσεράμισι δισεκατομμύρια χρόνια της ιστορίας του πλανήτη μας, οι παράμετροι που χαρακτηρίζουν το κλίμα της γης έχουν υποστεί σημαντικές διακυμάνσεις. Όταν η σύσταση της ατμόσφαιρας του πλανήτη άρχισε να πλησιάζει προς τα σημερινά χαρακτηριστικά της, πράγμα που συνέβη πριν από περίπου τρία δισεκατομμύρια χρόνια, άρχισαν να εμφανίζονται οι θερμές και οι ψυχρές παγετώδεις και μεσοπαγετώδεις κλιματικές περιόδους της γης. Η τελευταία γεωλογική περίοδος, η οποία συνεχίζεται μέχρι σήμερα, ονομάζεται “εποχή του Ολοκαίνου” και άρχισε πριν από 11.500 χρόνια, δηλ. μετά το τέλος της τελευταίας έξαρσης των παγετώνων (18.000 έτη πριν από σήμερα). Κατά τη μεσοπαγετώδη περίοδο που διανύουμε, ο αέρας άρχισε να θερμαίνεται, φθάνοντας σε θερμοκρασίες σχεδόν ίσες με τις σημερινές κατά τον 11ο μ.Χ. αιώνα (Luterbacher et al., 2011). Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό αυτής της τελευταίας περιόδου είναι και η ονομαζόμενη “Μικρή Παγετώδης Εποχή”, η οποία διήρκεσε από το 15ο έως το 19ο αιώνα και κατά την οποία επικρατούσαν σημαντικά χαμηλότερες θερμοκρασίες από τις σημερινές, τόσο στα μέσα γεωγραφικά πλάτη όσο και στην Ελλάδα, στην οποία μάλιστα έχει εκτιμηθεί ότι οι θερμοκρασίες ήταν χαμηλότερες κατά 1,5°C από τις σημερινές (Repapis et al., 1989, Zerefos et al., 2010, Ζερεφός, 2007, Ζερεφός, 2009, Luterbacher et al., 2006, 2010, 2011).

Από το τέλος του 19ου αιώνα αρχίζει η άνοδος της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας, η οποία με διακυμάνσεις συνεχίζεται μέχρι τις ημέρες μας. Ο

μέσος ρυθμός θέρμανσης της ατμόσφαιρας του πλανήτη κατά τον 20ό αιώνα ήταν $0,7^{\circ}\text{C}$ ανά 100 χρόνια (IPCC, 2007). Ένα σημαντικό μέρος αυτής της θέρμανσης, όπως είναι γνωστό, έχει αποδοθεί στην αλλαγή της σύστασης της ατμόσφαιρας λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας και έχει επικρατήσει να λέγεται “ανθρωπογενής συνιστώσα της κλιματικής αλλαγής” ή απλά “ανθρωπογενής υπερθέρμανση του πλανήτη”. Η τελευταία αυτή περίοδος εύστοχα χαρακτηρίστηκε από τον καθηγητή Paul Crutzen ως “ανθρωπόκαινος περίοδος”. Οι Jones and Moberg (2003) υπολόγισαν την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας των ηπειρωτικών περιοχών του πλανήτη κατά τον 20ό αιώνα στους $0,78^{\circ}\text{C}$ ανά 100 χρόνια. Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι η αύξηση αυτή δεν ήταν σταθερή καθ’ όλη τη διάρκεια του 20ού αιώνα, αλλά εμφανίστηκε κυρίως στις περιόδους 1920-1945 και από το 1975 μέχρι σήμερα, ενώ από το 1945 μέχρι το 1975 πολλές εργασίες προσπάθησαν να ερμηνεύσουν την παρατηρηθείσα τότε ψύξη εξαιτίας της σκίασης του ηλίου από τα ανθρωπογενή ατμοσφαιρικά αιωρήματα. Πάντως, η τελευταία ανοδική τάση της θερμοκρασίας είναι στατιστικά σημαντική στο επίπεδο εμπιστοσύνης 95% σχεδόν σε όλες τις κατοικημένες περιοχές του πλανήτη και, κατά τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό, η δεκαετία 1995-2005 ήταν η θερμότερη των τελευταίων 500 ετών (WMO, 2006).

Οι προβλέψεις της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC, 2007) δείχνουν ότι η ανοδική τάση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας θα συνεχιστεί στις περισσότερες περιοχές του πλανήτη και κατά τον 21ο αιώνα. Ειδικότερα, βάσει του μέσου όρου ενός συνόλου κλιματικών προσομοιώσεων, η μέση θερμοκρασία της ατμόσφαιρας αναμένεται να αυξηθεί, ανάλογα με την εξέλιξη των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου, κατά $1,8-4^{\circ}\text{C}$ κατά τον τρέχοντα αιώνα. Η άνοδος της θερμοκρασίας εκτιμάται ότι θα είναι σημαντικότερη στα μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη και εντονότερη στις ηπειρωτικές περιοχές σε σύγκριση με τους ωκεανούς (IPCC, 2007). Η θέρμανση του πλανήτη θα έχει ως

συνέπεια τη μείωση των θαλάσσιων και των χερσαίων εκτάσεων που καλύπτονται από πάγο, καθώς και την αύξηση της μέσης στάθμης της θάλασσας. Μάλιστα, η παρατηρούμενη και αναμενόμενη αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας συνοδεύεται σε πολλές περιοχές και από μια τάση αύξησης της συχνότητας εμφάνισης ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως προκύπτει και από την υπό δημοσίευση αναφορά της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) που είναι αφιερωμένη στα ακραία καιρικά φαινόμενα (IPCC, 2013). Οι εκτιμήσεις σχετικά με το ύψος του νετού είναι περισσότερο περίπλοκες λόγω και των τοπικών παραγόντων αλλά και του γεωλογικού αναγλύφου, το οποίο επηρεάζει το ύψος της βροχής. Στον 20ό αιώνα το ύψος της βροχής στις ηπειρωτικές περιοχές εμφάνισε κατά μέσον όρο αυξητικές τάσεις σε ένα μεγάλο τμήμα των μέσων και μεγαλύτερων γεωγραφικών πλατών, ενώ, αντίθετα, στις τροπικές περιοχές επικράτησαν πτωτικές τάσεις. Παρόμοια εικόνα αναμένεται ότι θα παρουσιάσει το ύψος της βροχής και κατά τον 21ο αιώνα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των κλιματικών προσομοιώσεων. Εν γένει αναμένεται αύξηση του νετού στα μέσα και τα ανώτερα γεωγραφικά πλάτη, καθώς και στη ζώνη της Ισημερινής Σύγκλισης, και μείωσή του στους τροπικούς (IPCC, 2007).

Η Νότια Ευρώπη, καθώς και η ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου, έχουν αναγνωριστεί ως ευάλωτες περιοχές σε ό,τι αφορά στις επιπτώσεις της ανθρωπογενούς συνιστώσας της κλιματικής αλλαγής (Hulme et al., 1999, Giorgi, 2006, IPCC, 2007). Τούτο συμβαίνει επειδή οι περιοχές αυτές βρίσκονται στα όρια της ζώνης στην οποία επικρατούν ημερημικές συνθήκες, με αποτέλεσμα μια πιθανή μετατόπιση προς βορρά της βαροκλιτικής ζώνης αστάθειας, λόγω της κλιματικής μεταβολής, να επιφέρει δραστικότερες μεταβολές, ιδίως στο ισοζύγιο του ύδατος στη Μεσόγειο. Πιο συγκεκριμένα, όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα μιας σειράς κλιματικών προσομοιώσεων που διεξήχθησαν υπό διάφορα σενάρια εκπομπών για την περιοχή της Μεσογείου, προβλέπεται ότι μέχρι τα τέλη

του 21ου αιώνα η θερμοκρασία θα σημειώσει σημαντική άνοδο, ενώ παράλληλα το ύψος του νετού που αναμένεται στην περιοχή θα μειωθεί (Gibelin and Deque, 2003, Pal et al., 2004, Giorgi and Bi, 2005, Giorgi and Lionello, 2008, Zanis et al. 2009, Καψωμενάκης, 2009, Δουβής, 2009). Πρόσφατες μελέτες των Gao et al. (2006) Hertig and Jacobeit (2007), Zerefos et al. (2010), χρησιμοποιώντας μεθόδους στατιστικής υποκλιμάκωσης, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το ύψος του νετού θα μειωθεί σημαντικά στα ανατολικά και στα νότια τμήματα της Μεσογείου, κυρίως από τον Οκτώβριο μέχρι και το Μάιο. Άλλες εργασίες, που επικεντρώνονται στη μεταβολή των ακραίων τιμών της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης, έδειξαν ότι στο μέλλον, στην περιοχή της Μεσογείου, θα αυξηθούν δραστικά η ένταση των θερμών εισβολών (Diffenbough et al., 2007, Kuglitsch et al., 2010) και η διάρκεια των περιόδων ξηρασίας (Goubanova and Li, 2007), με συνέπεια, μεταξύ άλλων, τη σημαντική αύξηση του κινδύνου εκδήλωσης δασικών πυρκαγιών (Giannakopoulos, 2009a). Οι μεταβολές αυτές εκτιμάται ότι θα έχουν σημαντικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα της περιοχής, αλλά και σε μια σειρά από τομείς και αποτελέσματα της ανθρώπινης δραστηριότητας (υγεία, γεωργία, τουρισμός, ζήτηση ενέργειας, φυσικές καταστροφές, περιορισμός της βιοποικιλότητας κ.ά.).

1.2. Το παρόν κλίμα της Ελλάδος

1.2.1. Κλιματικοί τύποι

Οι περιοχές που περιβάλλουν τη Μεσόγειο παρουσιάζουν ιδιαίτερο τύπο κλίματος, το λεγόμενο “μεσογειακό τύπο”, ο οποίος σε γενικές γραμμές χαρακτηρίζεται από συνήθως ήπιους και βροχερούς χειμώνες και θερμά έως πολύ θερμά και ξηρά καλοκαίρια.

Η Ελλάδα, ευρισκόμενη στο άκρο της Χερσονήσου του Αίμου,

χαρακτηρίζεται από πολύπλοκη τοπογραφία, η οποία, σε συνδυασμό με τα επικρατούντα καιρικά συστήματα, δημιουργεί έντονες κλιματικές αντιθέσεις, έτσι ώστε σε μικρές αποστάσεις μερικών δεκάδων χιλιομέτρων το κλίμα να μεταβάλλεται από μεσογειακό μέχρι και αλπικό. Ένα άλλο χαρακτηριστικό της χώρας αποτελεί η μεγάλη της ακτογραμμή, η οποία μαζί με την τοπογραφία διαμορφώνει μια ποικιλία τοπικών κλιματικών χαρακτηριστικών, που μπορούν να διαφοροποιηθούν από το συνήθη μεσογειακό τύπο. Σημειώνεται ότι το μέσο υψόμετρο της ηπειρωτικής ενδοχώρας είναι περίπου 600 μ., οι τυπικές βαθμίδες του αναγλύφου είναι 100-200 μ. ανά χλμ. και η συνολική ακτογραμμή της χώρας είναι περίπου 16.300 χλμ., δηλαδή όσο περίπου είναι το 1/3 του μήκους της περιφέρειας της γης στον Ισημερινό! Σε γενικές γραμμές στον ελληνικό χώρο διαμορφώνονται τέσσερις κλιματικοί τύποι (Μαριολόπουλος, 1938, 1982):

α) ο Θαλάσσιος Μεσογειακός Τύπος, με ευχάριστα χαρακτηριστικά εύκρατου κλίματος, στα δυτικά παράλια της Ελλάδος και στα Ιόνια Νησιά,

β) ο Χερσαίος Μεσογειακός Τύπος, που περιλαμβάνει τη ΝΑ Ελλάδα, μέρος της Στερεάς, τμήματα της Ανατ. Πελοποννήσου, τα νησιά και τα παράλια του Κεντρικού Αιγαίου και της Κρήτης, με ξηρότερα καλοκαίρια και ψυχρότερους χειμώνες από τα αντίστοιχα γεωγραφικά πλάτη του Ιονίου,

γ) ο Ηπειρωτικός Τύπος, στο μεγαλύτερο τμήμα της Θράκης, της Μακεδονίας και της Ηπείρου και σε μέρος της Θεσσαλίας, ο οποίος παρουσιάζει χαρακτηριστικά ηπειρωτικού κλίματος των βορειότερων βαλκανικών περιοχών, και

δ) ο Ορεινός Τύπος, που περιλαμβάνει τους ορεινούς όγκους που διασχίζουν την Ελλάδα. Στους ορεινούς αυτούς όγκους υπάρχουν δασώδεις περιοχές με κλίμα δάσους, καθώς και μικρές περιοχές μεγάλου υψομέτρου με αλπικό κλίμα κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

Τα νησιά του Β. Αιγαίου παρουσιάζουν μεταβατικό τύπο ηπειρωτικού κλίματος προς χερσαίο και τα Δωδεκάνησα εύκρατο θαλάσσιο τύπο.

1.2.2. Κλιματικά χαρακτηριστικά των εποχών του έτους

Τα κέντρα δράσης που επηρεάζουν τον καιρό της Νότιας Βαλκανικής και της Ανατολικής Μεσογείου αποτελούνται από αντικυκλώνες και υφέσεις που καθορίζουν τις κινήσεις των αερίων μαζών. Τέτοια κέντρα δράσης, που είναι είτε μόνιμα είτε παροδικά - εποχικά, διαμορφώνονται από τοπικούς παράγοντες και αποκτούν έτσι τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε περιοχής, της οποίας και διαμορφώνουν τα κλιματικά χαρακτηριστικά.

Τα επικρατούντα στην ευρύτερη περιοχή συστήματα κυκλοφορίας / κέντρα δράσης που άμεσα επηρεάζουν τον καιρό κατά τη διάρκεια του χειμώνα είναι ο αντικυκλώνας των Αζορών, ο σιβηρικός αντικυκλώνας και οι πρωτογενείς και δευτερογενείς υφέσεις της Μεσογείου. Η μετατόπιση του ατλαντικού αντικυκλώνα προς νότο επιτρέπει τη διέλευση των υφέσεων του Ατλαντικού πάνω από τη Μεσόγειο, ενώ υφέσεις δημιουργούνται και στην περιοχή της Μεσογείου ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης του αυλώνα χαμηλών πιέσεων (trough) στην ανώτερη ατμόσφαιρα και της τοπογραφίας. Οι υφέσεις οδηγούνται από τους ανέμους της ανώτερης ατμόσφαιρας και τον πολικό αεροχειμάρρο, σε τροχιές που αντιστοιχούν γενικά στο πολικό μέτωπο. Με τη μετατόπιση του πολικού μετώπου προς τα νοτιοανατολικά το χειμώνα, οι τροχιές των υφέσεων μετατοπίζονται επίσης προς τα νοτιοανατολικά και η Ανατολική Μεσόγειος γίνεται κέντρο υφειακής δραστηριότητας. Η εν λόγω δραστηριότητα έχει ως αποτέλεσμα να διέρχονται πάνω από την Ελλάδα υποτροπικές αέριες μάζες, με συνέπεια την επικράτηση ήπιων θερμοκρασιών και την εμφάνιση βροχοπτώσεων.

Η επίδραση την οποία ασκούν στον καιρό και στο κλίμα οι υφέσεις που διέρχονται από την Ελλάδα εξαρτάται και από την τροχιά τους και από την τοπογραφία. Οι υφέσεις που εισέρχονται στην περιοχή από τα δυτικά λόγω των ορεινών όγκων της Δυτικής Ελλάδος, αποδίδουν μεγάλα ποσά βροχόπτωσης στις προσήνεμες περιοχές της ομβροπλευράς και κινούνται εξασθενημένες πάνω από την περιοχή του Αιγαίου, όπου, σε συνδυασμό με

τη θερμή θάλασσα και τον εμπλουτισμό τους σε υδρατμούς, ενισχύονται και πάλι, με αποτέλεσμα την επανεμφάνιση βροχοπτώσεων στο ανατολικό ηπειρωτικό σύμπλεγμα και στα παράλια της Μικράς Ασίας. Η επίδραση του σιβηρικού αντικυκλώνα έχει ως αποτέλεσμα τις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και το δριμύ ψύχος εξαιτίας της μεταφοράς πολικών ηπειρωτικών αερίων μαζών πάνω από την περιοχή. Η μετακίνηση των αντικυκλώνων με πηγές σχηματισμού τις περιοχές του Βόρειου Ατλαντικού και της Βόρειας Ευρώπης προς τα νότια και η παραμονή τους, η οποία ενδέχεται να είναι και μεγάλης διάρκειας, προκαλούν πολύ ψυχρές αλλά ενίοτε και ηλιόλουστες ημέρες.

Η άνοιξη στην Ελλάδα είναι συνήθως μικρής διάρκειας, όπου ο χειμώνας διατηρείται έως και το Μάρτιο με συχνές ψυχρές εισβολές, μικρής όμως διάρκειας. Τις χειμερινές ημέρες διαδέχονται ημέρες με χαρακτηριστικά του θέρους, ενώ οι βροχοπτώσεις μειώνονται με την ταυτόχρονη αύξηση της ατμοσφαιρικής ευστάθειας, ιδίως προς τα τέλη Μαρτίου. Από τον Απρίλιο, η μέση θερμοκρασία του αέρα αυξάνεται αισθητά σε ολόκληρη τη χώρα και έτσι προετοιμάζεται η είσοδος σε ένα γενικά θερμότερο Μάιο, που αποτελεί και το προοίμιο του θέρους.

Το καλοκαιρινό κλίμα αρχίζει γενικά τον Ιούνιο και ο καιρός είναι κατά κανόνα σταθερός, αίθριος, με μεγάλη ηλιοφάνεια και ανομβρία, η οποία διατηρείται με διαλείμματα βροχοπτώσεων από θερμικές καταιγίδες. Βεβαίως, οι υφέσεις δεν απουσιάζουν κατά τη διάρκεια του θέρους, είναι όμως γενικά ασθενείς. Τόσο η Βαλκανική Χερσόνησος όσο και η Ανατολία αποτελούν περιοχές δημιουργίας θερμικών χαμηλών. Γενικά, η θάλασσα που περιβάλλει την ξηρά είναι ψυχρότερη από τον αέρα αυτή την εποχή και έτσι δεν ευνοούνται ανοδικές κινήσεις του αέρα λόγω υπερθέρμανσης, που θα συνέτειναν σε θερινή βροχόπτωση. Η ζέστη το καλοκαίρι στην Ελλάδα είναι ιδιαίτερα έντονη, με εμφάνιση περιόδων καύσωνα, των γνωστών από τους αρχαίους “κυνικών καυμάτων”, σε ολόκληρη τη χώρα, κυρίως με την εμφάνιση ατμοσφαιρικής ευστάθειας και άπνοιας.

Σε πολλές περιοχές της Ελλάδος η ζέστη μετριάζεται από την ξηρότητα του αέρα και την επίδραση της θαλάσσιας και απόγειας αύρας. Ιδιαίτερα στην Ανατολική Ελλάδα και στην περιοχή του Αιγαίου, οι εποχικοί άνεμοι (Ετησίες) μετριάζουν τη ζέστη της ημέρας όταν πνέουν. Στη Δυτική Ελλάδα, όπου η υγρασία είναι υψηλότερη και στα πεδινά του εσωτερικού της περιοχής δεν φθάνουν οι θαλάσσιες αύρες, ενώ και οι Ετησίες είναι σπάνιοι, η ζέστη μπορεί να γίνει αφόρητη. Η θερμοκρασία του αέρα στις ορεινές περιοχές της Ελλάδος είναι πολύ ικανοποιητική. Οι καλοκαιρινές νύκτες είναι ευχάριστες, ιδίως στην Ανατολική Ελλάδα, λόγω της προαναφερθείσας ξηρότητας της ατμόσφαιρας, της ελαφράς απόγειας αύρας και του περιορισμού των ισχυρών Ετησίων. Η διάρκεια του θέρους πολλές φορές παρατείνεται μέχρι και το Σεπτέμβριο, με υψηλές θερμοκρασίες, ιδιαίτερα στις νότιες περιοχές και στα νησιά.

Το φθινόπωρο είναι ίσως η πλέον ευχάριστη εποχή του έτους στην Ελλάδα και στις νότιες περιοχές της χώρας, ενώ στα νησιά πολλές φορές η διάρκειά του παρατείνεται μέχρι τα μέσα Δεκεμβρίου. Η μέση θερμοκρασία του φθινοπώρου είναι υψηλότερη από την αντίστοιχη της άνοιξης. Οι πρώτες φθινοπωρινές βροχές παρατηρούνται από τα μέσα Σεπτεμβρίου με αρχές Οκτωβρίου, οπότε και η προς τα ανατολικά επέκταση του υποτροπικού αντικυκλώνα των Αζορών διαλύεται σχετικά απότομα και η μετακίνηση της ζώνης υψηλών πιέσεων προς τα νότια σχετίζεται με τις πρώτες εισβολές ψυχρότερων αερίων μαζών. Συχνά στην Ανατολική Ευρώπη η δημιουργία αντικυκλώνα αρχίζει από τα μέσα του φθινοπώρου και προκαλεί στη Νοτιοανατολική Ευρώπη και στην Ελλάδα ημέρες με αίθριο καιρό και νηνεμία, τις παρατηρούμενες στην περιοχή μας ωραίες και σχετικά θερμές ημέρες, το αποκαλούμενο “καλοκαιράκι του Αγίου Δημητρίου” (π.χ. Μαρσιολόπουλος, 1982, Κοτίνη-Ζαμπάκα, 1983).

1.2.3. Κλιματικά χαρακτηριστικά των θαλάσσιων περιοχών της Ελλάδος

Το θερμό θαλάσσιο ρεύμα που παραπλέει τα παράλια της Ανατολικής Μεσογείου εισέρχεται στο Αιγαίο από τα ανατολικά παράλια, ενώ από τον Εύξεινο Πόντο εισέρχεται ψυχρότερο ρεύμα, το οποίο παραπλέει τα δυτικά παράλια του Αιγαίου διαμορφώνοντας θερμοκρασίες επιφάνειας της θάλασσας κατά τι χαμηλότερες στις δυτικές από ό,τι στις ανατολικές ακτές του Αιγαίου (Metaxas, 1973). Σε γενικές γραμμές η θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας παρουσιάζει μέγιστο τον Αύγουστο και ελάχιστο το Φεβρουάριο, εμφανίζοντας ως γνωστόν μια υστέρηση ως προς τη θερμοκρασία του αέρα λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητας της θάλασσας, και η μέση ετήσια θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας είναι υψηλότερη από την αντίστοιχη του υπερκείμενου αέρα. Από το Σεπτέμβριο μέχρι το Μάρτιο η μέση μηνιαία θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας είναι υψηλότερη από ό,τι του υπερκείμενου αέρα και φθάνει τον Ιανουάριο - Φεβρουάριο στο Βόρειο και Κεντρικό Αιγαίο μέχρι σχεδόν 3°C υψηλότερα από τον αέρα, ενώ από τον Απρίλιο μέχρι τον Αύγουστο η θάλασσα εμφανίζεται ψυχρότερη από το υπερκείμενο αέριο στρώμα και η θερμοκρασία της φθάνει τον Ιούλιο στο Κεντρικό Αιγαίο σχεδόν τους 2°C χαμηλότερα. Στο Βόρειο Αιγαίο η θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας έχει μέγιστο τον Αύγουστο με περίπου 24°C και ελάχιστο το Φεβρουάριο με 12,5°C, ενώ οι αντίστοιχες τιμές του υπερκείμενου στρώματος αέρα είναι περίπου 24,5°C και 9,5°C αντίστοιχα. Στο Κεντρικό Αιγαίο οι αντίστοιχες τιμές της θάλασσας είναι τον Αύγουστο 25,0°C και το Φεβρουάριο 14,5°C, ενώ του αέρα είναι 26,0°C τον Ιούλιο και 12,0°C τον Ιανουάριο. Στο Νότιο Αιγαίο η μέγιστη μέση μηνιαία θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας είναι 25,0°C τον Αύγουστο και η ελάχιστη 15,5°C το Φεβρουάριο, ενώ οι αντίστοιχες τιμές του υπερκείμενου της θάλασσας αέρα είναι τον Αύγουστο 26,0°C και το Φεβρουάριο 14,0°C. Στο Ιόνιο

Πέλαγος οι αντίστοιχες τιμές για τη θάλασσα είναι 25,5°C και 15,0°C, ενώ για τον αέρα είναι 26,0°C και 13,5°C. Η θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας στο Ν. Αιγαίο κατά την ψυχρή περίοδο του έτους είναι λίγο υψηλότερη της αντίστοιχης του Ιονίου Πελάγους, ενώ κατά το θέρους συμβαίνει το αντίθετο. Κατά τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, που επικρατούν οι Ετησίες, δημιουργείται στο Ανατολικό Αιγαίο ανοδικό θαλάσσιο ρεύμα, που ψύχει τα επιφανειακά ύδατα αυτής της περιοχής. Η μεγαλύτερη μέση ετήσια θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας παρουσιάζεται στην περιοχή της Ρόδου, περίπου 20°C, ενώ η μικρότερη στη ευρύτερη περιοχή της Αλεξανδρούπολης, περίπου 15,5°C. Η ψυχρότερη μέση μηνιαία θερμοκρασία της επιφάνειας των ελληνικών θαλασσών είναι η περιοχή του ΒΑ Αιγαίου, έξω από τον Ελλήσποντο, όπου το Φεβρουάριο είναι περίπου 11°C, ενώ στο Ν. Ιόνιο Πέλαγος τον Αύγουστο η μέση αντίστοιχη μηνιαία θερμοκρασία φθάνει περίπου τους 26°C.

Το μέσο ετήσιο ύψος του εξατμιζόμενου ύδατος από την επιφάνεια της θάλασσας στα ανατολικά παράλια του Αιγαίου Πελάγους υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε περίπου 2.000 χλστ., ενώ στο Νότιο Αιγαίο σε περίπου 1.800 χιλιοστά. Κατά μήκος των παραλίων του Ιονίου Πελάγους και νότια της Κρήτης η ετήσια εξάτμιση υπολογίζεται σε 1.600 χλστ. περίπου. Γενικά η εξάτμιση στις βόρειες περιοχές του Αιγαίου και του Ιονίου είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη στις νότιες περιοχές λόγω των επικρατούντων βόρειων ανέμων. Οι ισοϋψείς της εξάτμισης ολόκληρο το έτος είναι σχεδόν παράλληλες του άξονα του Αιγαίου και οι μεγαλύτερες υπολογισμένες ημερήσιες τιμές, περίπου 7 χλστ./ημέρα, καταγράφονται στα ανατολικά παράλια, όπου τον Ιανουάριο επικρατούν βόρειοι άνεμοι και η διαφορά θερμοκρασίας θάλασσας - αέρα είναι μεγαλύτερη κατά μήκος των ακτών του Ανατολικού Κεντρικού Αιγαίου, καθώς και τον Ιούλιο - Αύγουστο, οπότε πνέουν έντονοι Ετησίες. Το Μάιο η εξάτμιση στα πελάγη λόγω των ασθενών ανέμων εμφανίζει ελάχιστο με ημερήσιες τιμές μικρότερες των 3 χλστ./ημέρα (Metaxas and Repapis, 1977).

1.2.4. Πηγές και εκπομπές των αερίων ρύπων στον ελληνικό χώρο την περίοδο 1990-2008

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η αλλοίωση της ποιότητας του αέρα μέσα στην πόλη από τις δραστηριότητες του ανθρώπου. Η αλλοίωση της κανονικής, φυσικής σύστασης της ατμόσφαιρας με αύξηση των συγκεντρώσεων ορισμένων στοιχείων της ή με εμπλουτισμό με ξένα στοιχεία καλείται ρύπανση της ατμόσφαιρας. Σε σχεδόν όλες τις μεγαλουπόλεις παρατηρείται σε μικρό ή μεγάλο βαθμό ρύπανση της ατμόσφαιρας λόγω των δραστηριοτήτων που ασκεί ο πληθυσμός τους (βιομηχανίες, κυκλοφορία αυτοκινήτων, παραγωγή ενέργειας και θέρμανσης κ.λπ., Gurjar et al., 2007). Πρωτογενείς αέριοι ρύποι που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα από τις διάφορες πηγές ρύπανσης είναι η αιθάλη, το διοξείδιο του θείου, το μονοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του αζώτου, διάφοροι υδρογονάνθρακες και άλλα οργανικά αέρια, οξείδια του μολύβδου και διάφορα αιωρούμενα σωματίδια οργανικών και ανόργανων ενώσεων ανθρωπογενούς και φυσικής προέλευσης. Δευτερογενείς αέριοι ρύποι είναι οι ουσίες που παράγονται από τους πρωτογενείς ρύπους μετά από φυσικοχημικό μετασχηματισμό των πρωτογενών ρύπων, κυρίως σε τόπους και εποχές μεγάλης ηλιοφάνειας. Ένας τέτοιος ρύπος είναι το τροποσφαιρικό όζον. Παρακάτω γίνεται αναφορά στους σημαντικότερους πρωτογενείς αστικούς ρύπους (βλ. και Πίνακα 1).

Οξείδια του αζώτου - NO_x

Τα οξείδια του αζώτου αποτελούν μια ομάδα ενώσεων, η οποία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη χημεία της ατμόσφαιρας, κυρίως στην παραγωγή και την καταστροφή του τροποσφαιρικού όζοντος. Οι δύο κυριότερες ενώσεις της ομάδας αυτής είναι το οξείδιο του αζώτου, NO, και το διοξείδιο του αζώτου, NO₂. Δημιουργούνται κυρίως από τη διάσπαση

του αζώτου και την αντίδρασή του με το οξυγόνο κατά τη διαδικασία των καύσεων.

Πίνακας 1

Εκπομπές σε χιλιοτόνους (κτν.) για τους σημαντικότερους πρωτογενείς ρύπους πάνω από τον ελλαδικό χώρο και στατιστικά δεδομένα σε σχέση με το ποσοστό % της συμμετοχής της Ελλάδος στο σύνολο των ευρωπαϊκών εκπομπών, καθώς και η κατά κεφαλή αναλογία των εκπομπών σε κιλά ανά έτος στην Ελλάδα

Ρύπος	Εκπομπές 1990 (κτν.)	Εκπομπές 2008 (κτν.)	Εκατοστιαία μεταβολή	Θέση στην ΕΕ-27 το 2008	Εκατοστιαία συμμετοχή στις συνολικές εκπομπές της ΕΕ-27	Χλγρ./ κάτοικο (2000-2008)	Πηγή
NO _x	296,0	356,9	20,6	7	3,5	31,8	ΕΕΑ
SO ₂	493,0	447,6	-9,2	7	7,6	39,9	ΕΕΑ
NMVOC	255,0	218,0	-14,3	8	2,6	19,5	ΕΕΑ
CO	1.281,3	685,0	-46,5	8	3,0	61,0	ΕΜΕΡ, ΕΕΑ
NH ₃	79,0	63,1	-20,1	14	1,7	5,6	ΕΕΑ
PM _{2,5}	49,3*	62,81	22,0	-	-	-	ΕΜΕΡ
PM ₁₀	26,1*	37,2	31,0	-	-	-	ΕΜΕΡ

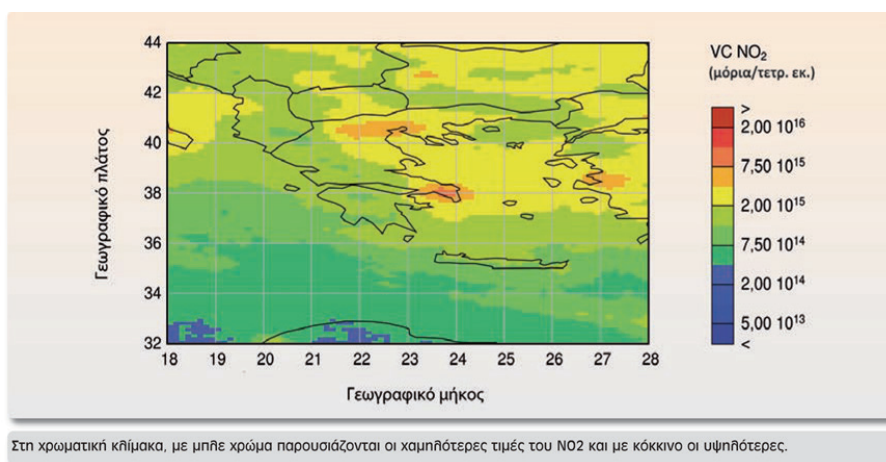
ΕΕΑ: European Environmental Agency, <http://www.eea.europa.eu/>
 ΕΜΕΡ: European Monitoring and Evaluation Programme, <http://www.emep.int/>
 * Εκπομπές από το 2000.

Συγκριμένες ενώσεις της ομάδας αυτής, όπως π.χ. το NO₂, είναι ιδιαίτερα τοξικές. Βραχεία έκθεση σε συγκεντρώσεις μικρότερες των 3 ppm προκαλεί ερεθισμό των πνευμόνων, ενώ συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 3 ppm μπορεί να οδηγήσουν σε δυσλειτουργία των πνευμόνων. Αντίστοιχα μακρά έκθεση σε χαμηλές συγκεντρώσεις μπορεί να επιδράσει στον ιστό των πνευμόνων, προκαλώντας εμφύσημα. Επιμέρους ομάδες του πληθυσμού, όπως οι ασθματικοί και τα παιδιά, είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες στις επιδράσεις των οξειδίων του αζώτου. Τα οξείδια του αζώτου συνεισφέρουν επίσης στο σχηματισμό λεπτών αιωρούμενων σωματιδίων και την παραγωγή όζοντος, με κόστος αρκετών δισεκ. δολαρίων σε παγκόσμια κλίμακα λόγω ασθενειών και θανάτων.

Στον ελλαδικό χώρο οι κυριότερες εκπομπές σχετίζονται με την παραγωγή ενέργειας (καύση ορυκτών πόρων) σε ποσοστό 59%, τις οδικές μετακινήσεις (29%) και τις διάφορες άλλες μορφές μετακίνησης (11%). Στο

Διάγραμμα 1 διακρίνονται οι μεγαλύτερες τιμές του NO₂ πάνω από το λεκανοπέδιο της Αττικής και την Κεντρική / Δυτική Μακεδονία (Θεσσαλονίκη / Πτολεμαΐδα), περιοχές που χαρακτηρίζονται από έντονες ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Διάγραμμα 1
Τροποσφαιρικές κατακόρυφες κολώνες του διοξειδίου του αζώτου πάνω από την Ελλάδα για την περίοδο 2003-2009, βάσει δορυφορικών παρατηρήσεων από το φασματοφωτόμετρο SCIAMACHY



Συνολικά, από το 1990 έως και το 2008, οι εκπομπές των NO_x αυξήθηκαν σε ποσοστό 21%, κατατάσσοντας την Ελλάδα 7η στο σύνολο των 27 ευρωπαϊκών χωρών (EE-27) για τις οποίες υπάρχουν αναφορές. Πρέπει να τονιστεί ότι η Ελλάδα είναι από τις λίγες χώρες στις οποίες παρατηρείται αύξηση των εκπομπών των NO_x, καθώς συνολικά στις χώρες της EE-27 παρατηρήθηκε μείωση ίση με 31%. Τέλος, για την περίοδο 2000-2008 οι κατά κεφαλήν εκπομπές των NO_x αυξήθηκαν κατά 0,9 χλγρ./κάτοικο, φθάνοντας στα 31,8 χλγρ./κάτοικο.

Διοξείδιο του θείου - SO₂

Το διοξείδιο του θείου είναι μια χημική ένωση, η οποία ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα τόσο ως αποτέλεσμα ανθρωπογενών δραστηριοτήτων όσο

και από φυσικές πηγές (κατά το 1/4), όπως π.χ. από ηφαιστειογενείς δραστηριότητες. Η σπουδαιότητα του SO₂ στην ατμόσφαιρα σχετίζεται κυρίως με τη μεγάλη του διαλυτότητα στα νέφη και στα αιωρούμενα σωματίδια, όπου και μετατρέπεται σε θειικό οξύ (H₂SO₄). Το τελευταίο είναι από τις βασικότερες ενώσεις που προκαλούν την όξινη βροχή, η εναπόθεση της οποίας έχει αρνητικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα. Το διοξείδιο του θείου είναι οξειδωτικό αέριο που προκαλεί πνευμονική δυσλειτουργία, κυρίως σε άτομα με άσθμα, ενώ η δράση του επιτείνεται σε συνδυασμό με αυξημένες συγκεντρώσεις σωματιδίων και άλλων αέριων ρύπων.

Στην Ελλάδα οι εκπομπές του SO₂ οφείλονται σχεδόν αποκλειστικά στην παραγωγή ενέργειας, κυρίως μέσω της καύσης των ορυκτών πόρων (93%), ενώ το υπόλοιπο ποσοστό κατανέμεται σε εκπομπές που αφορούν τις μη οδικές μετακινήσεις και τις βιομηχανικές δραστηριότητες. Συνολικά από το 1990 έως και το 2008, παρατηρήθηκε στην Ελλάδα μείωση των εκπομπών SO₂ κατά 9%, η οποία όμως ήταν πολύ μικρότερη σε σχέση με τη μέση μείωση (66%) που παρουσίασαν οι 27 χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η ετήσια εκπομπή των 448 κιλτοτόνων το 2008 κατατάσσει την Ελλάδα 7η στη ζώνη της EE-27. Αξίζει να αναφερθεί ότι η Ελλάδα συγκεντρώνει περίπου το 8% των συνολικών εκπομπών στη ζώνη της EE-27. Τέλος, οι κατά κεφαλήν εκπομπές SO₂ για την περίοδο 2000-2008 προσδιορίστηκαν στα 39,9 χλγρ./κάτοικο.

Πτητικοί υδρογονάνθρακες πλην του μεθανίου, NMVOC

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις μαζί με τα οξείδια του αζώτου αποτελούν τις πρόδρομες ενώσεις του τροποσφαιρικού όζοντος. Το τελευταίο, σε μεγάλες συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα, δημιουργεί συνθήκες τοξικής φωτοχημικής ρύπανσης και έχει αρνητικές επιπτώσεις στη βιωσιμότητα των φυτών και στην ανθρώπινη υγεία (Williams, 2004). Επιπλέον, οι πτητικοί υδρογονάνθρακες επηρεάζουν σημαντικά την

οξειδωτική ικανότητα της ατμόσφαιρας (Vrekoussis et al., 2004, Monks, 2005), δηλαδή την προσπάθεια της ατμόσφαιρας να μετασχηματίζει τις διάφορες αέριες ενώσεις με απώτερο σκοπό τον αυτοκαθαρισμό της. Τέλος, οι ενώσεις VOC αποτελούν πρόδρομες ενώσεις σχηματισμού αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα αλλά και πυρήνων συμπύκνωσης νεφών (Roberts et al., 2002).

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις εκλύονται στην ατμόσφαιρα μέσω ανθρωπογενών και φυσικών διαδικασιών (Vrekoussis et al., 2009, 2010). Η εκμετάλλευση των ορυκτών πόρων, οι βιομηχανικοί διαλύτες και η καύση βιομάζας αποτελούν τις κυριότερες ανθρωπογενείς πηγές, ενώ η πιο σημαντική πηγή βιογενών VOC είναι το ισοπρένιο, που απελευθερώνεται από τα φυτά. Στην Ελλάδα οι πηγές των NMVOC είναι καταμερισμένες σε τέσσερις κατηγορίες: παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας (26%), οδικές μεταφορές (23%), βιομηχανικές δραστηριότητες (25%), ενώ το υπόλοιπο (25%) προέρχεται από ένα πλήθος άλλων εκπομπών, όπως π.χ. από τις καλλιέργειες, από τη χρήση διαλυτών και από τη διαχείριση αποβλήτων.

Στη ζώνη της EE-27 παρουσιάστηκε σημαντική μείωση των εκπομπών NMVOC από το 1990 έως το 2008, ίση με 41%. Στην Ελλάδα, η οποία συμβάλλει συνολικά με ποσοστό 2,6% στην εκπομπή των NMVOC στη ζώνη της EE-27, το ποσοστό της μείωσης ήταν μικρότερο (14%). Οι 218 κιλοτόνοι NMVOC που εκπέμπονται από την Ελλάδα αναλογούν σε κατά κεφαλήν παραγωγή ίση με 19,5 χλγρ./κάτοικο.

Μονοξείδιο του άνθρακα, CO

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένα τοξικό και δηλητηριώδες αέριο για τον άνθρωπο, καθώς δρα ανταγωνιστικά με την αιμοσφαιρίνη, δηλαδή την πρωτεΐνη που μεταφέρει το οξυγόνο από τους πνεύμονες στο αίμα. Είναι προϊόν ατελούς καύσης και παράγεται αντί του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Στο περιβάλλον βρίσκεται σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις, της τάξεως των 100 ppbv (100 μέρη CO σε ένα

δισεκατομμύριο μόρια αέρα). Οι εκπομπές του από φυσικές πηγές, όπως π.χ. τα ηφαίστεια και οι πυρκαγιές, είναι χαμηλές σε σχέση με αυτές στα αστικά κέντρα. Στις πόλεις, οι τυπικές συγκεντρώσεις του CO είναι 10 ppmv, 100 φορές πιο υψηλές από τις αντίστοιχες σε μη αστικές περιοχές.

Στην Ελλάδα, το μεγαλύτερο ποσοστό του εκπεμπόμενου CO προέρχεται από τις οδικές μετακινήσεις (64%), ακολουθούμενο από τις οικιακές και βιομηχανικές δραστηριότητες. Από το 1990 έως το 2008 παρατηρήθηκε στην Ελλάδα μια ραγδαία πτώση των εκπομπών CO από τους 1.281 κιλοτόνους στους 685 κιλοτόνους (46%), ενώ οι κατά κεφαλήν εκπομπές υπολογίζονται στα 61 χλγρ./κάτοικο. Περίπου το 3% των συνολικών εκπομπών του CO προέρχεται από την Ελλάδα.

Αμμωνία, NH₃

Η αμμωνία είναι μια χημική ένωση η οποία τελευταία βρίσκεται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος, καθώς συνδέεται με την ατμοσφαιρική εναπόθεση αζώτου στα οικοσυστήματα, με αποτέλεσμα τον ευτροφισμό και την αύξηση της οξύτητάς τους. Συνδέεται επίσης με το σχηματισμό δευτερογενών σωματιδίων τα οποία επιδρούν στην ανθρώπινη υγεία και στο κλίμα. Στην Ελλάδα, οι εκπομπές της προέρχονται σχεδόν αποκλειστικά από τη γεωργία (96%), ενώ ένα επιπλέον μικρό ποσοστό (4%) συνδέεται με τις οδικές μεταφορές. Από το 1990 έως το 2008, παρατηρείται στην Ελλάδα μείωση των εκπομπών αμμωνίας κατά 20%, ενώ οι κατά κεφαλήν εκπομπές προσδιορίζονται στα 5,6 χλγρ./κάτοικο. Συνολικά η Ελλάδα συνεισφέρει το 1,7% των συνολικών εκπομπών NH₃ στη ζώνη της ΕΕ-27.

Αιωρούμενα σωματίδια, ΑΣ

Πληθώρα σωματιδίων αιωρούνται στον ατμοσφαιρικό αέρα, όπως π.χ. σκόνη, γύρη, αιθάλη, καπνός, σταγονίδια. Τα αιωρούμενα αυτά σωματίδια συνήθως χωρίζονται σε αδρά, δηλαδή αυτά των οποίων η διάμετρος είναι μεγαλύτερη από 2,5 μm (ΑΣ10), και σε λεπτά, με διάμετρο μικρότερη των

2,5 μm (ΑΣ2.5), συμπεριλαμβανομένων των πολύ λεπτών σωματιδίων (ΑΣ1), με διάμετρο μικρότερη του 1,0 μm . Η μακράς διάρκειας έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις σωματιδίων, κυρίως λεπτών σωματιδίων, μπορεί να προκαλέσει σοβαρά αναπνευστικά και καρδιαγγειακά προβλήματα.

Τα πρωτογενή αιωρούμενα σωματίδια προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως η γεωργία, η βιομηχανία, οι καύσεις ορυκτών πόρων, και από φυσικές διεργασίες, όπως η μεταφορά σκόνης, οι πυρκαγιές και τα ηφαίστεια. Τα δευτερογενή αιωρούμενα σωματίδια προέρχονται από την οξείδωση πρόδρομων αέριων ενώσεων, όπως π.χ. τα οξείδια του αζώτου, τα οξείδια του θείου, η αμμωνία και οι πτητικές οργανικές ενώσεις. Ειδικότερα για την περιοχή της ελληνικής επικράτειας, τα δευτερογενώς παραγόμενα σωματίδια, που προέρχονται κυρίως από τα NO_x και το SO₂, αποτελούν το μεγαλύτερο τμήμα της αιωρούμενης σωματιδιακής ύλης. Οι κυριότερες πηγές τους για το έτος 2007 ήταν οι βιομηχανικές εκπομπές, οι οδικές μετακινήσεις και η βιομηχανία που συνδέεται με την παραγωγή ενέργειας.

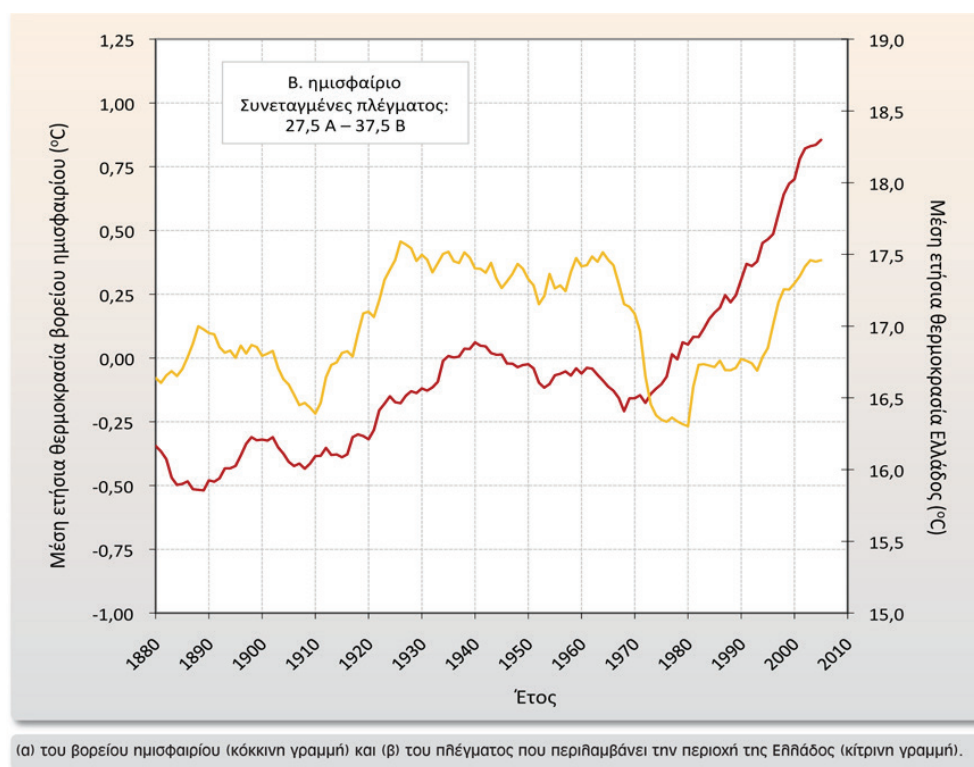
Στην Ελλάδα, κατά την περίοδο 2000 έως 2008, εμφανίζεται αύξηση τόσο των λεπτών σωματιδίων (ΑΣ2.5) όσο και των μεγαλύτερων (ΑΣ10), ίση με 22% και 31% αντίστοιχα. Συγκριτικά στη ζώνη της ΕΕ-27 και για την ίδια περίοδο παρατηρήθηκε μείωση 10% και στις δύο κατηγορίες των σωματιδίων.

1.2.5. Η εξελισσόμενη κλιματική αλλαγή στην Ελλάδα

Στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου και της Ελλάδος, κατά τη χρονική περίοδο από τα τέλη του 19ου αιώνα μέχρι τη δεκαετία του 1970 οι χρονοσειρές της μέσης θερμοκρασίας του αέρα ακολουθούν την ανοδική θερμοκρασιακή τάση που καταγράφεται και για το Βόρειο Ημισφαίριο-Β.Η. (Repapis and Philandras, 1988, βλ. και Διαγράμματα 2 και 3). Η ψύξη που παρατηρείται στο Β.Η. κατά τις δεκαετίες του 1960 και του 1970

εμφανίζεται εντονότερη στην Αν. Μεσόγειο και, ενώ στο Β.Η. η θερμοκρασία γρήγορα ανακάμπτει και από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 υπερβαίνει τα επίπεδα στα οποία κυμαινόταν τα προηγούμενα 100 έτη, στην Αν. Μεσόγειο παρατηρείται υστέρηση, με αποτέλεσμα η άνοδος της μέσης θερμοκρασίας να αρχίσει από τη δεκαετία του 1990 (Ρεπαπής κ.ά., 2002, Saaroni et al., 2003, Feidas et al., 2004, Repapis et al., 2007).

Διάγραμμα 2
Χρονοσειρές των μέσων ετήσιων τιμών της θερμοκρασίας του αέρα (Λείανση των τιμών με κινούμενο μέσο 10 ετών, 1880-2000)

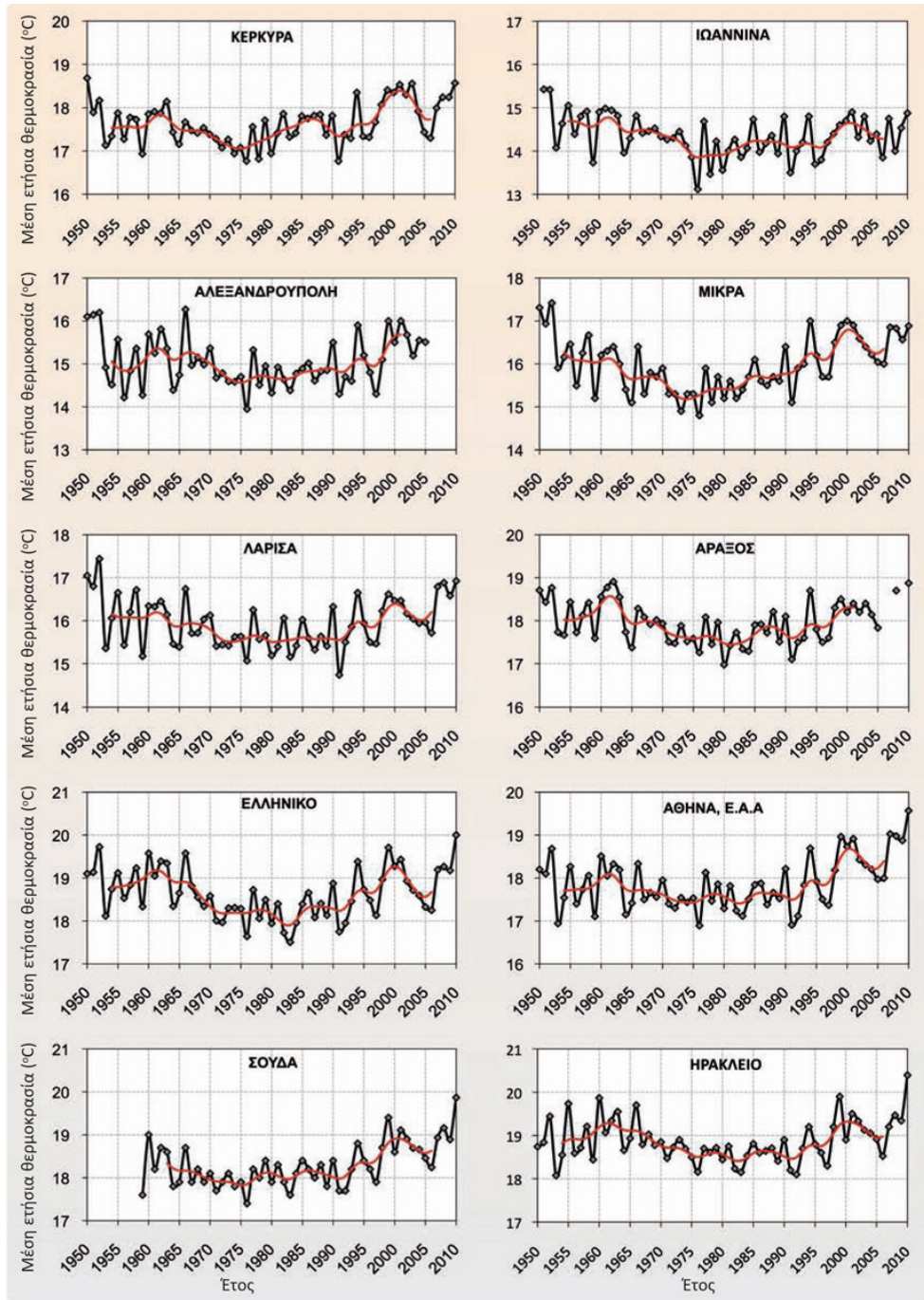


Ως προς το ύψος του υετού, παρατηρείται σαφής τάση ανόδου του ετήσιου επιπέδου του στη Βόρεια Ευρώπη, με εξαίρεση τη Φινλανδία, και σαφής τάση υποχώρησης στη Νότια Ευρώπη και στη Μεσόγειο (ECSN, 1995, IPCC, 1996, 2001). Ειδικότερα, οι βροχοπτώσεις στην Αν. Μεσόγειο παρουσιάζουν μεγάλη βαθμίδα ελάττωσης από τα δυτικά προς τα ανατολικά

και από βορρά προς νότο αλλά και μεγάλη διαφοροποίηση από περιοχή σε περιοχή, καθώς και έντονη μεταβλητότητα από έτος σε έτος, εξαρτώμενη από την τοπογραφία και τις τροχιές των υφέσεων που διέρχονται από την Αν. Μεσόγειο. Στην πλειονότητα των περιοχών καταγράφεται τάση ελάττωσης των βροχοπτώσεων κατά το δεύτερο ήμισυ του 20ού αιώνα και σε ορισμένες περιοχές η μείωση της βροχόπτωσης είναι στατιστικά σημαντική (Kandyliis et al., 1989, Mantis et al.,1997, Hatzioannou et al., 1998, Paz et al.,1998, Maheras et al., 2004, Xorlaki et al., 2004, Feidas et al., 2007, Zanis et al., 2009).

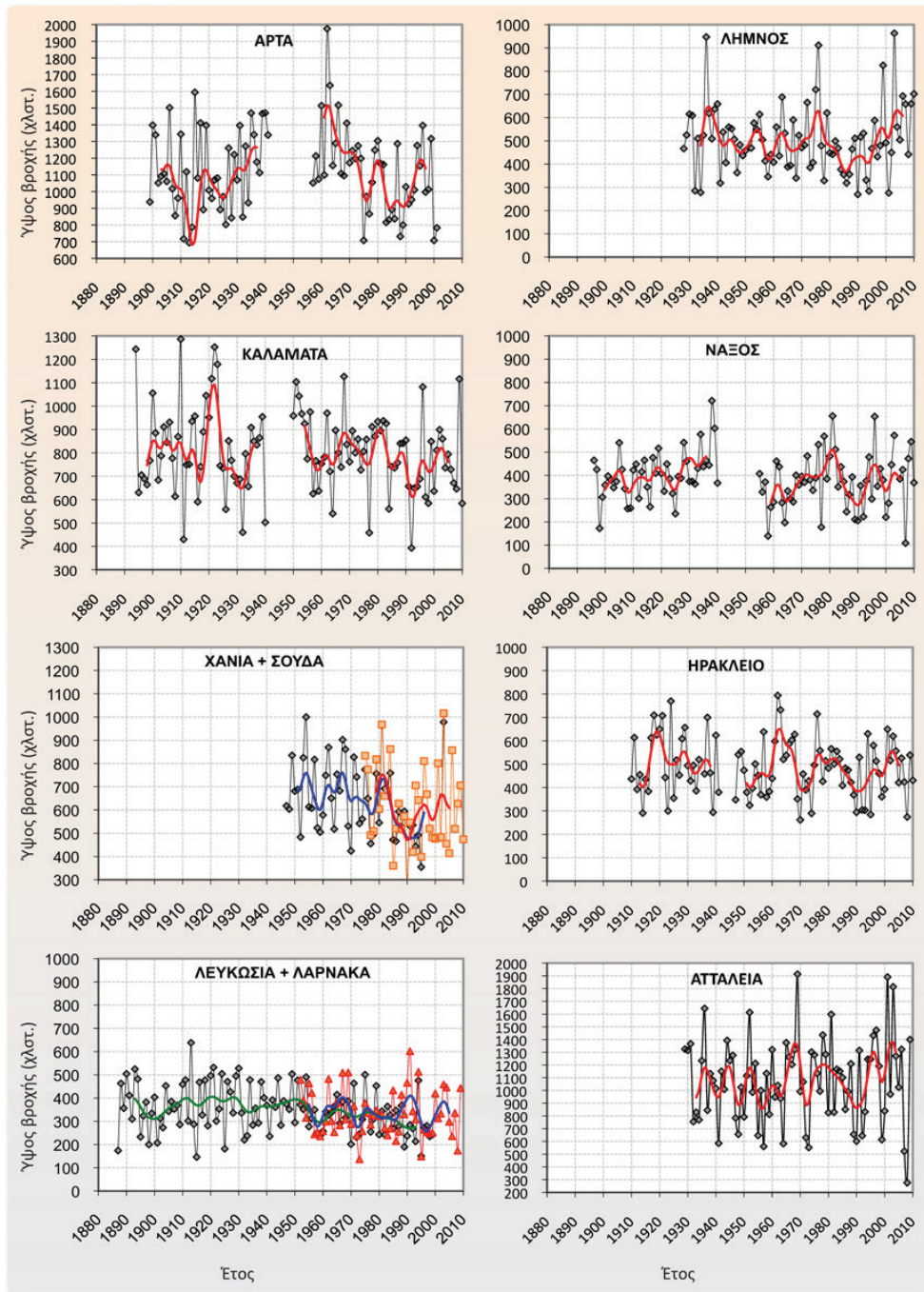
Στην Ελλάδα η τάση μείωσης των ετήσιων τιμών της βροχής κατά τη διάρκεια του 20ού αιώνα κυμαίνεται μεταξύ 20% στη Δ. Ελλάδα και 10% στην Α. Ελλάδα, τάση η οποία εν μέρει μπορεί να ερμηνευθεί από την αντίστοιχη κλιματική τάση που έχει παρατηρηθεί στην κύμανση του Βόρειου Ατλαντικού Ωκεανού (βλ. Διαγράμματα 4 και 5, Zerefos et al., 2010).

Διάγραμμα 3
Χρονοσειρές των μέσων ετήσιων τιμών της θερμοκρασίας του αέρα σε
σταθμούς της Ελλάδος (1950-2010)



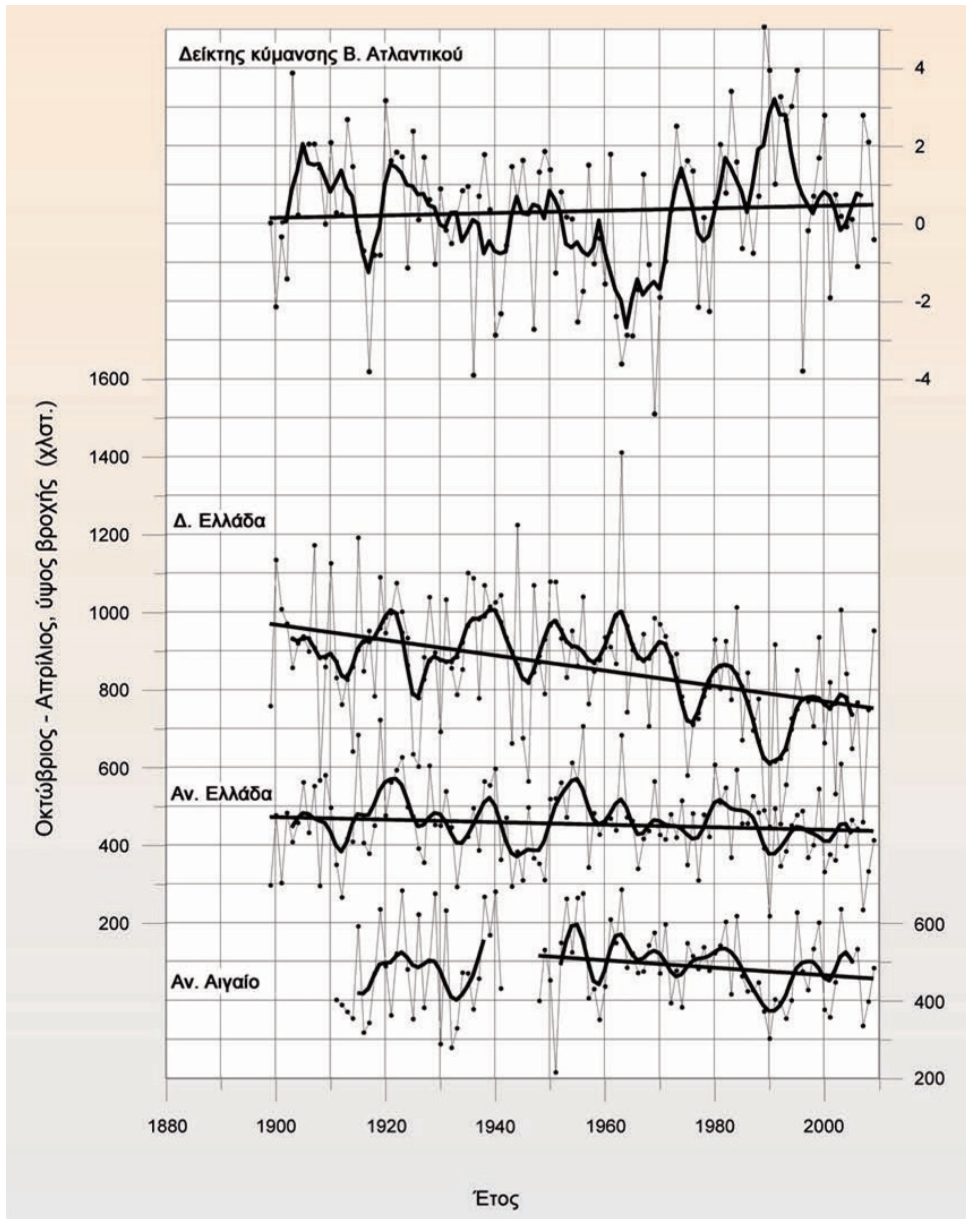
Με κόκκινη γραμμή η ρείανση των τιμών με Gaussian 9.

Διάγραμμα 4
Χρονοσειρές των ετήσιων τιμών του ύψους της βροχής στην Ελλάδα, την
Αττάλεια και τη Λευκωσία



Με κόκκινη γραμμή η συμπλήρωση από διηφανούς σταθμούς στα Χανιά και τη Λευκωσία και με γραμμές χωρίς ρόμβους, τρίγωνα ή τετράγωνα η λείανση των τιμών με Gaussian 9.

Διάγραμμα 5
Χρονοσειράς των μέσων τιμών του ύψους της βροχής κατά τη βροχερή περίοδο (Οκτώβριος - Απρίλιος) στη Δυτική Ελλάδα, την Ανατολική Ελλάδα και τα νησιά του Ανατολικού Αιγαίου



Με έντονη καμπύλη γραμμή η ρείανση των τιμών με Gaussian 9. Οι ευθείες γραμμές δείχνουν τις παλινδρομίες.

1.2.6. Εκτίμηση των κλιματικών μεταβολών στον 21ο αιώνα σε 13 κλιματικές περιοχές στις οποίες διαιρέθηκε η Ελλάδα

1.2.6.1. Επιλογή των κλιματικών περιοχών

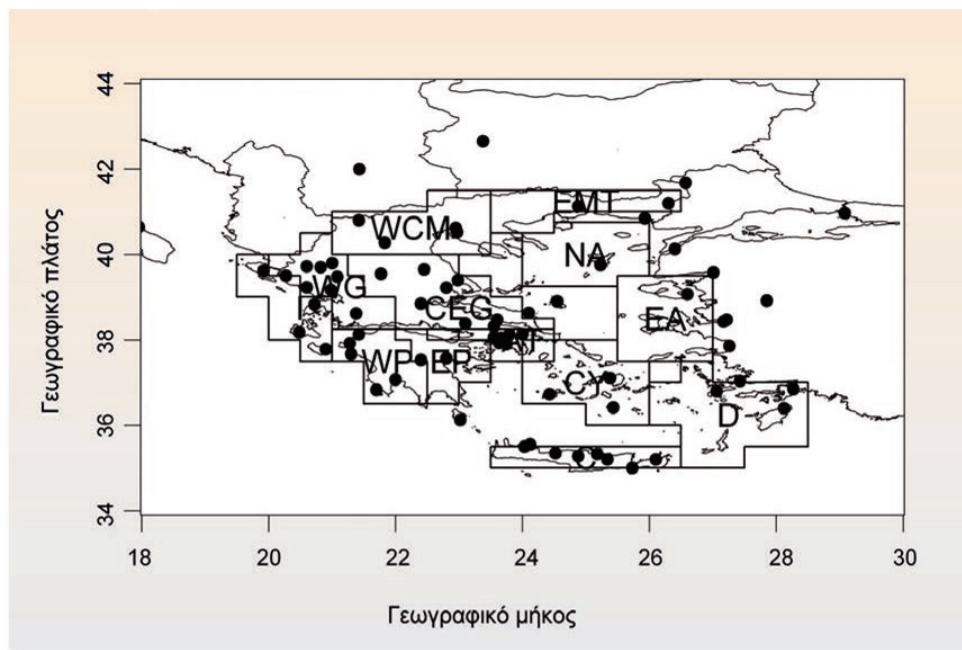
Η διαίρεση της Ελλάδος σε κλιματικές περιοχές έγινε βάσει κλιματικών και γεωγραφικών κριτηρίων, τα σημαντικότερα από τα οποία είναι τα ακόλουθα: (α) Η από βορρά προς νότο διατρέχουσα την Ελλάδα οροσειρά, η οποία χωρίζει την ηπειρωτική Ελλάδα στη δυτική ομβροπλευρά της χώρας και στην ξηρότερη ανατολική. (β) Η ύπαρξη των νήσων του Ανατολικού Αιγαίου και των Δωδεκανήσων, όπου το ύψος του υετού αυξάνεται εκ νέου μετά το ελάχιστο στις Κυκλάδες. (γ) Οι βαθμίδες της θερμοκρασίας από βορρά προς νότο, καθώς και οι διαφορές μεταξύ νησιωτικών και ηπειρωτικών περιοχών. (δ) Η τοπογραφία και η ομοιογένεια ως προς την κλιματική ταξινόμηση. Οι 13 κλιματικές περιοχές που επελέγησαν με βάση τα κλιματικά και γεωγραφικά κριτήρια φαίνονται στο Διάγραμμα 6 και είναι οι εξής: 1. Δυτική Ελλάδα (WG), 2. Κεντρική και Ανατολική Ελλάδα (CEG), 3. Δυτική και Κεντρική Μακεδονία (WCM), 4. Ανατολική Μακεδονία-Θράκη (EMT), 5. Δυτική Πελοπόννησος (WP), 6. Ανατολική Πελοπόννησος (EP), 7. Αττική (AT), 8. Κρήτη (C), 9. Δωδεκάνησα (D), 10. Κυκλάδες (CY), 11. Ανατολικό Αιγαίο (EA), 12. Βόρειο Αιγαίο (NA) και 13. Ιόνιο (I).

1.2.6.2. Εκτίμηση των κλιματικών μεταβολών για τις 13 κλιματικές περιοχές της Ελλάδος με βάση τέσσερα σενάρια εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου

Στο Κέντρο Ερεύνης Φυσικής της Ατμοσφαιράς και Κλιματολογίας της Ακαδημίας Αθηνών (ΚΕΦΑΚ) έχουν αναπτυχθεί βάσεις δεδομένων και προσομοιώσεων προτύπων με βάση τα Σενάρια Εκπομπών A2, A1B, B2 και B1. Στον Πίνακα 2 αναφέρονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των συγκεκριμένων σεναρίων, τα οποία αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο της τρίτης

έκθεσης του ΟΗΕ για την κλιματική αλλαγή, IPCC (Nakicenovic et al., 2000).

Διάγραμμα 6
Ο διαχωρισμός της Ελλάδος σε 13 κλιματικές περιοχές



Επεξήγηση των αρχικών των περιοχών βλ. στη σελ. 66 (πίνακας 6).

Πίνακας 2
Σενάρια εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη*

Σενάριο A2	Μέτρια αύξηση του μέσου παγκόσμιου κατά κεφαλήν εισοδήματος. Ιδιαίτερα έντονη κατανάλωση ενέργειας. Ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού. Αργή και τμηματική τεχνολογική ανάπτυξη και μέτριες έως μεγάλες αλλαγές στη χρήση γης. Ραγδαία αύξηση της συγκέντρωσης του CO ₂ στην ατμόσφαιρα, η οποία θα φθάσει τα 850 ppm το 2100.
Σενάριο A1B	Ραγδαία οικονομική ανάπτυξη. Ιδιαίτερα έντονη κατανάλωση ενέργειας, αλλά παράλληλα διάδοση νέων και αποδοτικών τεχνολογιών. Χρήση τόσο ορυκτών καυσίμων όσο και εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Μικρές αλλαγές στη χρήση γης. Ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού μέχρι το έτος 2050 και σταδιακή μείωσή του στη συνέχεια. Έντονη αύξηση της συγκέντρωσης του CO ₂ στην ατμόσφαιρα, η οποία θα φθάσει τα 720 ppm το 2100.
Σενάριο B2	Ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας με μέτριους ρυθμούς. Ηπιότερες τεχνολογικές αλλαγές σε σύγκριση με τα Σενάρια Εκπομπών A1 και B1. Ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού. Αύξηση της συγκέντρωσης του CO ₂ στην ατμόσφαιρα με μέτριους αλλά σταθερούς ρυθμούς , η οποία θα φθάσει το 2100 τα 620 ppm .
Σενάριο B1	Μεγάλη αύξηση του παγκόσμιου κατά κεφαλήν εισοδήματος. Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Μείωση της χρήσης των συμβατικών πηγών ενέργειας και στροφή στη χρήση τεχνολογιών που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές. Ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού μέχρι το έτος 2050 και σταδιακή μείωσή του στη συνέχεια. Αύξηση της συγκέντρωσης του CO ₂ στην ατμόσφαιρα με σχετικά ήπιους ρυθμούς , ιδίως από το 2050 και μετά, η οποία θα φθάσει το 2100 τα 550 ppm .

* IPCC, 2007, ενώ αναλυτικότερες πληροφορίες για τα σενάρια εκπομπών αναφέρονται στο πλήρες κείμενο για το Κλίμα, στη σχετική σελίδα της Επιτροπής Μελέτης των Επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής (ΕΜΕΚΑ), στον ιστοχώρο της Τράπεζας της Ελλάδος (www.bankofgreece.gr).

Για κάθε μία από τις 13 κλιματικές περιοχές στις οποίες χωρίστηκε η Ελλάδα, καθώς και για την επικράτεια, υπολογίστηκαν οι αναμενόμενες μεταβολές των μέσων εποχικών και μέσων ετήσιων τιμών έξι κλιματικών παραμέτρων για τις περιόδους 2021-2050 και 2071-2100, σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς (1961-1990). Οι κλιματικές παράμετροι που μελετήθηκαν είναι οι εξής:

- μέση θερμοκρασία του αέρα (°C),
- βροχόπτωση (χλστ./έτος),
- σχετική υγρασία (%),
- κλάσμα νεφοκάλυψης (%),
- εισερχόμενη ολική μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία στην επιφάνεια (W/τετρ. μ) και ταχύτητα ανέμου στα 10μ. από την επιφάνεια (μ./δευτερόλεπτο).

Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι οι μεταβολές όλων των κλιματικών παραμέτρων υπολογίστηκαν με βάση τα Σενάρια Εκπομπών A2, B2 και A1B. Δυστυχώς, στην περίπτωση του Σεναρίου Εκπομπών B1 οι υπολογισμοί περιορίστηκαν μόνο στις μεταβολές της μέσης θερμοκρασίας του αέρα, λόγω της έλλειψης διαθέσιμων δεδομένων από προσομοιώσεις υψηλής χωρικής ανάλυσης με Περιοχικά Κλιματικά Πρότυπα Προσομοίωσης (RCMs).

Πιο συγκεκριμένα, η μελέτη των μεταβολών των έξι κλιματικών παραμέτρων για τα Σενάρια Εκπομπών A2 και B2 βασίστηκε στα αποτελέσματα ενός συνόλου κλιματικών προσομοιώσεων με RCMs που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο του κοινοτικού προγράμματος PRUDENCE. Πρόσφατη μελέτη (Zanis et al., 2009) παρουσίασε αναλυτικά την απόδοση εννέα περιοχικών κλιματικών προτύπων από το πρόγραμμα PRUDENCE για την περιοχή της Ελλάδος, καθώς και τις εκτιμήσεις για το μέλλον βάσει αυτών των προτύπων κατά την περίοδο 2071-2100, χρησιμοποιώντας το Σενάριο A2.

Για την περίπτωση του Σεναρίου A2 χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα 13 προσομοιώσεων, ενώ για την περίπτωση του Σεναρίου B2 δεδομένα 8 προσομοιώσεων. Οι υπολογισμοί καλύπτουν περίοδο 30 ετών για το κλίμα αναφοράς (1961-1990) και μια μελλοντική περίοδο 30 ετών (2071-2100). Η διακριτική ικανότητα των RCMs του προγράμματος PRUDENCE είναι 0,5x0,5 μοίρες (50x50 τετρ. χλμ. περίπου). Για την περίπτωση του Σεναρίου A1B, η μελέτη των κλιματικών μεταβολών βασίστηκε σε σύνολο 12 προσομοιώσεων, που διεξήχθησαν στο πλαίσιο του προγράμματος ENSEMBLES. Τα δεδομένα για την περίπτωση του Σεναρίου A1B καλύπτουν περίοδο 30 ετών για το κλίμα αναφοράς (1961-1990) και δύο μελλοντικές χρονικές περιόδους, 2021-2050 και 2071-2100. Η διακριτική ικανότητα των RCMs του προγράμματος ENSEMBLES είναι 0,25x0,25 μοίρες (25x25 τετρ. χλμ. περίπου). Τέλος, ο υπολογισμός των μεταβολών της μέσης θερμοκρασίας του αέρα για την περίπτωση του Σεναρίου B1 έγινε με τη χρήση μεθοδολογίας στατιστικής υποκλιμάκωσης του μέσου όρου ενός συνόλου 10 προσομοιώσεων με AOGCMs που διεξήχθησαν στο πλαίσιο της 4ης έκθεσης του ΟΗΕ για την κλιματική αλλαγή (AR4). Οι μεταβολές των υπό μελέτη κλιματικών παραμέτρων για την περίπτωση των Σεναρίων A2, A1B και B2 βασίζονται στη μέση τιμή του συνόλου (ensemble mean) των 13, 12 και 8 προσομοιώσεων αντίστοιχα. Αναλυτικές πληροφορίες για τις προσομοιώσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τα διαφορετικά σενάρια εκπομπών και για τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τον υπολογισμό των μεταβολών των 6 κλιματικών παραμέτρων για τις 13 κλιματικές περιοχές στις οποίες χωρίστηκε η Ελλάδα μπορούν να αναζητηθούν στο πλήρες κείμενο για το Κλίμα, στη σχετική σελίδα της Επιτροπής Μελέτης των Επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής (EMEKA), στον ιστοχώρο της ΤτΕ (www.bankofgreece.gr).

Στους Πίνακες 3α, β, γ και 4α, β, γ έχουν καταχωρηθεί οι μέσες ετήσιες τιμές των 6 κλιματικών παραμέτρων για την τριακονταετία 1961-1990 και τις δεκαετίες 2071-2080, 2081-2090 και 2091-2100, καθώς και οι

μεταβολές τους για την περίπτωση των Σεναρίων Εκπομπών A2 και B2 μεταξύ των περιόδων 2071-2080, 2081-2090, 2091-2100 και της περιόδου ελέγχου 1961-1990 για τις 13 κλιματικές περιοχές στις οποίες διαιρέθηκε η Ελλάδα. Τα αντίστοιχα μεγέθη για τις περιόδους 1961-1990, 2021-2050 και 2071-2100 για την περίπτωση του Σεναρίου A1B έχουν καταχωρηθεί στον Πίνακα 5α, β, γ. Ακολουθούν τα αποτελέσματα της ανάλυσης ξεχωριστά για τις έξι κλιματικές παραμέτρους.

Μέση θερμοκρασία του αέρα

Οι κλιματικές προσομοιώσεις με βάση και τα τέσσερα υπό μελέτη σενάρια ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Πίνακες 3α, β, γ, 4α, β, γ και 5α, β, γ) δείχνουν ως γενικό αποτέλεσμα την αύξηση της μέσης θερμοκρασία του αέρα στην Ελλάδα για τις προσεχείς δεκαετίες σε σχέση με την περίοδο αναφοράς 1961-1990. Η άνοδος της θερμοκρασίας προβλέπεται ότι θα είναι εντονότερη στην περίπτωση του Σεναρίου A2 και ηπιότερη στην περίπτωση του Σεναρίου B1. Επίσης, η άνοδος της θερμοκρασίας θα είναι μεγαλύτερη στις ηπειρωτικές σε σύγκριση με τις νησιωτικές περιοχές της Ελλάδος. Επιπρόσθετα, θα είναι μεγαλύτερη κατά το θέρος και το φθινόπωρο και μικρότερη κατά το χειμώνα και την άνοιξη.

Στην περίπτωση του πλέον ακραίου υπό μελέτη Σεναρίου A2, η μέση θερμοκρασία του αέρα για την επικράτεια αναμένεται κατά τη δεκαετία 2091-2100 να είναι υψηλότερη κατά 3,9°C το χειμώνα και την άνοιξη, κατά 5,4°C το θέρος, κατά 4,7°C το φθινόπωρο και κατά 4,5°C για το σύνολο του έτους. Η άνοδος της θερμοκρασίας κατά τη χειμερινή περίοδο προβλέπεται ότι θα κυμανθεί μεταξύ 4°C και 4,5°C στις ηπειρωτικές περιοχές, ενώ στις νησιωτικές περιοχές θα είναι μικρότερη και δεν θα ξεπεράσει τους 3,5°C, με εξαίρεση το Βόρειο Αιγαίο, όπου θα φθάσει τους 4°C. Κατά την άνοιξη η θερμοκρασία προβλέπεται ότι θα αυξηθεί κατά 4,5°C στις ηπειρωτικές περιοχές και κατά 3,5°C στα νησιά. Κατά το θέρος η αύξηση της θερμοκρασίας αναμένεται ότι θα είναι μεγαλύτερη συγκριτικά με τις

υπόλοιπες εποχές. Πιο συγκεκριμένα, κατά το θέρος προβλέπεται άνοδος της θερμοκρασίας μεταξύ 6°C και 7°C στις ηπειρωτικές περιοχές και μεταξύ 4,5°C και 5°C στις νησιωτικές περιοχές. Τέλος, κατά το φθινόπωρο η άνοδος της θερμοκρασίας θα είναι πιο ομοιόμορφη στις διάφορες κλιματικές περιοχές της Ελλάδος και θα κυμανθεί μεταξύ 4,3°C και 5,2°C.

Πίνακας 3α

Μέσες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα στα 2μ. από την επιφάνεια (T, °C), της βροχόπτωσης (B, χλστ./έτος) και της σχετικής υγρασίας (V, %) στα 2μ. από την επιφάνεια, για τις χρονικές περιόδους 1961-1990*, 2071-2080, 2081-2090 και 2091-2100, καθώς και οι μεταβολές των παραμέτρων αυτών μεταξύ των περιόδων 2071-2080, 2081-2090, 2091-2100 και της περιόδου αναφοράς 1961-1990

Κλιματικές περιοχές	Περίοδοι	T (°C)		ΔT		(%)	
		A2	B2	A2	B2	A2	B2
Δυτική-Κεντρική Μακεδονία	1961-1990	11,85±1,13	11,91±0,95				
	2071-2080	15,85±1,50	14,89±1,14	4,00±1,05	2,98±0,41	34,1±10,0	25,1±3,4
	2081-2090	16,40±1,54	15,11±1,23	4,56±1,07	3,20±0,51	38,8±10,3	26,9±4,0
	2091-2100	17,08±1,56	15,31±1,26	5,24±1,02	3,40±0,58	44,6±9,8	28,6±4,7
Ανατολική Μακεδονία-Θράκη	1961-1990	12,24±1,39	12,36±1,06				
	2071-2080	16,29±1,74	15,42±1,15	4,05±1,06	3,05±0,41	33,5±9,8	24,8±4,0
	2081-2090	16,84±1,80	15,63±1,29	4,60±1,11	3,27±0,56	38,0±10,3	26,5±4,7
	2091-2100	17,52±1,81	15,79±1,26	5,28±1,08	3,42±0,62	43,6±10,1	27,8±5,6
Βόρειο Αιγαίο	1961-1990	16,37±0,65	16,19±0,66				
	2071-2080	19,63±0,76	18,82±0,73	3,26±0,19	2,63±0,11	19,9±1,0	16,3±0,7
	2081-2090	19,85±0,63	18,87±0,54	3,48±0,22	2,68±0,23	21,3±1,8	16,6±2,0
	2091-2100	20,56±0,69	19,23±0,65	4,19±0,25	3,04±0,31	25,6±1,9	18,8±2,2
Κυκλάδες	1961-1990	17,98±0,35	17,94±0,36				
	2071-2080	20,97±0,44	20,43±0,41	3,00±0,18	2,49±0,13	16,7±1,0	13,9±0,7
	2081-2090	21,20±0,40	20,49±0,42	3,22±0,26	2,55±0,27	17,9±1,6	14,2±1,6
	2091-2100	21,91±0,45	20,86±0,36	3,93±0,33	2,92±0,34	21,9±2,0	16,3±2,1
Ανατολικό Αιγαίο	1961-1990	16,76±0,81	16,79±0,56				
	2071-2080	20,18±0,92	19,45±0,61	3,42±0,48	2,67±0,09	20,4±3,1	15,9±0,6
	2081-2090	20,46±0,92	19,54±0,59	3,70±0,55	2,75±0,29	22,1±3,6	16,4±1,9
	2091-2100	21,15±0,89	19,86±0,61	4,39±0,42	3,07±0,31	26,3±2,9	18,3±2,1
Δωδεκάνησα	1961-1990	18,62±0,41	18,57±0,38				
	2071-2080	21,75±0,52	21,13±0,46	3,12±0,20	2,56±0,17	16,8±1,0	13,8±0,9
	2081-2090	21,99±0,46	21,24±0,45	3,37±0,24	2,67±0,24	18,1±1,4	14,4±1,4
	2091-2100	22,65±0,57	21,57±0,57	4,03±0,34	3,00±0,40	21,6±1,8	16,2±2,2
Κρήτη	1961-1990	17,50±0,62	17,53±0,54				
	2071-2080	20,81±0,96	20,03±0,65	3,31±0,92	2,50±0,18	19,0±5,7	14,3±0,8
	2081-2090	21,13±1,00	20,16±0,67	3,63±0,98	2,63±0,29	20,8±6,1	15,0±1,6
	2091-2100	21,86±0,86	20,51±0,70	4,36±0,82	2,98±0,32	25,0±5,2	17,0±1,8
Κεντρική-Ανατολική Ελλάδα	1961-1990	15,02±0,95	14,96±0,96				
	2071-2080	18,81±1,18	17,77±1,07	3,79±1,02	2,81±0,29	25,5±8,1	18,8±2,0
	2081-2090	19,26±1,25	17,97±1,21	4,24±1,09	3,01±0,45	28,5±8,6	20,1±2,8
	2091-2100	19,90±1,22	18,21±1,22	4,88±0,97	3,25±0,50	32,7±7,7	21,8±3,2
Αττική	1961-1990	15,94±0,98	15,94±0,95				
	2071-2080	19,83±1,49	18,78±1,00	3,89±1,35	2,84±0,27	24,6±9,5	17,9±2,0
	2081-2090	20,29±1,55	19,02±1,15	4,35±1,42	3,08±0,46	27,5±10,0	19,3±2,9
	2091-2100	20,94±1,47	19,25±1,13	5,00±1,28	3,31±0,50	31,6±9,1	20,8±3,4
Ανατολική Πελοπόννησος	1961-1990	15,41±0,85	15,36±0,75				
	2071-2080	19,17±1,26	18,11±0,94	3,76±1,14	2,75±0,29	24,6±8,4	17,9±1,6
	2081-2090	19,64±1,28	18,33±1,04	4,23±1,15	2,97±0,45	27,6±8,5	19,3±2,6
	2091-2100	20,31±1,24	18,59±1,04	4,91±1,05	3,22±0,45	32,0±7,7	21,0±2,6
Δυτική Ελλάδα	1961-1990	12,94±1,52	13,10±1,16				
	2071-2080	16,92±1,76	16,06±1,39	3,98±1,07	2,96±0,45	31,3±10,2	22,7±3,3
	2081-2090	17,52±1,82	16,30±1,48	4,58±1,06	3,21±0,56	35,9±10,1	24,5±3,9
	2091-2100	18,24±1,87	16,54±1,53	5,30±1,01	3,45±0,65	41,4±9,6	26,4±4,7
Ιόνιο	1961-1990	17,11±0,73	17,10±0,58				
	2071-2080	20,24±0,81	19,61±0,71	3,13±0,35	2,50±0,38	18,3±2,2	14,7±2,3
	2081-2090	20,51±0,80	19,72±0,66	3,40±0,41	2,62±0,50	19,9±2,6	15,3±3,1
	2091-2100	21,29±0,83	20,13±0,64	4,18±0,41	3,03±0,47	24,5±2,6	17,7±2,9
Δυτική Πελοπόννησος	1961-1990	15,69±1,14	15,81±0,77				
	2071-2080	19,26±1,40	18,53±0,96	3,57±0,60	2,72±0,34	22,8±3,8	17,2±1,9
	2081-2090	19,72±1,42	18,74±0,99	4,03±0,61	2,93±0,45	25,8±3,8	18,5±2,7
	2091-2100	20,44±1,42	19,03±0,99	4,75±0,55	3,22±0,51	30,4±3,4	20,4±3,2
Επικράτεια	1961-1990	16,17±0,68	16,14±0,56				
	2071-2080	19,58±0,80	18,81±0,67	3,41±0,42	2,66±0,19	21,1±2,8	16,5±1,0
	2081-2090	19,93±0,82	18,94±0,71	3,76±0,49	2,80±0,34	23,3±3,2	17,3±2,1
	2091-2100	20,64±0,80	19,25±0,72	4,46±0,38	3,11±0,39	27,6±2,6	19,3±2,5

Τα αποτελέσματα δίδονται ως μέση τιμή και τυπική απόκλιση 13 προσομοιώσεων για το Σενάριο Εκπομπών A2 και 8 προσομοιώσεων για το Σενάριο Εκπομπών B2, αντίστοιχα, και στηρίζονται στο πρόγραμμα PRUDENCE.
 * Οι μικρές διαφορές ως προς τις εκτιμήσεις των κλιματικών παραμέτρων στην περίοδο αναφοράς 1961-1990 για τα διαφορετικά σενάρια εκπομπών οφείλονται στο ότι οι κλιματικές παράμετροι υπολογίζονται από διαφορετικά σύνολα κλιματικών προσομοιώσεων για τα διαφορετικά σενάρια.

Πίνακας 3β

Μέσες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα στα 2μ. από την επιφάνεια (T, °C), της βροχόπτωσης (B, χλστ./έτος) και της σχετικής υγρασίας (V, %) στα 2μ. από την επιφάνεια, για τις χρονικές περιόδους 1961-1990*, 2071-2080, 2081-2090 και 2091-2100, καθώς και οι μεταβολές των παραμέτρων αυτών μεταξύ των περιόδων 2071-2080, 2081-2090, 2091-2100 και της περιόδου αναφοράς 1961-1990

Κλιματικές περιοχές	Περίοδοι	B (χλστ./έτος)		ΔB		(%)	
		A2	B2	A2	B2	A2	B2
Δυτική-Κεντρική Μακεδονία	1961-1990	532,6±108,7	561,3±101,3				
	2071-2080	475,3±130,8	530,6±124,5	-57,3±51,2	-30,7±67,8	-11,4±10,2	-5,4±12,4
	2081-2090	422,9±103,0	521,4±110,3	-109,6±39,7	-39,9±50,7	-20,9±7,2	-7,1±9,8
	2091-2100	444,0±116,5	555,8±144,8	-88,5±53,5	-5,5±72,6	-17,1±10,1	-1,5±13,0
Ανατολική Μακεδονία-Θράκη	1961-1990	608,3±132,4	663,6±115,4				
	2071-2080	526,8±131,1	625,6±137,2	-81,5±56,6	-38,0±92,3	-13,4±8,6	-5,3±14,4
	2081-2090	465,1±102,8	599,9±116,7	-143,2±64,0	-63,7±64,7	-23,3±8,5	-9,3±9,9
	2091-2100	487,6±126,1	652,1±159,1	-120,7±57,5	-11,5±93,8	-20,1±8,6	-1,8±14,6
Βόρειο Αιγαίο	1961-1990	481,8±104,4	500,7±118,7				
	2071-2080	445,5±124,8	496,1±135,5	-36,3±60,7	-4,6±84,2	-8,3±13,4	-0,4±17,1
	2081-2090	397,4±105,3	470,7±117,8	-84,4±56,8	-30,0±50,5	-17,8±10,9	-5,7±11,4
	2091-2100	451,3±134,9	532,2±151,6	-30,6±87,3	31,5±80,2	-6,9±18,1	6,2±16,3
Κυκλάδες	1961-1990	400,6±106,0	411,7±125,2				
	2071-2080	334,3±89,6	400,6±110,1	-66,3±32,3	-11,1±27,6	-16,4±5,5	-1,7±6,1
	2081-2090	313,4±95,8	379,4±122,2	-87,3±27,0	-32,3±36,5	-22,4±6,3	-8,0±12,1
	2091-2100	361,9±106,7	436,8±138,1	-38,7±36,9	25,1±36,9	-10,3±10,1	5,6±11,1
Ανατολικό Αιγαίο	1961-1990	544,1±127,2	546,9±133,6				
	2071-2080	479,2±133,6	526,0±129,3	-65,0±43,4	-20,9±60,3	-12,4±8,0	-3,4±11,1
	2081-2090	431,6±125,5	500,5±127,6	-112,5±38,6	-46,4±33,7	-21,4±7,2	-8,5±6,8
	2091-2100	485,1±149,5	582,6±160,7	-59,0±63,9	35,7±65,3	-11,5±11,1	6,3±12,7
Δωδεκάνησα	1961-1990	433,2±160,8	428,4±188,0				
	2071-2080	369,7±130,7	416,8±183,1	-63,5±40,5	-11,6±37,2	-13,6±6,0	-2,7±7,8
	2081-2090	340,3±133,1	401,2±174,9	-92,9±40,8	-27,2±22,2	-22,0±5,5	-6,4±4,8
	2091-2100	376,7±152,9	450,0±207,3	-56,5±49,5	21,6±65,6	-14,8±12,3	3,8±15,3
Κρήτη	1961-1990	351,6±187,2	315,5±144,4				
	2071-2080	280,3±151,4	287,5±127,9	-71,3±47,0	-28,1±29,8	-18,9±7,6	-7,4±9,1
	2081-2090	264,9±151,4	268,1±115,2	-86,6±47,5	-47,5±36,3	-24,7±8,1	-14,1±7,2
	2091-2100	300,2±179,6	297,9±130,9	-51,4±50,6	-17,6±34,1	-15,6±12,2	-5,1±10,1
Κεντρική-Ανατολική Ελλάδα	1961-1990	473,5±102,5	490,6±100,1				
	2071-2080	408,2±125,4	461,3±110,0	-65,2±43,3	-29,4±39,1	-14,8±9,3	-6,1±8,3
	2081-2090	378,3±103,6	449,3±114,3	-95,2±40,3	-41,3±45,8	-20,6±8,3	-8,8±10,7
	2091-2100	420,8±133,5	483,6±132,2	-52,6±72,6	-7,0±51,6	-11,9±15,4	-2,2±10,2
Αττική	1961-1990	375,1±108,6	388,2±84,2				
	2071-2080	311,6±121,9	363,6±97,3	-63,5±36,7	-24,5±27,8	-18,1±9,1	-6,8±7,2
	2081-2090	293,9±107,7	342,8±100,0	-81,2±39,8	-45,3±41,3	-22,6±11,0	-12,3±11,9
	2091-2100	333,7±139,0	381,1±108,8	-41,4±60,2	-7,1±37,6	-12,7±15,8	-2,6±8,9
Ανατολική Πελοπόννησος	1961-1990	479,9±166,6	517,4±171,5				
	2071-2080	395,4±164,1	469,4±176,7	-84,5±41,4	-48±33,9	-18,7±8,1	-9,8±7,2
	2081-2090	352,2±134,5	440,4±149,2	-127,8±53,6	-77±49,8	-27,2±7,6	-14,8±8,9
	2091-2100	392,0±166,7	483,4±177,0	-87,9±70,1	-34±32,2	-19,1±13,7	-7,1±7,4
Δυτική Ελλάδα	1961-1990	861,1±174,2	912,4±102,0				
	2071-2080	744,0±187,8	842,2±148,0	-117,1±86,3	-70,2±126,1	-13,8±8,9	-7,5±13,8
	2081-2090	641,0±139,1	804,8±97,0	-220,1±85,0	-107,6±92,2	-25,3±8,1	-11,4±9,7
	2091-2100	654,0±164,6	842,5±165,8	-207,1±94,4	-69,9±116,8	-23,8±10,0	-7,8±12,5
Ιόνιο	1961-1990	789,6±225,4	775,7±242,9				
	2071-2080	725,6±241,4	740,8±242,7	-64,0±83,1	-35,0±97,3	-9,2±11,5	-4,2±11,7
	2081-2090	598,6±195,9	711,3±233,0	-191±75,7	-64,5±69,7	-25,0±7,7	-8,4±9,0
	2091-2100	652,4±225,2	767,1±287,0	-137,3±89,9	-8,6±67,7	-18,6±11,9	-2,9±10,3
Δυτική Πελοπόννησος	1961-1990	613,5±159,6	629,4±120,8				
	2071-2080	510,2±164,9	568,6±112,4	-103,2±49,2	-60,8±66,0	-17,6±8,3	-9,4±9,9
	2081-2090	442±131,6	540,0±114,7	-171,4±52,6	-89,4±47,4	-28,4±6,4	-14,4±8,1
	2091-2100	475,6±175,7	584,5±146,0	-137,9±73,9	-44,9±46,9	-23,5±11,9	-7,9±9,0
Επικράτεια	1961-1990	510,1±108,0	524,1±113,8				
	2071-2080	442,7±112,9	497,4±108,6	-67,4±34,6	-26,7±50,2	-13,8±7,6	-4,6±9,8
	2081-2090	397,1±99,6	475,7±109,0	-113,0±29,5	-48,4±36,4	-22,6±5,5	-9,2±8,2
	2091-2100	437,7±126,6	525,2±138,0	-72,4±51,1	1,1±54,5	-15,2±10,9	-0,4±11,2

Τα αποτελέσματα δίδονται ως μέση τιμή και τυπική απόκλιση 13 προσομοιώσεων για το Σενάριο Εκπομπών A2 και 8 προσομοιώσεων για το Σενάριο Εκπομπών B2, αντίστοιχα, και στηρίζονται στο πρόγραμμα PRUDENCE.
* Οι μικρές διαφορές ως προς τις εκτιμήσεις των κλιματικών παραμέτρων στην περίοδο αναφοράς 1961-1990 για τα διαφορετικά σενάρια εκπομπών οφείλονται στο ότι οι κλιματικές παράμετροι υπολογίζονται από διαφορετικά σύνολα κλιματικών προσομοιώσεων για τα διαφορετικά σενάρια.

Πίνακας 3γ

Μέσες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα στα 2μ. από την επιφάνεια (T, °C), της βροχόπτωσης (B, χλστ./έτος) και της σχετικής υγρασίας (V, %) στα 2μ. από την επιφάνεια, για τις χρονικές περιόδους 1961-1990*, 2071-2080, 2081-2090 και 2091-2100, καθώς και οι μεταβολές των παραμέτρων αυτών μεταξύ των περιόδων 2071-2080, 2081-2090, 2091-2100 και της περιόδου αναφοράς 1961-1990

Κλιματικές περιοχές	Περίοδοι	Υ		ΔΥ		(%)	
		A2	B2	A2	B2	A2	B2
Δυτική-Κεντρική Μακεδονία	1961-1990	61,58±9,41	61,82±11,51				
	2071-2080	57,27±7,22	59,83±12,43	-4,31±5,12	-1,99±2,85	-6,5±6,2	-3,4±4,2
	2081-2090	55,11±6,83	59,14±12,47	-6,46±4,80	-2,68±2,73	-10,0±5,5	-4,6±4,0
	2091-2100	54,73±6,90	60,2±12,23	-6,84±4,88	-1,62±2,44	-10,7±5,6	-2,8±3,6
Ανατολική Μακεδονία-Θράκη	1961-1990	60,25±9,79	60,32±11,43				
	2071-2080	55,61±7,52	58,07±11,70	-4,64±5,12	-2,25±2,80	-7,2±6,3	-3,8±4,3
	2081-2090	53,59±6,99	57,12±12,28	-6,66±5,21	-3,21±2,92	-10,5±6,2	-5,6±4,3
	2091-2100	52,83±7,03	58,45±11,97	-7,42±5,21	-1,87±2,71	-11,8±6,0	-3,2±4,2
Βόρειο Αιγαίο	1961-1990	71,35±4,95	73,52±4,68				
	2071-2080	69,91±4,65	72,39±4,99	-1,44±0,96	-1,13±0,75	-2,0±1,3	-1,6±1,1
	2081-2090	69,34±4,87	72,38±4,82	-2,00±1,09	-1,14±0,51	-2,8±1,5	-1,6±0,7
	2091-2100	68,94±4,97	72,73±4,68	-2,41±0,86	-0,79±0,69	-3,4±1,2	-1,1±1,0
Κυκλάδες	1961-1990	73,78±3,70	75,21±3,40				
	2071-2080	73,22±3,52	74,54±3,57	-0,56±0,48	-0,67±0,38	-0,7±0,6	-0,9±0,5
	2081-2090	73,02±3,57	74,60±3,26	-0,76±0,56	-0,60±0,30	-1,0±0,7	-0,8±0,4
	2091-2100	72,83±3,70	74,87±3,34	-0,95±0,57	-0,34±0,22	-1,3±0,7	-0,5±0,3
Ανατολικό Αιγαίο	1961-1990	68,92±5,16	69,97±5,22				
	2071-2080	66,74±4,68	68,86±5,43	-2,18±2,48	-1,11±0,64	-3,1±3,2	-1,6±1,0
	2081-2090	66,03±4,88	68,72±5,73	-2,89±2,57	-1,25±0,58	-4,1±3,3	-1,8±1,0
	2091-2100	65,70±4,94	69,39±5,43	-3,22±2,33	-0,58±0,73	-4,6±3,0	-0,8±1,1
Δωδεκάνησα	1961-1990	72,44±3,94	74,04±3,14				
	2071-2080	71,87±3,95	73,70±2,91	-0,57±0,74	-0,34±0,80	-0,8±1,1	-0,4±1,1
	2081-2090	71,61±3,92	73,62±3,02	-0,83±0,92	-0,42±0,70	-1,1±1,3	-0,6±1,0
	2091-2100	71,48±4,23	73,97±3,03	-0,95±0,86	-0,06±0,50	-1,3±1,2	-0,1±0,7
Κρήτη	1961-1990	69,38±6,41	68,66±7,71				
	2071-2080	67,66±6,82	67,71±7,68	-1,72±4,10	-0,94±1,18	-2,4±5,4	-1,4±1,6
	2081-2090	67,15±6,97	67,42±7,75	-2,23±4,28	-1,24±0,94	-3,1±5,6	-1,8±1,3
	2091-2100	67,08±6,88	67,97±7,83	-2,30±4,15	-0,69±0,83	-3,3±5,5	-1,0±1,2
Κεντρική-Ανατολική Ελλάδα	1961-1990	62,16±6,57	62,52±7,93				
	2071-2080	58,57±4,86	61,03±8,36	-3,59±4,65	-1,49±1,57	-5,4±6,0	-2,5±2,4
	2081-2090	57,04±4,69	60,37±8,36	-5,11±4,33	-2,15±1,43	-7,9±5,3	-3,5±2,2
	2091-2100	57,11±4,78	61,29±8,16	-5,04±4,52	-1,23±1,20	-7,8±5,7	-2,0±1,9
Αττική	1961-1990	59,17±8,85	58,29±10,00				
	2071-2080	55,10±8,19	56,41±9,66	-4,07±5,59	-1,89±1,65	-6,5±7,7	-3,2±2,5
	2081-2090	53,73±8,12	55,36±9,54	-5,44±5,36	-2,94±1,73	-8,9±7,2	-5,0±2,7
	2091-2100	53,90±8,42	56,62±9,59	-5,27±5,53	-1,68±1,25	-8,7±7,5	-2,8±2,0
Ανατολική Πελοπόννησος	1961-1990	61,53±7,24	61,65±8,00				
	2071-2080	57,87±6,24	60,12±8,06	-3,66±4,96	-1,53±0,99	-5,6±6,6	-2,5±1,7
	2081-2090	56,35±6,13	59,26±8,36	-5,18±4,59	-2,40±1,29	-8,1±5,9	-4,0±2,2
	2091-2100	56,41±6,21	60,35±8,19	-5,12±4,86	-1,30±1,23	-8,0±6,4	-2,1±2,0
Δυτική Ελλάδα	1961-1990	63,13±10,03	62,86±12,61				
	2071-2080	58,67±8,24	60,58±13,20	-4,46±5,29	-2,28±2,83	-6,6±6,5	-3,8±4,2
	2081-2090	56,37±7,89	60,00±13,50	-6,76±4,84	-2,86±2,90	-10,3±5,5	-4,8±4,1
	2091-2100	55,71±7,84	60,61±13,11	-7,42±4,91	-2,25±2,54	-11,4±5,7	-3,7±3,7
Ιόνιο	1961-1990	72,07±4,83	73,67±4,18				
	2071-2080	71,77±4,20	73,40±2,84	-0,29±1,86	-0,27±1,55	-0,3±2,8	-0,3±2,4
	2081-2090	71,17±4,67	73,53±2,91	-0,90±1,90	-0,14±1,47	-1,2±2,8	-0,1±2,2
	2091-2100	70,67±5,08	73,39±2,47	-1,39±1,97	-0,27±1,96	-1,9±2,9	-0,2±3,0
Δυτική Πελοπόννησος	1961-1990	64,82±6,05	65,35±7,49				
	2071-2080	62,03±4,72	63,81±7,88	-2,79±3,10	-1,54±1,35	-4,1±4,0	-2,4±2,1
	2081-2090	60,51±4,81	63,22±8,09	-4,31±2,88	-2,13±1,63	-6,5±3,7	-3,4±2,6
	2091-2100	60,31±4,68	63,90±7,75	-4,51±3,02	-1,44±1,40	-6,8±3,9	-2,2±2,2
Επικράτεια	1961-1990	68,47±4,27	69,49±4,63				
	2071-2080	66,45±2,99	68,42±5,02	-2,02±2,28	-1,07±0,79	-2,8±2,9	-1,6±1,2
	2081-2090	65,50±3,04	68,14±5,03	-2,97±2,20	-1,35±0,72	-4,2±2,7	-2,0±1,0
	2091-2100	65,23±2,99	68,68±4,80	-3,24±2,09	-0,81±0,76	-4,6±2,6	-1,2±1,1

Τα αποτελέσματα δίδονται ως μέση τιμή και τυπική απόκλιση 13 προσομοιώσεων για το Σενάριο Εκπομπών A2 και 8 προσομοιώσεων για το Σενάριο Εκπομπών B2, αντίστοιχα, και στρογγυλεύονται στο πρόγραμμα PRUDENCE.

* Οι μικρές διαφορές ως προς τις εκτιμήσεις των κλιματικών παραμέτρων στην περίοδο αναφοράς 1961-1990 για τα διαφορετικά σενάρια εκπομπών οφείθονται στο ότι οι κλιματικές παράμετροι υπολογίζονται από διαφορετικά σύνολα κλιματικών προσομοιώσεων για τα διαφορετικά σενάρια.

Πίνακας 4α
Εισερχόμενη ολική μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία στην επιφάνεια
(S, W/τ.μ.), ταχύτητα ανέμου (V, μ./δευτ.) και κλάσμα νεφοκάλυψης (C, %)

Κλιματικές περιοχές	Περίοδοι	S		ΔS		(%)	
		A2	B2	A2	B2	A2	B2
Δυτική-Κεντρική Μακεδονία	1961-1990	183,4±19,4	188,4±21,4				
	2071-2080	186,7±17,9	192,1±17,7	3,2±4,9	3,7±5,6	1,9±3,2	2,3±3,7
	2081-2090	189,4±17,3	193,2±17,3	6,0±5,6	4,8±5,5	3,5±3,9	2,9±3,8
	2091-2100	189,7±18,0	191,6±17,2	6,3±6,6	3,2±6,3	3,6±4,4	2,0±4,1
Ανατολική Μακεδονία-Θράκη	1961-1990	181,3±18,8	185,4±20,7				
	2071-2080	185,0±17,2	189,4±16,6	3,7±4,7	4±5,7	2,2±3,2	2,4±3,8
	2081-2090	187,6±16,7	190,6±16,7	6,3±5,6	5,2±5,3	3,7±3,9	3,1±3,7
	2091-2100	187,8±17,0	188,8±16,6	6,5±6,6	3,4±5,9	3,8±4,5	2,2±3,9
Βόρειο Αιγαίο	1961-1990	192,3±20,9	199,3±22,3				
	2071-2080	194,6±20,2	202,3±18,5	2,3±4,2	3,0±5,5	1,3±2,5	1,8±3,4
	2081-2090	196,1±19,8	203,1±18,4	3,8±4,9	3,8±5,3	2,1±3,1	2,2±3,3
	2091-2100	195,8±20,4	201,3±18,1	3,5±5,4	2,1±6,0	1,9±3,3	1,3±3,6
Κυκλάδες	1961-1990	204,1±22,4	212,7±22,6				
	2071-2080	206,5±21,6	214,9±18,7	2,4±3,9	2,2±5,4	1,2±2,2	1,3±3,1
	2081-2090	208,0±21,2	216,3±19,2	3,8±5,0	3,7±4,9	2,0±2,9	1,9±2,9
	2091-2100	207,0±21,6	214,2±18,8	2,8±4,7	1,5±5,5	1,5±2,7	0,9±3,1
Ανατολικό Αιγαίο	1961-1990	200,6±21,6	207,7±21,8				
	2071-2080	203,3±20,8	210,5±17,9	2,7±4,1	2,8±5,4	1,4±2,4	1,6±3,1
	2081-2090	205,0±20,4	211,5±18,5	4,4±4,8	3,8±4,6	2,3±2,9	2±2,8
	2091-2100	204,6±20,8	209,6±18,0	4,0±5,4	1,9±5,4	2,1±3,2	1,1±3
Δωδεκάνησα	1961-1990	209,9±22,5	218,8±22,2				
	2071-2080	212,2±21,6	220,6±18,8	2,3±4	1,8±4,4	1,2±2,2	1,0±2,3
	2081-2090	213,6±21,4	221,5±19,4	3,7±4,9	2,7±4,1	1,9±2,7	1,4±2,2
	2091-2100	213,1±21,4	219,8±19,5	3,1±5,1	1,0±3,8	1,6±2,8	0,6±2,0
Κρήτη	1961-1990	207,7±23,0	215,2±25,4				
	2071-2080	210,7±21,7	217,5±21,5	3,0±4,1	2,3±4,7	1,5±2,4	1,3±2,7
	2081-2090	212,2±21,4	219,0±21,5	4,5±4,9	3,8±5,0	2,3±2,9	2,0±3,0
	2091-2100	210,9±21,7	216,9±21,9	3,2±4,7	1,7±4,4	1,6±2,8	1,0±2,5
Κεντρική-Ανατολική Ελλάδα	1961-1990	192,5±20,6	199,1±21,2				
	2071-2080	195,7±19,9	202,2±17,6	3,3±4,2	3,1±5,3	1,8±2,6	1,8±3,3
	2081-2090	197,6±19,5	203,6±17,4	5,2±5,1	4,5±4,9	2,8±3,2	2,5±3,1
	2091-2100	197,1±20,4	201,6±17,3	4,7±5,4	2,5±5,5	2,5±3,3	1,5±3,4
Αττική	1961-1990	198,3±21,8	205,6±21,2				
	2071-2080	201,7±21,3	208,5±17,7	3,4±3,8	2,9±5,1	1,8±2,3	1,6±3
	2081-2090	203,2±21,2	210,1±17,8	4,8±4,8	4,5±4,4	2,5±2,9	2,4±2,7
	2091-2100	202,3±21,9	208,0±17,2	4,0±4,9	2,3±5,3	2,1±2,9	1,4±3,1
Ανατολική Πελοπόννησος	1961-1990	198,0±20,5	204,4±20,8				
	2071-2080	202,0±19,8	207,9±17,4	4,0±4,0	3,5±5,2	2,1±2,4	1,9±3,1
	2081-2090	204,1±19,8	209,3±17,9	6,0±4,9	5,0±4,0	3,1±3,0	2,6±2,5
	2091-2100	203,3±20,2	207,1±17,7	5,3±5,3	2,7±4,7	2,7±3,1	1,5±2,7
Δυτική Ελλάδα	1961-1990	182,9±20,6	186,7±22,6				
	2071-2080	187,4±19,1	191,3±18,5	4,4±4,7	4,6±6,3	2,6±3,2	2,8±4,1
	2081-2090	190,7±18,5	193,0±18,5	7,8±5,6	6,3±5,4	4,5±4,0	3,7±3,9
	2091-2100	191,7±18,5	191,2±19,1	8,8±7,2	4,5±5,4	5,1±5,0	2,7±3,5
Ιόνιο	1961-1990	188,8±19,6	195,0±22,0				
	2071-2080	191,7±19,2	198,9±18,6	2,9±4,4	3,9±5,7	1,6±2,7	2,3±3,6
	2081-2090	194,5±19,0	200,0±18,8	5,6±4,8	5,0±5,0	3,1±3,1	2,8±3,3
	2091-2100	194,7±18,8	198,1±18,8	5,9±6,3	3,1±5,4	3,3±4,0	1,8±3,3
Δυτική Πελοπόννησος	1961-1990	195,4±19,7	200,5±21,8				
	2071-2080	199,2±18,5	204,4±17,9	3,8±4,6	3,9±5,8	2,1±2,9	2,2±3,5
	2081-2090	201,9±18,5	205,8±18,5	6,6±5,4	5,3±4,6	3,5±3,4	2,8±2,9
	2091-2100	201,7±18,5	203,8±18,8	6,3±6,5	3,3±5,0	3,4±4,0	1,9±3,0
Επικράτεια	1961-1990	196,1±20,8	203,0±21,9				
	2071-2080	199,0±19,9	206,0±18,3	2,9±4,2	3,0±5,3	1,6±2,5	1,7±3,2
	2081-2090	201,0±19,6	207,2±18,5	4,9±4,9	4,2±4,8	2,6±3,1	2,3±3,0
	2091-2100	200,5±20,0	205,2±18,4	4,5±5,4	2,3±5,2	2,4±3,3	1,4±3,1

Πίνακας 4β
Εισερχόμενη ολική μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία στην επιφάνεια
(S, W/τ.μ.), ταχύτητα ανέμου (V, μ./δευτ.) και κλάσμα νεφοκάλυψης (C, %)

Κλιματικές περιοχές	Περίοδοι	V		ΔV		(%)	
		A2	B2	A2	B2	A2	B2
Δυτική-Κεντρική Μακεδονία	1961-1990	2,53±0,88	2,71±1,00				
	2071-2080	2,42±0,79	2,66±0,91	-0,10±0,11	-0,04±0,13	-3,4±3,0	-0,9±4,2
	2081-2090	2,44±0,83	2,64±0,90	-0,08±0,09	-0,07±0,14	-3,1±2,8	-1,8±4,6
	2091-2100	2,45±0,83	2,65±0,94	-0,08±0,09	-0,05±0,11	-2,9±2,8	-1,6±4,2
Ανατολική Μακεδονία-Θράκη	1961-1990	2,80±0,72	2,89±0,87				
	2071-2080	2,77±0,70	2,97±0,83	-0,03±0,05	0,08±0,15	-1,0±1,6	3,4±6,8
	2081-2090	2,82±0,75	2,95±0,83	0,02±0,06	0,07±0,16	0,6±2,1	3,0±7,2
	2091-2100	2,85±0,78	2,95±0,87	0,05±0,10	0,07±0,15	1,7±3,0	2,8±6,9
Βόρειο Αιγαίο	1961-1990	5,59±0,65	5,60±0,72				
	2071-2080	5,55±0,62	5,60±0,64	-0,04±0,12	0,01±0,22	-0,6±2,0	0,3±4,0
	2081-2090	5,62±0,65	5,56±0,67	0,03±0,10	-0,03±0,16	0,6±1,7	-0,5±3,1
	2091-2100	5,68±0,68	5,65±0,69	0,09±0,17	0,05±0,16	1,6±3,0	1,0±3,0
Κυκλάδες	1961-1990	6,64±0,92	6,67±0,81				
	2071-2080	6,73±0,94	6,74±0,87	0,10±0,12	0,07±0,24	1,5±1,8	1,0±3,7
	2081-2090	6,83±1,00	6,75±0,82	0,20±0,12	0,08±0,20	2,8±1,7	1,2±3,1
	2091-2100	6,87±1,00	6,82±0,82	0,23±0,17	0,16±0,11	3,4±2,3	2,4±1,7
Ανατολικό Αιγαίο	1961-1990	5,56±0,80	5,64±0,93				
	2071-2080	5,62±0,71	5,74±0,82	0,07±0,11	0,10±0,14	1,4±1,9	2,1±2,4
	2081-2090	5,71±0,76	5,76±0,82	0,15±0,10	0,12±0,16	2,9±1,9	2,4±3,0
	2091-2100	5,75±0,75	5,82±0,81	0,19±0,12	0,19±0,18	3,7±2,3	3,6±3,5
Δωδεκάνησα	1961-1990	5,96±0,85	6,04±0,88				
	2071-2080	5,92±0,84	5,98±0,90	-0,04±0,07	-0,06±0,17	-0,7±1,1	-1,0±2,8
	2081-2090	5,91±0,86	5,99±0,87	-0,06±0,05	-0,05±0,14	-1,0±0,9	-0,9±2,3
	2091-2100	5,92±0,84	6,03±0,85	-0,05±0,12	-0,01±0,13	-0,8±1,9	-0,1±2,2
Κρήτη	1961-1990	4,99±0,84	4,68±1,35				
	2071-2080	4,96±0,72	4,67±1,20	-0,02±0,16	-0,02±0,21	-0,2±2,5	0,3±3,6
	2081-2090	5,00±0,73	4,68±1,20	0,01±0,15	0,00±0,21	0,6±2,5	0,8±3,6
	2091-2100	5,03±0,75	4,71±1,17	0,04±0,17	0,02±0,22	1,1±3,0	1,5±4,4
Κεντρική-Ανατολική Ελλάδα	1961-1990	3,22±1,03	3,29±1,17				
	2071-2080	3,17±0,97	3,34±1,10	-0,05±0,08	0,05±0,14	-1,2±1,8	2,4±5,4
	2081-2090	3,22±1,01	3,31±1,07	0,00±0,06	0,01±0,16	0,1±1,7	1,5±6,2
	2091-2100	3,23±1,02	3,34±1,11	0,01±0,08	0,04±0,16	0,3±2,2	2,2±6,6
Αττική	1961-1990	3,30±1,18	3,27±1,38				
	2071-2080	3,31±1,19	3,42±1,34	0,01±0,04	0,14±0,20	0,5±1,0	6,1±10,5
	2081-2090	3,38±1,23	3,39±1,31	0,08±0,07	0,12±0,22	2,4±1,5	5,6±11,5
	2091-2100	3,41±1,26	3,43±1,34	0,11±0,10	0,15±0,23	2,9±2,2	6,4±12,5
Ανατολική Πελοπόννησος	1961-1990	3,42±1,31	3,44±1,55				
	2071-2080	3,35±1,21	3,42±1,39	-0,07±0,17	-0,02±0,21	-1,6±2,9	1,2±6,0
	2081-2090	3,39±1,25	3,40±1,37	-0,03±0,15	-0,04±0,25	-0,6±2,9	0,7±6,8
	2091-2100	3,41±1,27	3,43±1,42	-0,01±0,15	-0,01±0,20	-0,2±3,4	1,0±6,5
Δυτική Ελλάδα	1961-1990	2,38±1,05	2,53±1,21				
	2071-2080	2,31±1,02	2,55±1,17	-0,07±0,09	0,02±0,14	-2,7±2,9	1,7±7,3
	2081-2090	2,32±1,04	2,52±1,16	-0,05±0,08	-0,01±0,14	-2,3±2,9	0,8±7,6
	2091-2100	2,32±1,05	2,54±1,18	-0,06±0,10	0,01±0,15	-2,7±3,5	1,2±8,2
Ιόνιο	1961-1990	4,51±0,75	4,63±0,88				
	2071-2080	4,32±0,68	4,45±0,76	-0,20±0,28	-0,18±0,34	-4,2±5,5	-3,5±6,3
	2081-2090	4,29±0,67	4,42±0,80	-0,22±0,24	-0,21±0,31	-4,7±4,5	-4,3±5,6
	2091-2100	4,27±0,69	4,47±0,80	-0,24±0,24	-0,16±0,31	-5,2±4,9	-3,3±6,0
Δυτική Πελοπόννησος	1961-1990	3,62±0,76	3,88±0,74				
	2071-2080	3,52±0,70	3,87±0,67	-0,11±0,12	-0,01±0,20	-2,8±2,8	0,1±5,5
	2081-2090	3,51±0,73	3,84±0,65	-0,12±0,09	-0,03±0,22	-3,1±2,3	-0,4±5,9
	2091-2100	3,51±0,74	3,86±0,69	-0,11±0,11	-0,01±0,21	-3,1±2,8	-0,1±5,7
Επικράτεια	1961-1990	4,72±0,66	4,79±0,74				
	2071-2080	4,68±0,60	4,78±0,67	-0,04±0,09	-0,01±0,13	-0,8±1,6	0,1±2,7
	2081-2090	4,72±0,64	4,77±0,66	-0,01±0,07	-0,02±0,11	-0,1±1,2	-0,2±2,3
	2091-2100	4,74±0,65	4,81±0,68	0,01±0,11	0,02±0,11	0,3±2,2	0,7±2,5

Πίνακας 4γ
Εισερχόμενη ολική μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία στην επιφάνεια
(S, W/τ.μ.), ταχύτητα ανέμου (V, μ./δευτ.) και κλάσμα νεφοκάλυψης (C, %)

Κλιματικές περιοχές	Περίοδοι	C		ΔC		(%)	
		A2	B2	A2	B2	A2	B2
Δυτική-Κεντρική Μακεδονία	1961-1990	41,0±7,7	41,6±5,2				
	2071-2080	37,2±7,4	38,4±6,0	-3,8±1,8	-3,2±1,6	-9,4±4,6	-8,1±4,5
	2081-2090	35,3±6,8	37,8±5,5	-5,7±2,0	-3,8±1,3	-13,9±4,3	-9,3±3,9
	2091-2100	34,5±6,7	38,5±6,3	-6,5±2,4	-3,1±2,0	-15,8±5,2	-7,9±5,5
Ανατολική Μακεδονία-Θράκη	1961-1990	41,3±7,7	42,0±5,7				
	2071-2080	37,1±7,4	38,6±6,4	-4,2±1,9	-3,3±1,8	-10,1±4,6	-8,2±4,9
	2081-2090	35,3±6,7	37,8±5,8	-6,0±2,2	-4,2±1,3	-14,4±4,5	-10,1±3,6
	2091-2100	34,6±6,5	38,6±6,5	-6,7±2,6	-3,4±2,2	-16,1±5,5	-8,2±5,6
Βόρειο Αιγαίο	1961-1990	36,0±5,5	35,9±3,1				
	2071-2080	32,1±5,6	32,9±4,1	-3,9±1,7	-3,0±1,4	-11,0±4,9	-8,8±4,7
	2081-2090	30,8±5,1	32,3±3,8	-5,2±1,7	-3,6±1,2	-14,7±4,3	-10,3±4,0
	2091-2100	30,4±5,2	33,0±4,3	-5,6±2,0	-2,9±2	-15,6±5,4	-8,3±5,9
Κυκλάδες	1961-1990	32,6±4,3	33,2±3,9				
	2071-2080	28,5±4,4	30,3±4,4	-4,1±1,5	-2,9±1,4	-12,9±4,9	-9,0±4,7
	2081-2090	27,4±4,5	29,5±4,0	-5,2±1,6	-3,6±1	-16,3±5,5	-11,1±3,2
	2091-2100	27,7±4,5	30,6±3,8	-4,9±1,6	-2,5±1,8	-15,3±5,3	-7,6±5,1
Ανατολικό Αιγαίο	1961-1990	33,3±4,3	34,0±2,1				
	2071-2080	29,0±3,9	30,8±3,1	-4,2±1,6	-3,2±1,5	-12,7±4,6	-9,5±4,8
	2081-2090	27,7±3,7	30,3±2,4	-5,6±1,6	-3,8±1,2	-16,9±4,2	-11,2±3,5
	2091-2100	27,5±3,6	31,2±2,9	-5,8±2,0	-2,9±2,1	-17,2±5,0	-8,4±6,1
Δωδεκάνησα	1961-1990	29,0±4,8	29,6±4,9				
	2071-2080	25,1±5,1	27,1±4,7	-3,8±1,4	-2,5±1,2	-13,6±5,2	-8,5±4,2
	2081-2090	23,9±5,1	26,4±5,1	-5,1±1,5	-3,3±1,0	-17,9±5,7	-11,3±4,2
	2091-2100	23,9±4,9	27,3±4,8	-5,1±1,5	-2,4±1,5	-18,1±5,7	-8,0±5,3
Κρήτη	1961-1990	31,2±6,1	32,4±6,9				
	2071-2080	27,4±6,1	29,6±6,2	-3,9±1,4	-2,8±1,4	-12,8±4,8	-8,5±4,0
	2081-2090	26,0±6,2	28,9±6,2	-5,2±1,6	-3,5±1,1	-17,1±5,8	-10,7±2,4
	2091-2100	26,6±5,9	30,0±6,2	-4,7±1,3	-2,4±1,2	-15,3±4,6	-7,3±3,3
Κεντρική-Ανατολική Ελλάδα	1961-1990	37,2±5,7	37,5±3,6				
	2071-2080	33,1±5,2	34,4±4,4	-4,1±1,6	-3,1±1,4	-11,1±3,9	-8,5±4,2
	2081-2090	31,7±4,8	33,8±3,9	-5,5±1,9	-3,7±0,9	-14,8±4,0	-10,0±2,8
	2091-2100	31,5±4,9	34,7±4,4	-5,7±2,3	-2,9±1,6	-15,3±5,4	-7,8±4,7
Αττική	1961-1990	34,2±5,5	34,3±3,8				
	2071-2080	29,8±4,8	31,3±4,4	-4,3±1,5	-3,0±1,4	-12,6±3,8	-9,0±4,3
	2081-2090	28,8±4,8	30,6±3,9	-5,3±1,9	-3,7±0,7	-15,6±4,5	-11,0±2,4
	2091-2100	28,9±5,1	31,6±4,4	-5,2±2,3	-2,7±1,6	-15,3±6,0	-8,0±5,0
Ανατολική Πελοπόννησος	1961-1990	35,7±5,4	36,5±3,6				
	2071-2080	31,1±4,6	33,1±4,5	-4,6±1,6	-3,5±1,4	-12,8±3,8	-9,7±4,2
	2081-2090	29,7±4,5	32,4±3,6	-6,0±1,9	-4,1±0,7	-16,9±4,2	-11,4±2,3
	2091-2100	29,7±4,5	33,4±4,0	-6,1±2,3	-3,1±1,6	-16,8±5,3	-8,6±4,5
Δυτική Ελλάδα	1961-1990	43,6±6,7	45,0±4,8				
	2071-2080	39,1±5,9	41,1±5,4	-4,4±2,1	-3,8±2,0	-10±4,1	-8,7±4,8
	2081-2090	36,9±5,5	40,3±4,5	-6,6±2,1	-4,6±1,4	-15,1±3,5	-10,3±3,0
	2091-2100	35,7±5,2	41,2±5,0	-7,9±2,8	-3,8±2,0	-17,8±4,9	-8,5±4,5
Ιόνιο	1961-1990	38,6±6,0	39,8±4,1				
	2071-2080	34,9±6,4	36,2±4,5	-3,7±2,0	-3,6±1,4	-9,7±5,3	-9,1±4,0
	2081-2090	33,0±6,0	35,8±4,5	-5,6±1,7	-3,9±0,8	-14,7±4,6	-10,1±2,8
	2091-2100	32,1±6,3	36,6±4,8	-6,5±2,1	-3,2±1,6	-17,1±5,8	-8,3±4,5
Δυτική Πελοπόννησος	1961-1990	37,6±5,3	39,7±2,2				
	2071-2080	33,2±4,8	36,0±3,3	-4,4±2,0	-3,8±1,8	-11,6±4,7	-9,6±4,7
	2081-2090	31,3±4,7	35,4±2,5	-6,4±2,1	-4,4±1,2	-16,9±4,7	-11,0±3,0
	2091-2100	30,8±4,5	36,3±3,0	-6,8±2,5	-3,5±1,8	-17,8±5,6	-8,8±4,5
Επικράτεια	1961-1990	35,8±4,4	36,4±2,1				
	2071-2080	31,7±4,3	33,3±3,1	-4,0±1,6	-3,1±1,4	-11,3±4,3	-8,8±4,2
	2081-2090	30,2±4,2	32,7±2,6	-5,5±1,7	-3,8±1,0	-15,5±4,3	-10,4±2,9
	2091-2100	30,0±4,1	33,6±3,1	-5,7±1,8	-2,9±1,7	-16,1±4,8	-8,0±4,8

Πίνακας 5α

Μέσες τιμές για τριακονταετίες 1961-1990*, 2021-2050 και 2071-2100 και η τυπική απόκλιση 12 RCMs από το πρόγραμμα ENSEMBLES, SRES A1B των κλιματικών παραμέτρων: μέση θερμοκρασία αέρα στα 2 μ. από την επιφάνεια (T, °C), βροχόπτωση (B, χλστ./έτος), σχετική υγρασία στα 2 μ. από την επιφάνεια (V, %), κλάσμα νεφοκάλυψης (C, %), εισερχόμενη ολική μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία στην επιφάνεια (S, W/τετρ. μ.), ταχύτητα ανέμου (V, μ./δευτ.) και μεταβολές των παραμέτρων αυτών μεταξύ των περιόδων 2071-2100 και 1961-1990 και μεταξύ των περιόδων 2021-2050 και 1961-1990

Κλιματικές περιοχές	Περίοδοι	T	ΔT	(%)	B	ΔB	(%)
Δυτική-Κεντρική Μακεδονία	1961-1990	12,33±1,52			658,9±143,7		
	2021-2050	13,94±1,56	1,61±0,44	13,3±4,2	605,8±126,3	-53,0±33,9	-7,8±4,1
	2071-2100	15,90±1,71	3,57±0,84	29,4±7,6	539±114,5	-119,8±47,8	-18±4,9
Ανατολική Μακεδονία-Θράκη	1961-1990	12,91±1,35			709,8±184,7		
	2021-2050	14,51±1,36	1,60±0,44	12,6±4,0	651,2±169,4	-58,6±26,3	-8,2±2,9
	2071-2100	16,39±1,53	3,49±0,85	27,3±7,4	580,4±155,6	-129,4±49,2	-18,3±4,7
Βόρειο Αιγαίο	1961-1990	15,82±1,22			509,7±205,6		
	2021-2050	17,33±1,15	1,51±0,53	9,7±3,8	501,4±198,8	-8,3±30,3	-1,1±5,6
	2071-2100	19,04±1,25	3,23±1,00	20,7±7,1	450,8±189,1	-59,0±39,9	-11,9±7,0
Κυκλάδες	1961-1990	17,58±0,81			449,5±169,2		
	2021-2050	18,91±0,94	1,33±0,30	7,6±1,6	426,9±158,4	-22,6±33,1	-4,4±6,7
	2071-2100	20,51±1,00	2,92±0,59	16,7±3,4	371,4±166,3	-78,2±26,8	-19±8,0
Ανατολικό Αιγαίο	1961-1990	16,83±0,91			585,3±230,6		
	2021-2050	18,27±1,04	1,44±0,38	8,5±2,2	558,1±219,6	-27,3±49,9	-4,2±7,7
	2071-2100	19,97±1,17	3,14±0,75	18,7±4,5	491,3±215,3	-94,1±32,9	-17,1±6,0
Δωδεκάνησα	1961-1990	18,26±0,70			479,4±216,8		
	2021-2050	19,58±0,81	1,32±0,32	7,2±1,7	445,0±197,8	-34,3±39,9	-6,4±7,9
	2071-2100	21,22±0,90	2,96±0,65	16,2±3,6	385,1±196,9	-94,3±29,1	-21,2±7,3
Κρήτη	1961-1990	16,35±0,91			567,8±224,3		
	2021-2050	17,73±1,01	1,38±0,35	8,5±2,2	504,7±183,3	-63,1±50,7	-9,8±6,3
	2071-2100	19,47±1,21	3,12±0,67	19,1±4,1	407±164,4	-160,8±79,6	-28,1±8,0
Κεντρική-Ανατολική Ελλάδα	1961-1990	14,48±1,37			507,4±111,8		
	2021-2050	16,02±1,41	1,54±0,42	10,8±3,2	480,5±97,9	-26,9±29,6	-5,0±4,9
	2071-2100	17,88±1,58	3,41±0,80	23,7±5,9	421,8±102,4	-85,6±33,7	-17,2±6,5
Αττική	1961-1990	15,32±1,19			379,2±108,3		
	2021-2050	16,86±1,24	1,54±0,42	10,1±3,0	353,6±97,9	-25,5±26,7	-6,6±6,3
	2071-2100	18,69±1,44	3,37±0,80	22,1±5,4	302,5±94,8	-76,7±28,4	-20,8±6,8
Ανατολική Πελοπόννησος	1961-1990	15,72±1,13			479,6±81,1		
	2021-2050	17,19±1,21	1,46±0,36	9,3±2,4	442,1±79,4	-37,6±20,7	-7,9±4,6
	2071-2100	19,00±1,38	3,27±0,70	20,9±4,6	371,8±82,0	-107,9±27,0	-23,0±7,0
Δυτική Ελλάδα	1961-1990	12,28±1,25			1185,4±302,9		
	2021-2050	13,8±1,40	1,52±0,43	12,4±3,5	1084,5±304,0	-100,9±41,1	-9,0±4,3
	2071-2100	15,76±1,63	3,48±0,78	28,4±6,3	932,4±264,7	-253,0±87,4	-21,8±5,8
Ιόνιο	1961-1990	17,31±0,90			786,6±247,8		
	2021-2050	18,59±1,01	1,28±0,37	7,4±2,1	738,6±250,4	-48,0±35,9	-6,6±5,3
	2071-2100	20,28±1,08	2,97±0,63	17,2±3,8	652,0±246,2	-134,6±44,3	-18,2±6,8
Δυτική Πελοπόννησος	1961-1990	14,41±1,16			881,1±229,7		
	2021-2050	15,89±1,30	1,48±0,40	10,3±2,7	786,5±218,6	-94,7±48,1	-10,9±5,7
	2071-2100	17,79±1,51	3,39±0,74	23,6±5,1	655,2±202,6	-225,9±59,7	-26,2±6,0
Επικράτεια	1961-1990	15,97±0,94			585,2±165,0		
	2021-2050	17,39±1,03	1,42±0,38	8,9±2,4	546,9±154,2	-38,3±27,4	-6,4±4,2
	2071-2100	19,14±1,16	3,17±0,72	19,9±4,7	476,5±155,3	-108,7±26	-19,3±5,5

* Οι μικρές διαφορές ως προς τις εκτιμήσεις των κλιματικών παραμέτρων στην περίοδο αναφοράς 1961-1990 για τα διαφορετικά σενάρια εκπομπών οφείλονται στο ότι οι κλιματικές παράμετροι υπολογίζονται από διαφορετικά σύνολα κλιματικών προσομοιώσεων για τα διαφορετικά σενάρια.

Πίνακας 5β

Μέσες τιμές για τριακονταετίες 1961-1990*, 2021-2050 και 2071-2100 και η τυπική απόκλιση 12 RCMs από το πρόγραμμα ENSEMBLES, SRES A1B των κλιματικών παραμέτρων: μέση θερμοκρασία αέρα στα 2 μ. από την επιφάνεια (T, °C), βροχόπτωση (B, χλστ./έτος), σχετική υγρασία στα 2 μ. από την επιφάνεια (V, %), κλάσμα νεφοκάλυψης (C, %), εισερχόμενη ολική μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία στην επιφάνεια (S, W/τετρ. μ.), ταχύτητα ανέμου (V, μ./δευτ.) και μεταβολές των παραμέτρων αυτών μεταξύ των περιόδων 2071-2100 και 1961-1990 και μεταξύ των περιόδων 2021-2050 και 1961-1990

Κλιματικές περιοχές	Περίοδοι	Υ	ΔΥ	(%)	C	ΔC	(%)
Δυτική-Κεντρική Μακεδονία	1961-1990	67,01±7,21			180,7±17,3		
	2021-2050	65,27±7,06	-1,74±0,63	-2,6±1,0	182,5±16,8	1,8±1,5	1,0±0,8
	2071-2100	63,53±6,59	-3,48±1,51	-5,1±2,3	184,3±15,3	3,6±2,8	2,1±1,6
Ανατολική Μακεδονία-Θράκη	1961-1990	68,57±6,25			178,6±16,9		
	2021-2050	66,93±6,24	-1,64±0,46	-2,4±0,7	180,3±16,4	1,8±1,4	1,0±0,8
	2071-2100	65,25±5,80	-3,32±1,21	-4,8±1,8	182,2±15,1	3,6±2,8	2,1±1,6
Βόρειο Αιγαίο	1961-1990	74,20±3,85			186,5±18,6		
	2021-2050	73,26±3,86	-0,94±0,61	-1,3±0,8	187,3±18,4	0,9±1,3	0,5±0,7
	2071-2100	72,52±3,88	-1,68±1,32	-2,3±1,8	188,2±18,5	1,8±2,2	1,0±1,1
Κυκλάδες	1961-1990	73,93±3,08			196,0±20,8		
	2021-2050	73,64±2,96	-0,29±0,41	-0,4±0,6	197,0±20,9	1,0±1,0	0,5±0,5
	2071-2100	73,48±2,66	-0,45±0,6	-0,6±0,8	198,1±21,5	2,1±1,9	1,1±0,9
Ανατολικό Αιγαίο	1961-1990	71,75±3,82			194,3±19,2		
	2021-2050	71,01±3,91	-0,75±0,27	-1,0±0,4	195,3±19,3	1,1±1,1	0,6±0,6
	2071-2100	70,14±3,68	-1,62±0,81	-2,2±1,1	196,7±19,3	2,4±2,0	1,2±0,9
Δωδεκάνησα	1961-1990	72,75±2,79			201,0±22,0		
	2021-2050	72,50±2,75	-0,25±0,32	-0,3±0,4	202,1±22,0	1,1±0,8	0,5±0,4
	2071-2100	72,32±2,41	-0,42±0,76	-0,6±1,0	203,4±22,8	2,4±1,7	1,2±0,8
Κρήτη	1961-1990	71,56±3,69			200,6±19,0		
	2021-2050	70,79±3,68	-0,77±0,38	-1,1±0,5	202,2±19,0	1,6±1,3	0,8±0,6
	2071-2100	69,95±3,85	-1,61±1,05	-2,3±1,5	203,9±19,1	3,3±2,5	1,7±1,2
Κεντρική-Ανατολική Ελλάδα	1961-1990	66,68±5,93			188,3±17,7		
	2021-2050	65,43±5,85	-1,25±0,58	-1,9±0,9	189,7±17,3	1,4±1,5	0,8±0,8
	2071-2100	64,06±5,54	-2,63±1,46	-3,9±2,3	191,2±16,0	2,9±2,6	1,6±1,4
Αττική	1961-1990	66,51±4,32			192,4±17,3		
	2021-2050	65,28±4,26	-1,23±0,64	-1,9±1,0	193,7±17,0	1,3±1,6	0,7±0,8
	2071-2100	63,98±4,04	-2,53±1,59	-3,8±2,5	195,2±16,6	2,8±2,9	1,5±1,5
Ανατολική Πελοπόννησος	1961-1990	67,50±5,48			195,3±18,5		
	2021-2050	66,50±5,59	-1,01±0,49	-1,5±0,8	196,7±18,3	1,5±1,3	0,8±0,7
	2071-2100	65,31±5,45	-2,20±1,23	-3,3±1,9	198,4±17,5	3,1±2,4	1,6±1,2
Δυτική Ελλάδα	1961-1990	71,38±6,17			179,1±18,7		
	2021-2050	69,92±6,23	-1,46±0,46	-2,1±0,7	181,6±18,3	2,5±1,6	1,4±0,9
	2071-2100	67,96±6,18	-3,41±0,98	-4,8±1,4	184,1±16,8	5,0±2,5	2,9±1,4
Ιόνιο	1961-1990	73,16±3,56			186,9±19,7		
	2021-2050	72,84±3,72	-0,32±0,44	-0,5±0,6	188,3±19,6	1,4±0,9	0,7±0,5
	2071-2100	72,47±3,72	-0,69±0,72	-1,0±1,0	189,6±19,5	2,7±2,0	1,5±1,0
Δυτική Πελοπόννησος	1961-1990	70,55±5,2			189,9±19,3		
	2021-2050	69,25±5,27	-1,29±0,35	-1,9±0,5	192,2±19,0	2,2±1,3	1,2±0,7
	2071-2100	67,45±5,26	-3,09±0,94	-4,4±1,4	194,5±18,0	4,5±2,2	2,5±1,2
Επικράτεια	1961-1990	71,40±3,71			191,1±18,8		
	2021-2050	70,61±3,70	-0,79±0,25	-1,1±0,4	192,4±18,8	1,3±1,0	0,7±0,5
	2071-2100	69,78±3,42	-1,62±0,73	-2,3±1,0	193,8±18,7	2,7±2,1	1,5±1,0

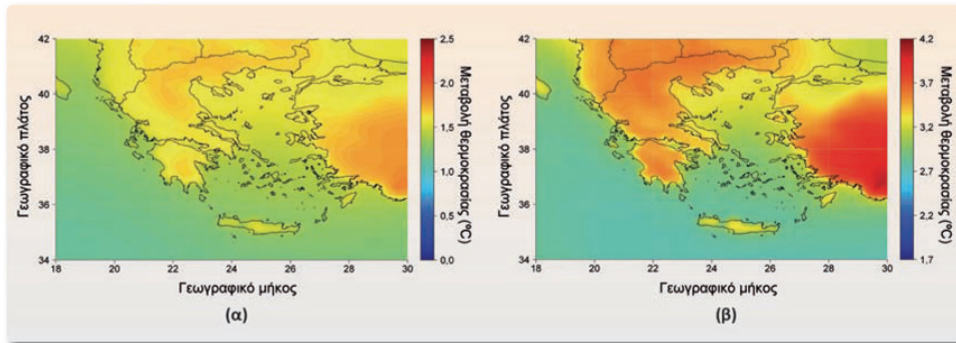
* Οι μικρές διαφορές ως προς τις εκτιμήσεις των κλιματικών παραμέτρων στην περίοδο αναφοράς 1961-1990 για τα διαφορετικά σενάρια εκπομπών οφείλονται στο ότι οι κλιματικές παράμετροι υπολογίζονται από διαφορετικά σύνολα κλιματικών προσομοιώσεων για τα διαφορετικά σενάρια.

Πίνακας 5γ

Μέσες τιμές για τριακονταετίες 1961-1990*, 2021-2050 και 2071-2100 και η τυπική απόκλιση 12 RCMs από το πρόγραμμα ENSEMBLES, SRES A1B των κλιματικών παραμέτρων: μέση θερμοκρασία αέρα στα 2 μ. από την επιφάνεια (T, °C), βροχόπτωση (B, χλστ./έτος), σχετική υγρασία στα 2 μ. από την επιφάνεια (V, %), κλάσμα νεφοκάλυψης (C, %), εισερχόμενη ολική μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία στην επιφάνεια (S, W/τετρ. μ.), ταχύτητα ανέμου (V, μ./δευτ.) και μεταβολές των παραμέτρων αυτών μεταξύ των περιόδων 2071-2100 και 1961-1990 και μεταξύ των περιόδων 2021-2050 και 1961-1990

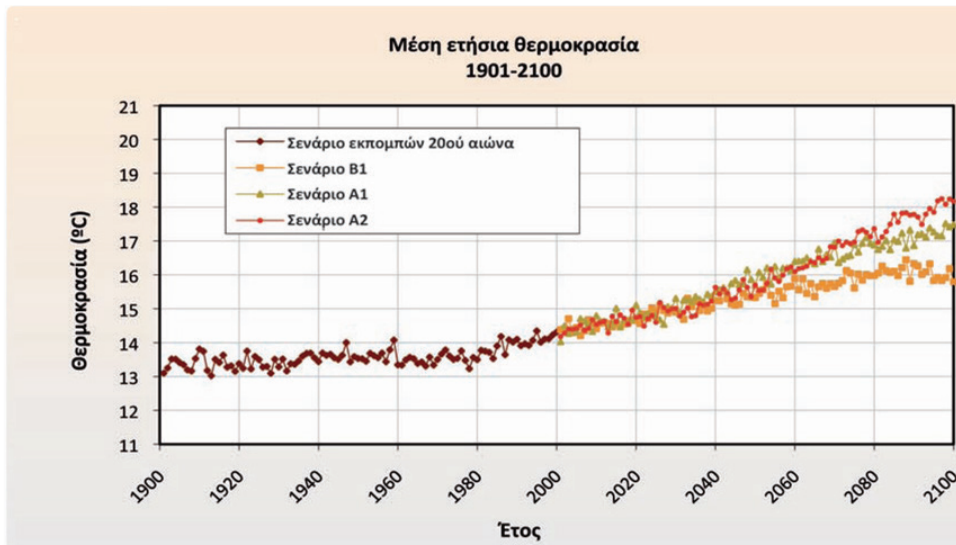
Κλιματικές περιοχές	Περίοδοι	S	ΔS	(%)	V	ΔV	(%)
Δυτική-Κεντρική Μακεδονία	1961-1990	2,90±0,83			41,4±8,3		
	2021-2050	2,88±0,81	-0,01±0,04	-0,4±1,2	39,2±8,0	-2,2±0,6	-5,3±1,3
	2071-2100	2,82±0,77	-0,07±0,09	-2,1±2,7	36,7±7,8	-4,7±1,2	-11,4±3,0
Ανατολική Μακεδονία-Θράκη	1961-1990	3,54±0,86			41,7±7,5		
	2021-2050	3,56±0,86	0,02±0,03	0,5±0,9	39,4±7,3	-2,2±0,5	-5,4±1,3
	2071-2100	3,57±0,82	0,02±0,08	0,9±2,0	36,9±7,1	-4,8±1,1	-11,6±3,0
Βόρειο Αιγαίο	1961-1990	6,21±0,96			39,2±5,9		
	2021-2050	6,26±0,95	0,05±0,08	0,8±1,4	37,0±5,7	-2,1±0,6	-5,5±1,7
	2071-2100	6,38±0,96	0,18±0,18	2,9±2,9	34,7±5,7	-4,5±1,1	-11,7±3,1
Κυκλάδες	1961-1990	6,51±1,24			36,5±6,3		
	2021-2050	6,51±1,24	0,01±0,06	0,1±0,9	34,2±6,4	-2,3±0,6	-6,4±2,0
	2071-2100	6,64±1,28	0,13±0,12	2,0±1,8	31,8±6,4	-4,7±1,0	-13,2±3,8
Ανατολικό Αιγαίο	1961-1990	5,74±1,13			35,6±5,5		
	2021-2050	5,75±1,11	0,01±0,05	0,3±1,1	33,3±5,4	-2,3±0,5	-6,5±1,5
	2071-2100	5,87±1,13	0,13±0,12	2,4±2,0	30,8±5,3	-4,8±1,1	-13,7±3,7
Δωδεκάνησα	1961-1990	6,08±0,69			34,6±7,4		
	2021-2050	6,03±0,65	-0,05±0,11	-0,8±1,8	32,2±7,4	-2,4±0,5	-7,2±2,0
	2071-2100	6,01±0,62	-0,07±0,18	-1,1±2,9	29,7±7,5	-4,9±1,1	-14,7±5,0
Κρήτη	1961-1990	4,61±1,25			36,6±5,9		
	2021-2050	4,59±1,24	-0,02±0,04	-0,3±0,9	34,1±5,5	-2,5±0,7	-6,8±1,6
	2071-2100	4,64±1,23	0,04±0,08	0,9±1,7	31,4±5,2	-5,2±1,4	-14,2±3,2
Κεντρική-Ανατολική Ελλάδα	1961-1990	3,47±1,08			37,9±7,5		
	2021-2050	3,47±1,07	0,00±0,03	0,1±0,8	35,8±7,1	-2,1±0,6	-5,6±1,5
	2071-2100	3,46±1,04	-0,01±0,06	0,2±1,8	33,5±6,8	-4,4±1,2	-11,6±3,1
Αττική	1961-1990	3,73±1,15			36,9±7,0		
	2021-2050	3,75±1,14	0,02±0,03	0,5±0,8	34,7±6,6	-2,2±0,7	-6,0±1,8
	2071-2100	3,80±1,14	0,07±0,07	2,2±1,9	32,5±6,3	-4,4±1,3	-12,0±3,4
Ανατολική Πελοπόννησος	1961-1990	4,16±1,27			35,3±6,7		
	2021-2050	4,15±1,27	0,00±0,04	-0,1±0,9	33,1±6,3	-2,2±0,7	-6,2±1,9
	2071-2100	4,18±1,27	0,02±0,11	0,6±2,2	30,9±6,1	-4,4±1,3	-12,6±3,7
Δυτική Ελλάδα	1961-1990	3,09±1,11			44,9±7,9		
	2021-2050	3,06±1,10	-0,04±0,04	-1,1±1,3	42,4±7,6	-2,5±0,8	-5,7±1,6
	2071-2100	3,01±1,07	-0,09±0,07	-2,5±1,7	39,4±7,6	-5,5±1,1	-12,4±2,9
Ιόνιο	1961-1990	4,95±0,86			40,6±6,0		
	2021-2050	4,88±0,84	-0,07±0,06	-1,3±1,1	38,3±6,0	-2,3±0,7	-5,8±1,8
	2071-2100	4,78±0,80	-0,17±0,09	-3,4±1,4	35,5±5,9	-5,1±1,0	-12,9±2,9
Δυτική Πελοπόννησος	1961-1990	3,60±1,09			40,8±7,0		
	2021-2050	3,57±1,08	-0,03±0,04	-0,8±1,1	38,3±6,7	-2,5±0,8	-6,2±1,9
	2071-2100	3,53±1,06	-0,07±0,07	-2,0±1,6	35,4±6,6	-5,5±1,1	-13,6±3,1
Επικράτεια	1961-1990	5,02±0,87			38,0±5,8		
	2021-2050	5,00±0,86	-0,01±0,04	-0,3±0,9	35,8±5,7	-2,3±0,5	-6±1,4
	2071-2100	5,01±0,84	0,00±0,07	0,1±1,4	33,3±5,6	-4,8±1,0	-12,7±3,1

Διάγραμμα 7
Μεταβολές της μέσης θερμοκρασίας του αέρα μεταξύ των περιόδων
(α) 2021-2050 και 1961-1990 και (β) 2071-2100 και 1961-1990



Μέση τιμή των 12 RCMs του προγράμματος ENSEMBLES. Σενάριο A1B.

Διάγραμμα 8
Χρονική εξέλιξη της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας κατά τη χρονική περίοδο
2000-2100 για την ελληνική επικράτεια με βάση
τα Σενάρια Εκπομπών B1, A1B και A2



Μέσος όρος 10 προσομοιώσεων με AOGCMs.

Στο Διάγραμμα 7 απεικονίζονται οι μεταβολές της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας του αέρα των περιόδων 2021-2050 και 2071-2100 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς, 1961-1990, για το αμέσως ηπιότερο Σενάριο

A1B. Όπως προκύπτει από το Διάγραμμα 7, τμήμα (α), όλες οι περιοχές της Ελλάδος αναμένεται το 2021-2050 να έχουν περίπου κατά $1,5^{\circ}\text{C}$ υψηλότερες μέσες ετήσιες θερμοκρασίες. Η άνοδος της θερμοκρασίας, όπως προαναφέρθηκε, θα είναι σχετικά μεγαλύτερη κατά το θέρος και σχετικά μικρότερη κατά το χειμώνα. Τονίζεται ότι στο εγγύς μέλλον οι διαφορές ως προς τις εκτιμήσεις για τις μεταβολές της θερμοκρασίας του αέρα μεταξύ των διαφορετικών σεναρίων εκπομπών θα είναι μικρές (Διάγραμμα 8, Καψομενάκης, 2009). Κατά τη δεκαετία 2091-2100, βάσει του Σεναρίου Εκπομπών A1B, η μέση θερμοκρασία για την επικράτεια προβλέπεται ότι θα είναι υψηλότερη της αντίστοιχης την περίοδο αναφοράς κατά $3,2^{\circ}\text{C}$ το χειμώνα, κατά $4,2^{\circ}\text{C}$ το θέρος και κατά περίπου $3,5^{\circ}\text{C}$ την άνοιξη, το φθινόπωρο και για το σύνολο του έτους. Η άνοδος της θερμοκρασίας κατά τη χειμερινή περίοδο για τις διάφορες κλιματικές περιοχές της Ελλάδος κυμαίνεται μεταξύ 3°C και $3,5^{\circ}\text{C}$, όπου οι μεγαλύτερες τιμές προβλέπονται για τη Βόρεια Ελλάδα και οι μικρότερες για τα νησιά. Κατά το θέρος η αύξηση της θερμοκρασίας αναμένεται ότι θα προσεγγίσει τους $4,5-5^{\circ}\text{C}$ στις ηπειρωτικές περιοχές, ενώ αντίθετα στα νησιά δεν θα ξεπεράσει τους 4°C .

Η προβλεπόμενη άνοδος της μέσης θερμοκρασίας κατά το τέλος του 21ου αιώνα για την περίπτωση του Σεναρίου Εκπομπών B2 είναι μικρότερη περίπου κατά $1,3^{\circ}\text{C}$ σε σύγκριση με την αντίστοιχη άνοδο για το Σενάριο Εκπομπών A2. Η διαφορά αυτή είναι μικρότερη το χειμώνα και την άνοιξη (1°C) και μεγαλύτερη το φθινόπωρο ($1,5^{\circ}\text{C}$) και το θέρος ($1,7^{\circ}\text{C}$).

Τέλος, η άνοδος της θερμοκρασίας βάσει του Σεναρίου B1 προβλέπεται να είναι πιο ήπια σε σύγκριση με τα υπόλοιπα σενάρια που μελετήθηκαν. Πιο συγκεκριμένα, η μέση θερμοκρασία του αέρα για την επικράτεια κατά τη δεκαετία 2091-2100 προβλέπεται ότι θα είναι υψηλότερη της αντίστοιχης της περιόδου αναφοράς κατά 2°C το χειμώνα, κατά $2,2^{\circ}\text{C}$ την άνοιξη, κατά 3°C το θέρος και κατά $2,4^{\circ}\text{C}$ το φθινόπωρο και κατά το σύνολο του έτους. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων

προκύπτει ότι οι διαφορές της μεταβολής της θερμοκρασίας μεταξύ των διαφορετικών κλιματικών περιοχών είναι μικρότερες για την περίπτωση του Σεναρίου B1 συγκριτικά με τα υπόλοιπα υπό μελέτη σενάρια εκπομπών.

Τονίζεται ότι η τάση της θερμοκρασίας και για τα τέσσερα υπό μελέτη σενάρια εκπομπών είναι ανοδική σε ολόκληρο τον 21ο αιώνα. Ειδικότερα για την περίοδο 2071-2100 η τάση αυτή είναι εντονότερη για τη περίπτωση των Σεναρίων A2 (0,5 T/δεκαετία) και A1B (0,4 T/δεκαετία), πιο ήπια για την περίπτωση του Σεναρίου B2 (0,25 T/δεκαετία) και ακόμα ηπιότερη για την περίπτωση του Σεναρίου B1, το οποίο είναι και το μοναδικό σενάριο βάσει του οποίου η τάση αύξησης της θερμοκρασίας προς το τέλος του 21ου αιώνα επιβραδύνεται (0,1 T/δεκαετία). Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια η διαφορά ως προς την προβλεπόμενη αύξηση της θερμοκρασίας μεταξύ των τεσσάρων σεναρίων να λαμβάνει τη μεγαλύτερη τιμή της στα τελευταία χρόνια του 21ου αιώνα, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 8.

Βροχόπτωση

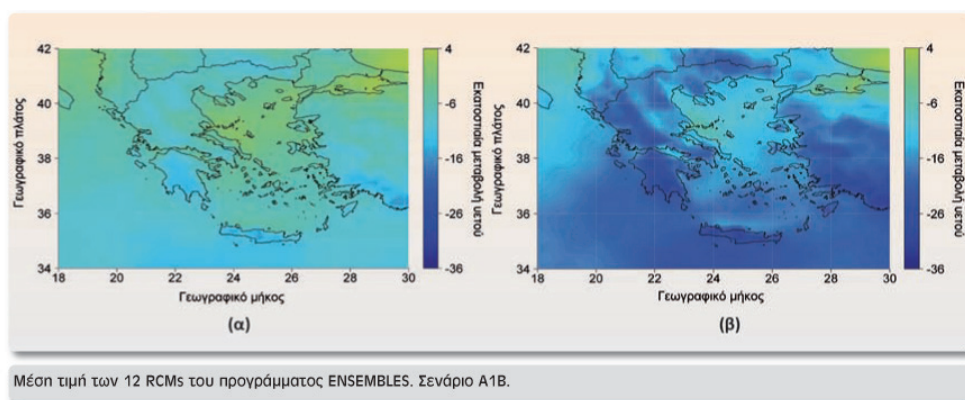
Με βάση τα αποτελέσματα των κλιματικών προσομοιώσεων, ο υετός που κατακρημνίζεται κατά τη διάρκεια του έτους θα μειωθεί στο μέλλον στο σύνολο της ελληνικής επικράτειας για την περίπτωση και των τριών σεναρίων εκπομπών για τα οποία έγιναν εκτιμήσεις της μεταβολής του. Η μείωση του υετού εκτιμάται ότι θα είναι ιδιαίτερα σημαντική για την περίπτωση των Σεναρίων A2 και A1B και πιο ήπια για την περίπτωση του Σεναρίου B2.

Στην περίπτωση του Σεναρίου A2, το ύψος του υετού ανά την επικράτεια αναμένεται ότι κατά την περίοδο 2071-2100 θα μειωθεί σε σχέση με την περίοδο αναφοράς κατά 16% το χειμώνα, κατά 19% την άνοιξη, κατά 47% το θέρος, κατά 10% το φθινόπωρο και κατά 17% για το έτος συνολικά. Η εκατοστιαία μείωση του μέσου ετήσιου υετού εκτιμάται ότι θα είναι μεγαλύτερη στα δυτικά ηπειρωτικά και την Ανατολική Πελοπόννησο, όπου θα ξεπεράσει το 20%, ενώ στις υπόλοιπες περιοχές της

Ελλάδος εκτός του Βόρειου Αιγαίου η μείωσή του θα κυμανθεί μεταξύ 15% και 20% και στο Βόρειο Αιγαίο δεν αναμένεται να ξεπεράσει το 10%. Κατά το χειμώνα, εποχή κατά την οποία καταγράφεται το μεγαλύτερο ύψος υετού στην Ελλάδα, η μεγαλύτερη εκατοστιαία μείωση του υετού αναμένεται να σημειωθεί στα ανατολικά ηπειρωτικά τμήματα, τη Δυτική Πελοπόννησο και το Νότιο Αιγαίο και να ξεπεράσει το 18%. Αντίθετα, στο Βόρειο Αιγαίο η μείωση της βροχόπτωσης θα είναι μικρότερη από 8%, ενώ στις υπόλοιπες περιοχές η μείωσή της θα κυμανθεί μεταξύ 9% και 12%. Η εκατοστιαία μείωση της βροχόπτωσης λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της κατά το θέρος, και στο μεγαλύτερο μέρος της Ελλάδος ξεπερνά το 40%. Ωστόσο, σε απόλυτους αριθμούς η μείωση του υετού κατά το θέρος θα είναι μικρή, με εξαίρεση τη Βόρεια Ελλάδα, επειδή και σήμερα το ύψος της βροχής κατά το θέρος στην Ελλάδα (με εξαίρεση τα βόρεια ηπειρωτικά) είναι μικρό έως ελάχιστο. Κατά την άνοιξη στο μεγαλύτερο μέρος της Ελλάδος το ύψος του υετού θα μειωθεί σε ποσοστό μεγαλύτερο του 20%, ενώ και στην υπόλοιπες περιοχές η μείωσή του θα προσεγγίσει το 15%. Τέλος κατά το φθινόπωρο σημαντική μείωση του υετού, σε ποσοστό μεγαλύτερο του 18%, αναμένεται στη Δυτική Ελλάδα, τη Δυτική Πελοπόννησο και την Ανατολική Μακεδονία - Θράκη.

Διάγραμμα 9

Εκατοστιαίες μεταβολές του μέσου ετήσιου ύψους του υετού μεταξύ των περιόδων (α) 2021-2050 και 1961-1990, (β) 2071-2100 και 1961-1990



Στο Διάγραμμα 9 απεικονίζονται οι εκατοστιαίες μεταβολές του μέσου ετήσιου ύψους του υετού των περιόδων 2021-2050 και 2071-2100 σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς για την περίπτωση του Σεναρίου A1B. Το ύψος του υετού στην επικράτεια κατά την περίοδο 2021-2050 θα μειωθεί σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς περίπου κατά 5% (Πίνακας 5α πιο πάνω). Η εκατοστιαία μείωση του μέσου ετήσιου υετού κατά την περίοδο 2021-2050 προβλέπεται ότι θα είναι μεγαλύτερη στην Κρήτη και στην Πελοπόννησο, όπου θα προσεγγίσει το 15%, ενώ στις υπόλοιπες περιοχές της Ελλάδος θα κυμανθεί μεταξύ 5% και 10% και στο Βόρειο Αιγαίο θα παρουσιάσει μικρή αύξηση (Διάγραμμα 9, τμήμα α). Μεγαλύτερη θα είναι η μείωση του υετού που κατακρημνίζεται ανά την επικράτεια κατά το τέλος του 21ου αιώνα. Πιο συγκεκριμένα, για την Ελλάδα ως σύνολο το μέσο ύψος του υετού κατά την περίοδο 2071-2100 (για την περίπτωση του Σεναρίου Εκπομπών A1B) προβλέπεται ότι θα μειωθεί κατά 16% το χειμώνα, κατά 26,5% την άνοιξη, κατά 37% το θέρος, κατά 12,5% το φθινόπωρο και κατά 19% για το σύνολο του έτους. Η εκατοστιαία μείωση του μέσου ετήσιου υετού προβλέπεται ότι θα είναι μεγαλύτερη στην Κρήτη και στην Πελοπόννησο, όπου θα προσεγγίσει το 25%, ενώ στις υπόλοιπες περιοχές της Ελλάδος θα είναι ίση με περίπου 20% και στο Βόρειο Αιγαίο θα είναι μικρότερη από 15% (Διάγραμμα 9, τμήμα β). Κατά το χειμώνα η μεγαλύτερη εκατοστιαία μείωση του υετού αναμένεται στην νότια νησιωτική Ελλάδα και την Πελοπόννησο και θα ξεπεράσει το 20%. Στη Δυτική Ελλάδα, το Ιόνιο και τα νησιά του Ανατολικού Αιγαίου ο υετός αναμένεται ότι θα μειωθεί περίπου κατά 15%, ενώ στις υπόλοιπες περιοχές η εκατοστιαία μείωσή του ισούται περίπου με 10%. Κατά το θέρος η εκατοστιαία μείωση του υετού θα προσεγγίσει ή και θα ξεπεράσει το 40% στο μεγαλύτερο μέρος της Ελλάδος, ενώ ακόμα και στο Βόρειο Αιγαίο, για το οποίο προβλέπεται η μικρότερη εκατοστιαία μείωση του υετού, το ύψος του θα μειωθεί σε ποσοστό μεγαλύτερο από 20%. Κατά την άνοιξη στο μεγαλύτερο μέρος της Ελλάδος η βροχόπτωση

θα μειωθεί σε ποσοστό άνω του 20%. Τέλος κατά το φθινόπωρο η σημαντικότερη εκατοστιαία μείωση της βροχόπτωσης προβλέπεται για την Κρήτη και τη Δυτική Πελοπόννησο, όπου θα φθάσει το 20%, ενώ στον αντίποδα, στην Κεντρική - Ανατολική Ελλάδα και το Βόρειο Αιγαίο, η μείωσή της δεν θα ξεπεράσει το 7%.

Στην περίπτωση του Σεναρίου B2 η μείωση της βροχόπτωσης κατά την περίοδο 2071-2100, σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς, θα είναι μικρότερη. Το χειμώνα και την άνοιξη, σημαντική μείωση του υετού, περίπου κατά 10%, προβλέπεται μόνο για τη Νότια Ελλάδα. Κατά το φθινόπωρο το ύψος του υετού θα μειωθεί σημαντικά μόνο στη Δυτική Ελλάδα (περίπου κατά 8%), ενώ αντίθετα στη νησιωτική Ελλάδα η βροχόπτωση προβλέπεται ότι θα αυξηθεί μέχρι και κατά 10%. Τέλος, κατά το θέρος η βροχόπτωση θα μειωθεί σημαντικά σε όλη την Ελλάδα. Πάντως, σε απόλυτους αριθμούς, η μείωση του υετού το θέρος θα είναι αξιόλογη μόνο στη Βόρεια Ελλάδα.

Σχετική υγρασία στα 2 μέτρα από την επιφάνεια

Η μέση ετήσια τιμή της σχετικής υγρασίας αναμένεται ότι θα μειωθεί στην Ελλάδα στην περίπτωση των Σεναρίων Εκπομπών A2, A1B και B2. Οι εκτιμώμενες μεταβολές βάσει του Σεναρίου B2 είναι πολύ ηπιότερες σε σύγκριση με το Σενάριο A2, ενώ οι μεταβολές της σχετικής υγρασίας για την περίπτωση του Σεναρίου A1B λαμβάνουν τιμές μεταξύ εκείνων που προβλέπονται για τα Σενάρια A2 και B2. Επιπρόσθετα, από τις προσομοιώσεις προκύπτει ότι και για τα τρία σενάρια εκπομπών οι μεταβολές της σχετικής υγρασίας είναι πολύ ηπιότερες στις νησιωτικές σε σχέση με τις ηπειρωτικές κλιματικές περιοχές. Επίσης είναι κατά πολύ ηπιότερες στο εγγύς μέλλον σε σύγκριση με το τέλος του 21ου αιώνα.

Πιο συγκεκριμένα, προβλέπεται, βάσει του πλέον ακραίου υπό μελέτη Σεναρίου Εκπομπών A2, ότι η μέση ετήσια τιμή της σχετικής υγρασίας θα μειωθεί την περίοδο 2091-2100 κατά 4,5% σε σύγκριση με την περίοδο

αναφοράς 1961-1990, στην Ελλάδα ως σύνολο. Η εκατοστιαία μείωση της μέσης ετήσιας τιμής της σχετικής υγρασίας στα δυτικά και βόρεια ηπειρωτικά τμήματα της Ελλάδος θα προσεγγίσει το 10%, στα υπόλοιπα ηπειρωτικά θα κυμανθεί μεταξύ 6% και 8%, ενώ στα νησιά θα είναι μικρότερη και δεν θα ξεπεράσει το 4%. Το χειμώνα η σχετική υγρασία εκτιμάται ότι θα ελαττωθεί κατά 6% έως 8% στις ηπειρωτικές περιοχές, με εξαίρεση τη Δυτική Πελοπόννησο, για την οποία προβλέπεται μικρότερη μείωση (3,5%), ενώ ακόμα μικρότερη μείωση προβλέπεται στις νησιωτικές περιοχές. Η μεγαλύτερη εκατοστιαία μείωση της σχετικής υγρασίας προβλέπεται κατά το θέρος. Πιο συγκεκριμένα, η μείωση στα δυτικά και βόρεια ηπειρωτικά θα ξεπεράσει το 20%, στα υπόλοιπα ηπειρωτικά θα προσεγγίσει το 15%, ενώ στον αντίποδα, στις νησιωτικές περιοχές, θα κυμανθεί μεταξύ 3% και 7%. Και κατά την άνοιξη η μείωση της σχετικής υγρασίας θα είναι μεγαλύτερη στη Δυτική και Βόρεια Ελλάδα, όπου θα προσεγγίσει το 10%, στις υπόλοιπες ηπειρωτικές περιοχές θα είναι περίπου ίση με 8%, ενώ στα νησιά θα είναι μικρότερη του 5%. Τέλος, για το φθινόπωρο οι εκτιμώμενες μεταβολές της σχετικής υγρασίας είναι παρόμοιες με αυτές για το χειμώνα.

Η μεγαλύτερη εκατοστιαία μείωση της σχετικής υγρασίας και για την περίπτωση του Σεναρίου A1B προβλέπεται κατά το θέρος. Πιο συγκεκριμένα, η μέση τιμή θέρους της σχετικής υγρασίας κατά την περίοδο 2091-2100 προβλέπεται ότι θα μειωθεί κατά 12% στα δυτικά και βόρεια ηπειρωτικά τμήματα της Ελλάδος, κατά 6% έως 8% στα υπόλοιπα ηπειρωτικά και κατά 3% έως 5% στις νησιωτικές περιοχές. Το χειμώνα αντίθετα, η σχετική υγρασία εκτιμάται ότι δεν θα μεταβληθεί σημαντικά στην ευρύτερη περιοχή της Ελλάδος. Κατά την άνοιξη η μέση τιμή της σχετικής υγρασίας προβλέπεται ότι θα ελαττωθεί κατά 6% στις ηπειρωτικές περιοχές, κατά 4% στα νησιά του Βόρειου και του Ανατολικού Αιγαίου και την Κρήτη και σε ποσοστό μικρότερο του 2% στις υπόλοιπες νησιωτικές περιοχές. Τέλος, το φθινόπωρο η σχετική υγρασία θα παρουσιάσει μικρή

μείωση στα δυτικά και βόρεια ηπειρωτικά, ενώ στις υπόλοιπες περιοχές δεν θα μεταβληθεί σημαντικά.

Στην περίπτωση του Σεναρίου B2, οι μεταβολές της σχετικής υγρασίας σε εποχική και ετήσια βάση είναι μικρές, με μοναδική εξαίρεση τη θερινή περίοδο, κατά την οποία προβλέπεται σημαντική μείωση της σχετικής υγρασίας στην ηπειρωτική Ελλάδα (έως και 10%).

Η μείωση της σχετικής υγρασίας οφείλεται εν μέρει στην αύξηση της θερμοκρασίας, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ειδικής υγρασίας κορεσμού. Έτσι, στην περίπτωση που δεν είναι δυνατόν να αυξηθεί το περιεχόμενο της ατμόσφαιρας σε υδρατμούς, κάτι το οποίο συμβαίνει στις ηπειρωτικές περιοχές, ιδίως κατά το θέρος, η μέση τιμή της σχετικής υγρασίας μειώνεται.

Νεφοκάλυψη

Οι κλιματικές προσομοιώσεις με βάση και τα τρία υπό μελέτη σενάρια εκπομπών δείχνουν ως αποτέλεσμα τη μείωση της νεφοκάλυψης στην Ελλάδα για τις προσεχείς δεκαετίες σε σύγκριση με την περίοδο αναφοράς 1961-1990. Η μείωση της νεφοκάλυψης προβλέπεται ότι θα είναι εντονότερη στην περίπτωση του Σεναρίου A2 και ηπιότερη στην περίπτωση του Σεναρίου B2.

Εκτιμάται ότι η εκατοστιαία μείωση της μέσης ετήσιας νεφοκάλυψης μεταξύ της δεκαετίας 2091-2100 και της περιόδου αναφοράς για την επικράτεια θα είναι ίση με 16% και 8% για τα Σενάρια A2 και B2, αντίστοιχα. Σημειώνεται ότι η χωρική κατανομή της μεταβολής της μέσης ετήσιας τιμής της νεφοκάλυψης προβλέπεται ότι θα είναι ομοιόμορφη και για τα δύο σενάρια εκπομπών. Η εκατοστιαία μείωση της νεφοκάλυψης κατά το χειμώνα για τις διάφορες κλιματικές περιοχές της Ελλάδος κυμαίνεται μεταξύ 10% και 14% για το Σενάριο A2 και μεταξύ 4% και 8% για το Σενάριο B2. Παρόμοια αποτελέσματα με το χειμώνα προκύπτουν για την άνοιξη. Η εκατοστιαία μείωση της νεφοκάλυψης λαμβάνει τη μέγιστη

τιμή της κατά το θέρους και είναι ίση με 36% και 20%, αντίστοιχα, για τα Σενάρια A2 και B2 για το σύνολο της Ελλάδος. Ωστόσο, σε απόλυτους αριθμούς η μεταβολή της νεφοκάλυψης κατά το θέρους είναι μικρή, με εξαίρεση τις δυτικές και βόρειες περιοχές της Ελλάδος, επειδή και σήμερα η νεφοκάλυψη είναι μικρή κατά το θέρους. Τέλος, κατά το φθινόπωρο το κλάσμα νεφοκάλυψης για το σύνολο της Ελλάδος αναμένεται να μειωθεί σε ποσοστό 14% και 7% για τα Σενάρια A2 και B2 αντίστοιχα.

Η νεφοκάλυψη αναμένεται ότι θα ελαττωθεί στο μέλλον και στην περίπτωση του Σεναρίου Εκπομπών A1B. Εν γένει η εκατοστιαία μείωση του μέσου κλάσματος νεφοκάλυψης στις διάφορες κλιματικές περιοχές λαμβάνει τιμές μεταξύ εκείνων που προβλέπονται για τα Σενάρια A2 και B2.

Εισερχόμενη στην επιφάνεια της γης ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των υπό μελέτη προσομοιώσεων, η εισερχόμενη ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος που φθάνει στην επιφάνεια θα παρουσιάσει μικρή αύξηση στην Ελλάδα βάσει των Σεναρίων Εκπομπών A2, A1B και B2. Σημειώνεται ότι η αύξηση αυτή σχετίζεται έως ένα βαθμό με την εκτιμώμενη μείωση την νεφοκάλυψης.

Στην περίπτωση του Σεναρίου Εκπομπών A2, προβλέπεται ότι η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια του έτους για την επικράτεια θα αυξηθεί κατά 4,5 W/τετρ. μ. την περίοδο 2091-2100 σε σύγκριση με την περίοδο ελέγχου. Στη Βόρεια Ελλάδα αναμένεται αύξηση μεγαλύτερη των 6 W/τετρ. μ., ενώ στον αντίποδα, στις νότιες νησιωτικές περιοχές, η αύξηση δεν θα ξεπεράσει τα 3 W/τετρ. μέτρο. Επίσης η αύξηση εν γένει θα είναι μεγαλύτερη στη Δυτική σε σύγκριση με την Ανατολική Ελλάδα. Κατά τη χειμερινή περίοδο η εκτιμώμενη αύξηση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας θα είναι μεγαλύτερη στις νοτιότερες περιοχές και σε ορισμένες περιπτώσεις θα φθάσει τα 5 W/τετρ. μ., ενώ στις

βόρειες περιοχές θα είναι μικρότερη και δεν θα ξεπεράσει τα 3 W/τετρ. μέτρο. Το θέρος η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία προβλέπεται ότι για την Ελλάδα ως σύνολο θα αυξηθεί κατά 3,5 W/τετρ. μέτρο. Η σημαντικότερη αύξηση κατά το θέρος προβλέπεται στη Δυτική και τη Βόρεια Ελλάδα (8-10 W/τετρ. μ.), ενώ στον αντίποδα, στις νότιες νησιωτικές περιοχές, η εν λόγω ακτινοβολία δεν θα μεταβληθεί σημαντικά. Η εντονότερη αύξηση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας για την Ελλάδα ως σύνολο προβλέπεται κατά την άνοιξη και θα είναι ίση με 9 W/τετρ. μέτρο. Η αύξηση κατά την άνοιξη εκτιμάται ότι θα είναι μεγαλύτερη στη Δυτική Ελλάδα (15 W/τετρ. μ.), ενώ και στις υπόλοιπες δυτικές και βόρειες περιοχές της χώρας η αύξηση θα ξεπεράσει τα 10 W/τετρ. μέτρο. Στην υπόλοιπη Ελλάδα η αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας θα κυμανθεί μεταξύ 6,5 W/τετρ. μ. και 9 W/τετρ. μέτρο. Τέλος, κατά το φθινόπωρο προβλέπεται η συγκριτικά μικρότερη αύξηση της εισερχόμενης μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας (2 W/τετρ. μ. για την Ελλάδα ως σύνολο).

Για την περίπτωση του Σεναρίου Εκπομπών A1B, η μέση ετήσια τιμή της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια για την Ελλάδα ως σύνολο προβλέπεται ότι την περίοδο 2091-2100 θα αυξηθεί κατά 2,4 W/τετρ. μέτρο. Η αύξηση θα κυμανθεί στις διάφορες περιοχές της Ελλάδος μεταξύ 2 W/τετρ. μ. και 4,5 W/τετρ. μ., όπου οι μεγαλύτερες τιμές θα αντιστοιχούν στη Δυτική Ελλάδα και οι μικρότερες στις Κυκλάδες, το Ανατολικό Αιγαίο και τα Δωδεκάνησα. Κατά τη χειμερινή περίοδο η αύξηση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας στο μεγαλύτερο τμήμα της Ελλάδος θα κυμανθεί μεταξύ 3 W/τετρ. μ. και 5 W/τετρ. μ., εκτός της Βορείου Ελλάδος, όπου δεν αναμένεται να ξεπεράσει τα 2,5 W/τετρ. μέτρο. Το θέρος η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στην επιφάνεια δεν αναμένεται να μεταβληθεί σημαντικά για την Ελλάδα ως σύνολο. Η μεγαλύτερη αύξηση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας για τη χώρα ως σύνολο προβλέπεται κατά την άνοιξη και θα είναι ίση με 10 W/τετρ. μέτρο. Η αύξηση θα είναι εντονότερη στα δυτικά ηπειρωτικά τμήματα, όπου θα

ξεπεράσει τα 13 W/τετρ. μ., ενώ και στην υπόλοιπη Ελλάδα η αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας θα είναι μεγάλη και θα κυμανθεί μεταξύ 8 W/τετρ. μ. και 11 W/τετρ. μέτρο. Τέλος κατά το φθινόπωρο η εισερχόμενη μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία προβλέπεται ότι θα μειωθεί. Η μείωση θα είναι ομοιόμορφη ανά την Ελλάδα και θα ισούται με 3 W/τετρ. μέτρο.

Στην περίπτωση του Σεναρίου Εκπομπών B2 η αύξηση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ανά την Ελλάδα είναι μικρότερη σε σύγκριση με το Σενάριο A2. Ειδικότερα, βάσει των προσομοιώσεων, προκύπτει ότι η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία για την Ελλάδα ως σύνολο κατά τη διάρκεια του έτους στο τέλος του 21ου αιώνα θα είναι μεγαλύτερη κατά 2,3 W/τετρ. μ. σε σύγκριση με την περίοδο ελέγχου. Και στην περίπτωση του Σεναρίου B2, η μέγιστη αύξηση της προσπίπτουσας στην επιφάνεια ηλιακής ακτινοβολίας προβλέπεται την άνοιξη και η ελάχιστη το φθινόπωρο. Επίσης, η μέγιστη αύξηση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας προβλέπεται στη Δυτική και τη Βόρεια Ελλάδα και η μικρότερη στις νότιες νησιωτικές περιοχές.

Ταχύτητα ανέμου

Η μέση ετήσια τιμή της ταχύτητας του ανέμου για την Ελλάδα ως σύνολο δεν αναμένεται να μεταβληθεί μεταξύ του μελλοντικού και του παρόντος κλίματος βάσει και των τριών Σεναρίων Εκπομπών (A2, A1B και B2). Εντούτοις σε συγκεκριμένες περιοχές, προς τα τέλη του 21ου αιώνα αναμένονται σημαντικές μεταβολές της ταχύτητας του ανέμου σε εποχική και ετήσια βάση.

Πιο συγκεκριμένα, για την περίπτωση του πιο ακραίου υπό μελέτη Σεναρίου A2, η μέση ετήσια τιμή της ταχύτητας του ανέμου προβλέπεται ότι θα αυξηθεί στην Ανατολική Ελλάδα, με εξαίρεση τα Δωδεκάνησα, όπου θα μείνει αμετάβλητη, ενώ, στον αντίποδα, θα μειωθεί στα δυτικά. Κατά το χειμώνα η μέση ταχύτητα του ανέμου θα μειωθεί ανά την Ελλάδα. Η μείωσή της θα είναι μεγαλύτερη στα δυτικά, όπου θα φθάσει το 7%, ενώ

στις Κυκλάδες και τα νησιά του Ανατολικού Αιγαίου δεν θα ξεπεράσει το 2%. Αντίθετα, η ταχύτητα του ανέμου για την Ελλάδα ως σύνολο εκτιμάται ότι θα αυξηθεί κατά το θέρους περίπου κατά 5%. Η αύξηση αυτή οφείλεται στην προβλεπόμενη από τα πρότυπα ενίσχυση των Ετησίων ανέμων στο Αιγαίο. Ειδικότερα, η μέση ταχύτητα του ανέμου στις Κυκλάδες και τα νησιά του Ανατολικού Αιγαίου θα αυξηθεί κατά το θέρους σε ποσοστό άνω του 10%, ενώ στις υπόλοιπες ανατολικές περιοχές εκτός των Δωδεκανήσων η αύξηση θα φθάσει περίπου το 5%. Στη Δυτική Ελλάδα και τα Δωδεκάνησα η ταχύτητα δεν θα μεταβληθεί σημαντικά. Κατά τις ενδιάμεσες εποχές, η ταχύτητα του ανέμου για την Ελλάδα ως σύνολο προβλέπεται ότι δεν θα μεταβληθεί ουσιωδώς. Ωστόσο, τόσο κατά την άνοιξη όσο και κατά το φθινόπωρο στις Κυκλάδες και τα νησιά του Ανατολικού Αιγαίου προβλέπεται αύξηση της ταχύτητας του ανέμου, η οποία πιθανώς θα οφείλεται στην αύξηση της έντασης και της συχνότητας των πρόδρομων και των μεταπόρων Ετησίων, αντίστοιχα. Στις υπόλοιπες ανατολικές περιοχές η ταχύτητα του ανέμου θα παρουσιάσει μικρή αύξηση κατά το φθινόπωρο, ενώ κατά την άνοιξη δεν θα μεταβληθεί σημαντικά. Αντίθετα, στη Δυτική Ελλάδα η ένταση των ανέμων θα μειωθεί, ιδίως κατά την άνοιξη.

Στην περίπτωση του ηπιότερου Σεναρίου B2 προβλέπεται ότι οι μεταβολές των μέσων εποχικών και της μέσης ετήσιας ταχύτητας του ανέμου στις διάφορες περιοχές της Ελλάδος θα έχουν το ίδιο πρόσημο με την περίπτωση του Σεναρίου A2 αλλά μικρότερη απόλυτη τιμή. Εξάίρεση αποτελεί η περιοχή του Αιγαίου κατά το θέρους, όπου οι μεταβολές της έντασης των Ετησίων είναι για τα δύο Σενάρια περίπου ίσες.

Τέλος, παρόμοια συμπεράσματα προκύπτουν και στην περίπτωση του ενδιάμεσου Σεναρίου A1B. Σε εποχική βάση η ταχύτητα του ανέμου για την Ελλάδα ως σύνολο θα αυξηθεί κατά το θέρους, εξαιτίας της ενίσχυσης των Ετησίων στο Αιγαίο, περίπου κατά 4%. Τονίζεται ότι, ενώ τα πρότυπα του PRUDENCE (Σενάρια A2 και B2) προβλέπουν ότι η μέγιστη ενίσχυση των

Ετησίων θα παρατηρηθεί στο Κεντρικό Αιγαίο, τα πρότυπα του ENSEMBLE (Σενάριο A1B) προβλέπουν ότι η μέγιστη ενίσχυση του ανέμου κατά το θέρος, σε ποσοστό άνω του 10%, αναμένεται στο Βόρειο Αιγαίο. Κατά το χειμώνα αντίθετα προβλέπεται ελάττωση της έντασης του ανέμου σε όλες της περιοχές της Ελλάδος, η οποία θα είναι σημαντικότερη στο Ιόνιο και τη Δυτική Ελλάδα (5%) και ασθενέστερη στην ανατολική ηπειρωτική Ελλάδα και τα νησιά του Αιγαίου (3%). Κατά τις ενδιάμεσες εποχές οι μεταβολές της ταχύτητας του ανέμου είναι αντίστοιχες αυτών που εκτιμώνται για τα Σενάρια A2 και B2. Αξίζει να σημειωθεί ότι η τάση της έντασης των Ετησίων κατά την περίοδο 2071-2100 είναι ανοδική στην περίπτωση και των τριών σεναρίων εκπομπών.

1.3. Εκτίμηση ακραίων καιρικών φαινομένων και των επιπτώσεών τους στον ελληνικό χώρο

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής ενδέχεται να είναι πιο σοβαρές εξαιτίας της αλλαγής της συχνότητας εμφάνισης ακραίων καιρικών φαινομένων παρά εξαιτίας μιας μακροχρόνιας αλλαγής στο “μέσο” κλίμα. Αυτό συμβαίνει διότι μια αλλαγή στη μέση τιμή μπορεί να επιφέρει μια δυσανάλογη και μη γραμμική επίπτωση σε περιπτώσεις ακραίων γεγονότων που ξεπερνούν κάποια στατιστικά κατώφλια αναφοράς.

Εξαιτίας της πολυπλοκότητας των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των φυσικών και κοινωνικών συστημάτων και του κλιματικού συστήματος, οι επιπτώσεις από μια κλιματική αλλαγή δεν είναι εύκολο να εκτιμηθούν και να περιγραφούν πλήρως και άμεσα. Αντ’ αυτού, χρησιμοποιούνται ως δείκτες οι παρατηρούμενες μεταβολές σε εμφανή και μετρήσιμα χαρακτηριστικά των φυσικών συστημάτων και των ανθρώπινων κοινωνιών, τα οποία παρουσιάζουν σημαντική εξάρτηση από την κλιματική αλλαγή και μπορούν να υποδηλώσουν αλλαγές στο σύνολο του συστήματος. Για

παράδειγμα, η αλλαγή στη βλαστητική περίοδο των καλλιεργειών μπορεί να θεωρηθεί ως δείκτης για την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στον αγροτικό τομέα.

Στη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα του περιοχικού κλιματικού προτύπου RACMO2, που αναπτύχθηκε στο Βασιλικό Μετεωρολογικό Ινστιτούτο της Ολλανδίας (KNMI), με διακριτική ικανότητα 0,25 μοιρών (25 χλμ. περίπου). Τα δεδομένα του προτύπου δημιουργήθηκαν στο πλαίσιο του κοινοτικού προγράμματος ENSEMBLES (www.ensembles-eu.org), όπου συμμετέχει και το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών. Το πρόγραμμα έχει ως αντικείμενο την κατασκευή προτύπων ακραίων κλιματικών φαινομένων και τη μελέτη της αβεβαιότητάς τους. Η επιλογή του συγκεκριμένου προτύπου έγινε επειδή, κατά τον έλεγχο της αξιοπιστίας των κλιματικών προτύπων με τα οποία έγιναν προσομοιώσεις στο πλαίσιο του προγράμματος ENSEMBLES, βρέθηκε ότι το RACMO2 προσομοιώνει με μεγαλύτερη ακρίβεια τα ακραία της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης. Τα δεδομένα καλύπτουν μια χρονική περίοδο 30 ετών, 1961-1990, για το παρόν κλίμα και δύο μελλοντικές χρονικές περιόδους, 2021-2050 και 2071-2100, για τη μελέτη της κλιματικής αλλαγής βάσει του Σεναρίου A1B της IPCC. Σε καθεμία από τις 13 επιλεγμένες κλιματικές περιοχές, υπολογίζονται οι αλλαγές σε σχετικούς κλιματικούς δείκτες μεταξύ κάθε μελλοντικής περιόδου (2021-2050 και 2071-2100) και της περιόδου αναφοράς (1961-1990). Το Σενάριο A1B είναι μετριοπαθές όσον αφορά στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, καθώς και στο ρυθμό της οικονομικής ανάπτυξης (Alcamo et al., 2007). Η πρώτη μελλοντική περίοδος, 2021-2050, επιλέχθηκε ειδικά για τις ανάγκες των φορέων χάραξης πολιτικής, έτσι ώστε να βοηθήσει στον προγραμματισμό τους στο εγγύς μέλλον, και η δεύτερη, 2071-2100, για να αναδείξει το εύρος των μεταβολών στο τέλος του 21ου αιώνα. Με τη χρήση δεδομένων από το πρότυπο αυτό, είναι δυνατή η μελέτη των αλλαγών των κλιματικών παραμέτρων και των δεικτών μεταξύ της παρούσας και καθεμιάς

μελλοντικής περιόδου, για τον προσδιορισμό των κλιματικών αλλαγών στις 13 κλιματικές περιοχές στις οποίες χωρίστηκε η Ελλάδα.

Μέγιστη καλοκαιρινή και ελάχιστη χειμερινή θερμοκρασία

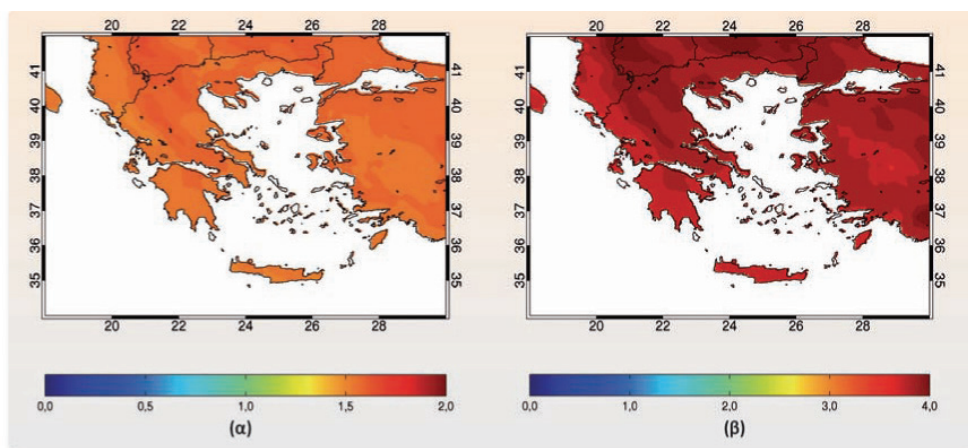
Στο Διάγραμμα 10 απεικονίζονται οι αλλαγές στη μέση ελάχιστη χειμερινή θερμοκρασία. Όλες οι περιοχές της Ελλάδος αναμένεται να έχουν περίπου κατά $1,5^{\circ}\text{C}$ το 2021-2050 και κατά $3,5^{\circ}\text{C}$ το 2071-2100 υψηλότερες ελάχιστες θερμοκρασίες το χειμώνα. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε συμφωνία με ευρήματα σε μεγάλη κλίμακα, σύμφωνα με τα οποία κατά τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί σημαντική τάση αύξησης των ελάχιστων θερμοκρασιών. Αυτή η άνοδος της θερμοκρασίας θα είναι μεγαλύτερη στις πιο ορεινές περιοχές, κυρίως στις οροσειρές της Πίνδου και της Βορείου Ελλάδος. Εκεί η αύξηση θα φθάσει τους 2°C το 2021-2050 και τους 4°C το 2071-2100.

Η άνοδος αυτής της παραμέτρου μπορεί να επηρεάσει τα δάση, που είναι συνηθισμένα σε ψυχρότερες συνθήκες. Αν οι συνθήκες γίνουν απαγορευτικές για ορισμένες κατηγορίες δασών (π.χ. δάση ελάτης), ενδέχεται αυτά να αρχίσουν να προτιμούν να αναπτύσσονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα.

Το Διάγραμμα 11 δείχνει τις μεταβολές της μέσης μέγιστης θερινής θερμοκρασίας. Οι μέσες μέγιστες θερινές θερμοκρασίες αυξάνονται περισσότερο από τις αντίστοιχες ελάχιστες χειμερινές. Αυτή η αύξηση ξεπερνά τον $1,5^{\circ}\text{C}$, φθάνοντας σε μερικές περιπτώσεις τους $2,5^{\circ}\text{C}$ για το 2021-2050. Για την περίοδο 2071-2100 η αντίστοιχη αύξηση φθάνει και τους 5°C . Οι περιοχές που επηρεάζονται περισσότερο είναι οι ηπειρωτικές, που βρίσκονται στο εσωτερικό της χώρας, μακριά από την επίδραση της θάλασσας. Αντίθετα, περιοχές που επηρεάζονται από τη θαλάσσια αύρα παρουσιάζουν σημαντικά μικρότερες μεταβολές των αντίστοιχων θερμοκρασιών (Κρήτη, νησιά Αιγαίου).

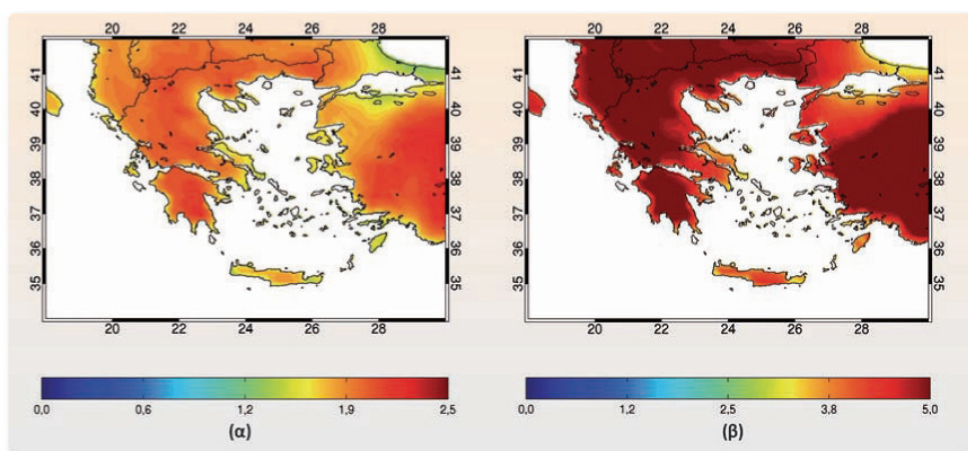
Διάγραμμα 10

Μεταβολές της μέσης ελάχιστης χειμερινής θερμοκρασίας μεταξύ (α) 2021-2050 και 1961-1990, (β) 2071-2100 και 1961-1990 (Χρωματική κλίμακα σε °C)



Διάγραμμα 11

Μεταβολές της μέσης μέγιστης θερινής θερμοκρασίας μεταξύ (α) 2021-2050 και 1961-1990, (β) 2071-2100 και 1961-1990 (Χρωματική κλίμακα σε °C)

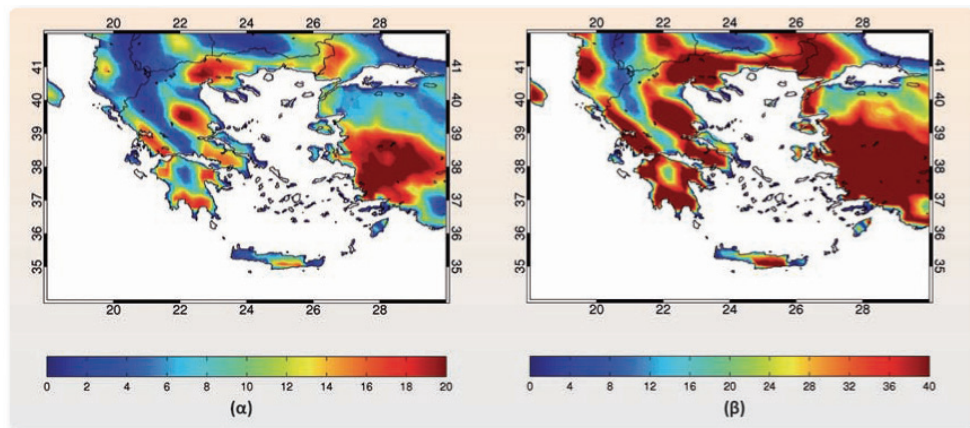


Στο Διάγραμμα 12 αποτυπώνονται οι αλλαγές στον αριθμό των ημερών, κατά τις οποίες η θερμοκρασία ξεπερνά τους 35°C. Οι αλλαγές αυτές αναμένεται να ασκήσουν σημαντική επίδραση στη δυσφορία του πληθυσμού, ιδίως στις αστικές περιοχές. Είναι εμφανές ότι σε όλη την ελληνική επικράτεια ο αριθμός των ημερών όπου η θερμοκρασία ξεπερνά τους 35°C αυξάνεται. Οι μεγαλύτερες αλλαγές παρατηρούνται στα πεδινά

ηπειρωτικά της Στερεάς Ελλάδος, της Θεσσαλίας, της Νότιας Πελοποννήσου και της Κεντρικής Μακεδονίας, όπου αναμένονται μέχρι και 20 το 2021-2050 και μέχρι 40 το 2071-2100 επιπλέον “πολύ θερμές” ημέρες σε ετήσια βάση (σε σχέση με τις “πολύ θερμές” ημέρες της περιόδου 1961-1990). Κάπως μικρότερες αλλαγές θα παρατηρηθούν στην Κρήτη και την Αττική, όπου η αύξηση του αριθμού των “πολύ θερμών” ημερών δεν θα υπερβαίνει τις 15 επιπλέον ημέρες το 2021-2050 και τις 30 επιπλέον ημέρες το 2071-2100. Στα νησιά του Αιγαίου και του Ιονίου η αύξηση των αναμενόμενων “πολύ θερμών” ημερών προβλέπεται να είναι μικρότερη, με 10 περισσότερες ημέρες το 2021-2050 και 15 επιπλέον ημέρες το 2071-2100. Αυτό είναι φυσικό λόγω της επίδρασης της παρακείμενης θάλασσας, η οποία παίζει κυρίαρχο ρόλο στο μετριασμό της έντονης ζέστης το καλοκαίρι, κυρίως εξαιτίας της ευεργετικής επίδρασης της θαλάσσιας αύρας.

Διάγραμμα 12

Μεταβολές του αριθμού των ημερών με μέγιστη θερμοκρασία >35°C μεταξύ (α) 2021-2050 και 1961-1990, (β) 2071-2100 και 1961-1990

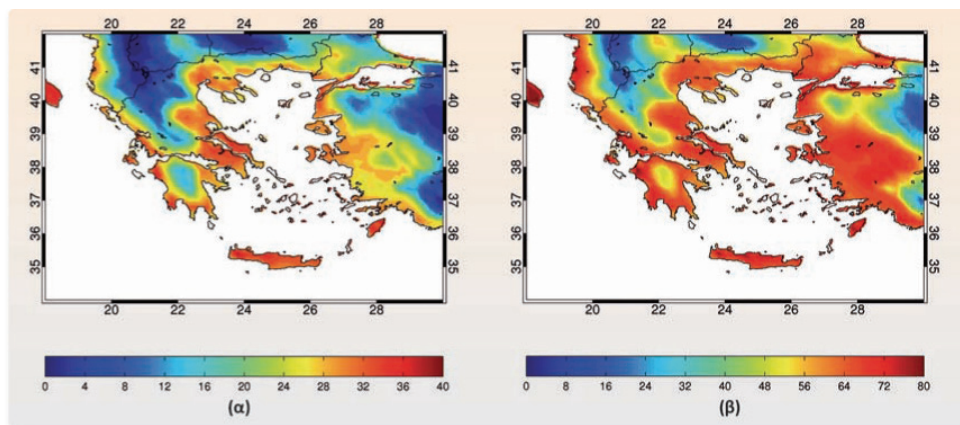


Μια επίσης σημαντική παράμετρος είναι η αλλαγή του αριθμού των θερμών νυκτών κάθε χρόνο. Ορίζονται ως θερμές (ή τροπικές) νύκτες εκείνες κατά τις οποίες η ελάχιστη θερμοκρασία ξεπερνά τους 20°C. Η παράμετρος αυτή συνδέεται στενά με την υγεία του πληθυσμού, δεδομένου

ότι μια “θερμή νύκτα” μετά από μια ημέρα καύσωνα μπορεί να οδηγήσει σε άνοδο του επιπέδου δυσφορίας των ανθρώπων. Το Διάγραμμα 13 εμφανίζει τις αλλαγές αυτής της παραμέτρου για την Ελλάδα. Οι θερμές νύκτες αυξάνονται σχεδόν παντού, αλλά οι παράκτιες και νησιωτικές περιοχές πλήττονται περισσότερο από ό,τι περιοχές στον ηπειρωτικό κορμό της χώρας. Η Κρήτη, οι παράκτιες περιοχές της Ανατολικής Ελλάδος και τα νησιά του Αιγαίου υπολογίζεται ότι θα βιώσουν, ανά έτος, 40 επιπλέον ημέρες το 2021-2050 και 80 επιπλέον ημέρες το 2071-2100 με υψηλές νυκτερινές θερμοκρασίες. Πάντως, στη Δυτική Ελλάδα και στην Ανατολική Μακεδονία και Θράκη η αύξηση θα είναι μικρότερη από 30 ημέρες το 2021-2050 και από 70 ημέρες το 2071-2100. Στη Δυτική Μακεδονία, θα σημειωθούν οι μικρότερες αυξήσεις, έως 15 ημέρες το 2021-2050 και έως 30 ημέρες το 2071-2100.

Διάγραμμα 13

Μεταβολές του αριθμού ημερών με ελάχιστη θερμοκρασία >20°C μεταξύ (α) 2021-2050 και 1961-1990, (β) 2071-2100 και 1961-1990



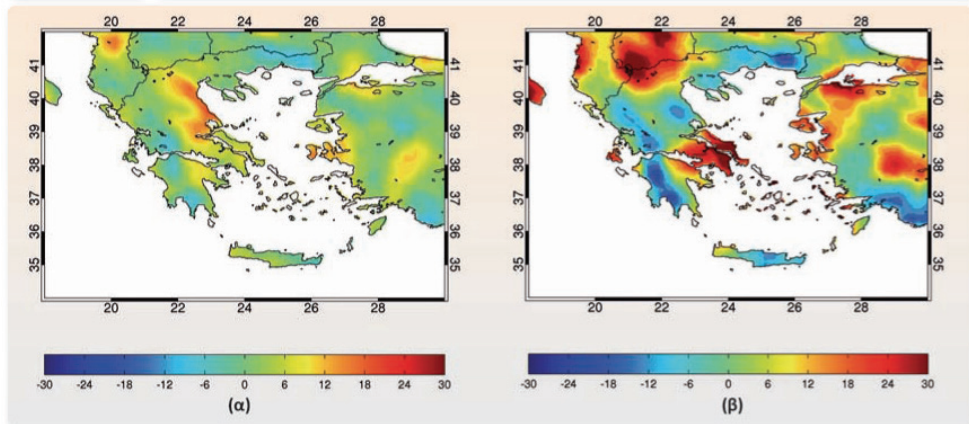
Ημέρες με βροχόπτωση και ημέρες με ξηρασία

Εκτός από τις υψηλές θερμοκρασίες που προκαλούν δυσφορία, οι αιφνίδιες πλημμύρες (flash floods) αποτελούν ένα ανησυχητικό φαινόμενο, ιδίως εάν μεταβληθεί η συχνότητά τους με την κλιματική αλλαγή. Γι’ αυτό το λόγο, στο Διάγραμμα 14 αποτυπώνονται οι εκατοστιαίες μεταβολές της

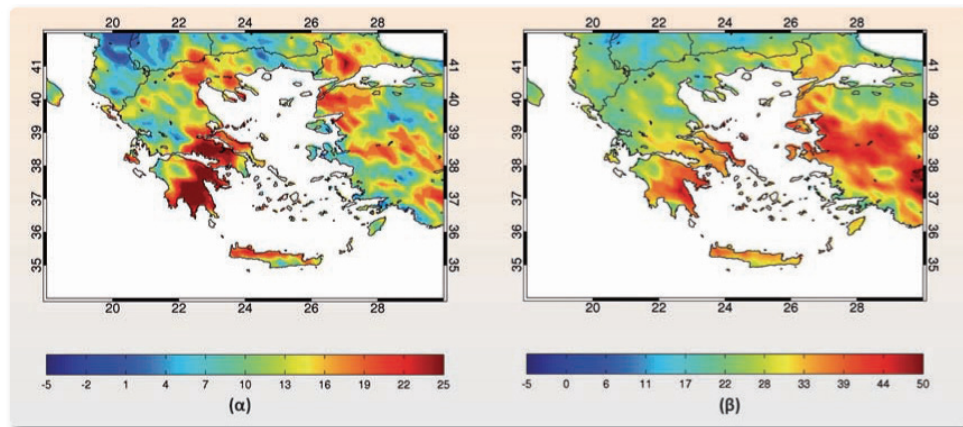
μέγιστης ποσότητας του νερού που κατακρημνίζεται σε σύντομο χρονικό διάστημα (εντός τριών συνεχών ημερών) κατά τη διάρκεια του έτους. Η αυξητική τάση αυτής της παραμέτρου, που συνδυάζεται με παράλληλη μείωση της συνολικής ετήσιας βροχόπτωσης, συνεπάγεται ότι περισσότερες και πιο ραγδαίες βροχές θα σημειώνονται σε σύντομα χρονικά διαστήματα, αυξάνοντας τον κίνδυνο πλημμυρικών φαινομένων. Το Διάγραμμα 14 παρουσιάζει ποικίλα αποτελέσματα για τις αλλαγές στη μελλοντική περίοδο 2021-2050. Ορισμένες περιοχές της Ελλάδος δεν εμφανίζουν καμία ουσιαστική μεταβολή αυτής της παραμέτρου για το 2021-2050, όπως π.χ. η Δυτική Ελλάδα, η Ανατολική Μακεδονία-Θράκη και η Κρήτη. Αντίθετα, άλλες περιοχές παρουσιάζουν σημαντικές αυξήσεις της έντασης των ακραίων βροχοπτώσεων. Ειδικότερα στην ανατολική ηπειρωτική χώρα, η συνολική ποσότητα βροχής που καταγράφεται σε διάστημα τριών ημερών αυξάνεται κατά 20% το 2021-2050. Η κατάσταση φαίνεται ότι θα αλλάξει σημαντικά μέχρι το τέλος του 21ου αιώνα. Σε περιοχές της Δυτικής Ελλάδος και της Θράκης η ποσότητα των ραγδαίων βροχοπτώσεων μειώνεται κατά 10-20%, ενώ αντίθετα στην Ανατολική Στερεά και τη Βορειοδυτική Μακεδονία η παράμετρος αυτή αυξάνεται κατά 30%. Στις υπόλοιπες περιοχές υπάρχουν μικρές αυξομειώσεις.

Στο σημείο αυτό παρουσιάζονται οι αλλαγές στη διάρκεια των περιόδων ξηρασίας, δηλαδή οι αλλαγές στη διάρκεια των συνεχών ημερών όπου οι βροχοπτώσεις είναι λιγότερες από 1 χλστ. την ημέρα. Από το Διάγραμμα 15 γίνεται φανερό ότι η διάρκεια των ξηρών περιόδων αυξάνεται. Η μικρότερη διακύμανση, λιγότερο από 10 ημέρες αύξησης, παρατηρείται στη δυτική χώρα για την περίοδο 2021-2050. Για την περίοδο 2071-2100, η Δυτική και η Βόρεια Ελλάδα θα έχουν αυξήσεις λιγότερο από 20 ημέρες. Οι μεγαλύτερες αυξήσεις παρατηρούνται στην ανατολική ηπειρωτική χώρα (Ανατολική Στερεά, Ανατολική Πελοπόννησο και Εύβοια) και τη Βόρεια Κρήτη, όπου αναμένονται περισσότερες από 20 επιπλέον ημέρες ξηρασίας μέχρι το 2021-2050 και μέχρι 40 ημέρες το 2071-2100.

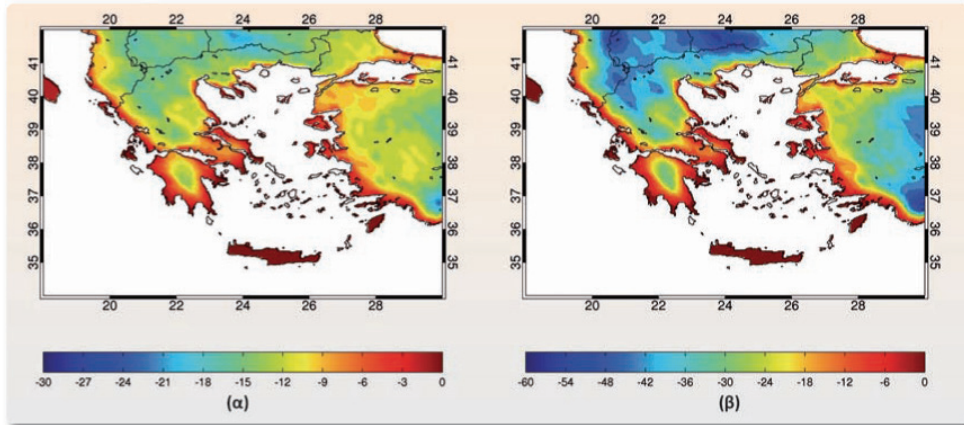
Διάγραμμα 14
Εκατοστιαία μεταβολή της συνολικής βροχόπτωσης σε διάστημα τριών
συνεχών ημερών μεταξύ (α) 2021-2050 και 1961-1990, (β) 2071-2100 και 1961-
1990



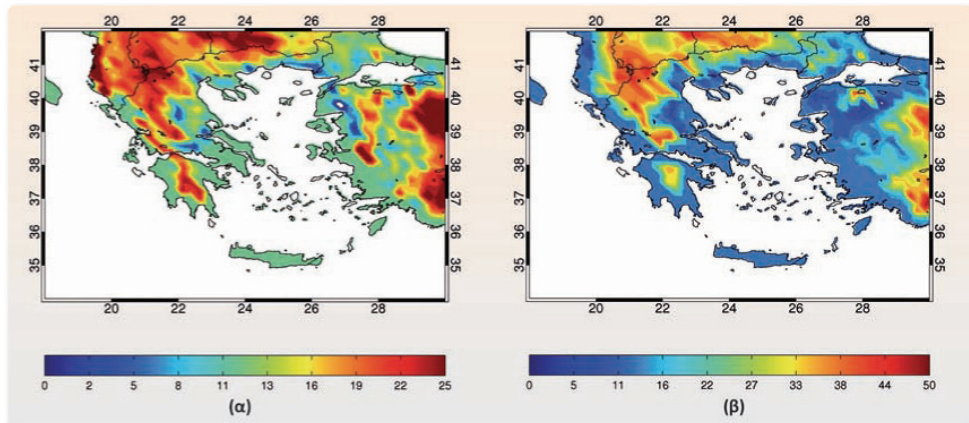
Διάγραμμα 15
Μεταβολές της μέγιστης διάρκειας της ξηρής περιόδου (σε ημέρες) μεταξύ (α)
2021-2050 και 1961-1990, (β) 2071-2100 και 1961-1990



Διάγραμμα 16
Μεταβολές του αριθμού των νυκτερινών παγετών μεταξύ (α) 2021-2050 και 1961-1990, (β) 2071-2100 και 1961-1990



Διάγραμμα 17
Μεταβολές της διάρκειας της βλαστικής περιόδου (σε ημέρες) μεταξύ (α) 2021-2050 και 1961-1990, (β) 2071-2100 και 1961-1990



Αριθμός ημερών με παγετό και βλαστική περίοδος

Στο Διάγραμμα 16 παρουσιάζονται οι αλλαγές του αριθμού των νυκτερινών παγετών ανά έτος. Η παράμετρος αυτή είναι πολύ σημαντική για τις αγροτικές περιοχές, ιδίως γι' αυτές όπου υπάρχουν ευαίσθητες καλλιέργειες, όπως είναι τα εσπεριδοειδή. Μειώσεις της τάξεως των 15 ημερών για το 2021-2050 και των 40 ημερών για το 2071-2100 είναι εμφανείς στη Μακεδονία και τη Θράκη. Μειώσεις κατά 10-15 ημέρες το

2021-2050 και κατά 25 ημέρες το 2071-2100 είναι εμφανείς στα ηπειρωτικά της Θεσσαλίας και της Πελοποννήσου. Στις υπόλοιπες περιοχές του ελλαδικού χώρου, παρατηρήθηκαν μικρότερες μειώσεις, κυρίως γιατί οι περιοχές αυτές χαρακτηρίζονται και σήμερα από μικρό αριθμό ημερών με νυκτερινό παγετό.

Επιπλέον του αριθμού των ημερών με παγετό, εξετάστηκε και η παράμετρος της βλαστητικής περιόδου, η οποία ορίζεται ως η περίοδος με ευνοϊκές συνθήκες για ανάπτυξη φυτών και καλλιεργειών και περιλαμβάνει τον αριθμό των ημερών που μεσολαβούν μεταξύ του τελευταίου ανοιξιάτικου παγετού και του πρώτου φθινοπωρινού παγετού. Στο Διάγραμμα 17 παρουσιάζονται οι αλλαγές στη διάρκεια της βλαστητικής περιόδου, η οποία παρουσιάζει αυξητικές τάσεις ως αποτέλεσμα της ενωρίτερης λήξης και βραδύτερης έναρξης των ανοιξιάτικων και φθινοπωρινών παγετών αντίστοιχα. Οι μεγαλύτερες αυξήσεις, της τάξεως των 25 ημερών για το 2021-2050 και των 45 ημερών για το 2071-2100, παρατηρούνται στον ορεινό ηπειρωτικό κορμό της χώρας μας. Στις υπόλοιπες περιοχές υπάρχουν αυξήσεις 10-15 ημερών το 2021-2050 και 15-25 ημερών το 2071-2100.

Ζήτηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη

Σχετικά με τη ζήτηση ενέργειας χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των βαθμοημερών, που ορίζονται ως η διαφορά (σε °C) της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας από μια θερμοκρασία βάσης. Ως θερμοκρασία βάσης μπορεί να οριστεί η θερμοκρασία για την οποία η κατανάλωση ενέργειας γίνεται ελάχιστη. Εάν επιλεγεί η παραπάνω θερμοκρασία, ο δείκτης των βαθμοημερών λαμβάνει θετικές τιμές για την καλοκαιρινή περίοδο και αρνητικές για τη χειμερινή. Για την αποφυγή χρήσης, συγχρόνως, θετικών και αρνητικών τιμών του δείκτη, ορίζονται και χρησιμοποιούνται δύο δείκτες: (α) οι βαθμομέρες θέρμανσης (HDD) και (β) οι βαθμομέρες ψύξης (CDD). Παρακάτω δίνονται οι μαθηματικοί τύποι υπολογισμού των

δεικτών HDD και CDD:

$$\text{HDD} = \max (T^* - T, 0)$$

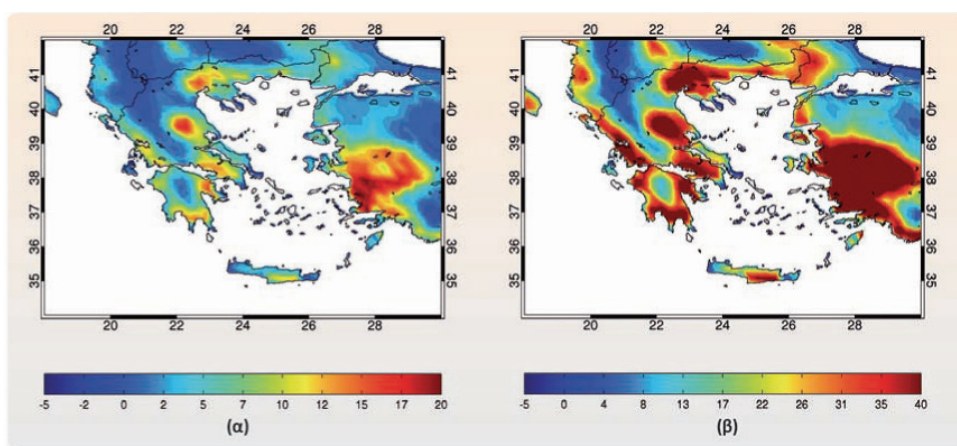
$$\text{CDD} = \max (T - T^{**}, 0)$$

όπου T^* και T^{**} είναι οι θερμοκρασίες βάσης για HDD και CDD αντίστοιχα, οι οποίες μπορούν να είναι είτε ίδιες είτε διαφορετικές, και T είναι η μέση ημερήσια θερμοκρασία, όπως αυτή υπολογίζεται από τις ημερήσιες θερμοκρασίες των περιοχικών κλιματικών προτύπων για την περίοδο αναφοράς και για τις μελλοντικές περιόδους. Ο δείκτης HDD (CDD) είναι ένα μέτρο της δριμύτητας των χειμερινών (θερινών) συνθηκών από την άποψη της υπαίθριας θερμοκρασίας ξηρού θερμομέτρου, ένδειξη των λογικών απαιτήσεων θέρμανσης (ψύξης) για τη συγκεκριμένη περιοχή. Οι ημερήσιες τιμές των HDD_i (CDD_i) συνήθως αθροίζονται για μια συγκεκριμένη περίοδο (ετήσια ή εποχική), παρέχοντας έτσι μια ένδειξη της δριμύτητας των χειμερινών (καλοκαιρινών) συνθηκών σε μια συγκεκριμένη περιοχή, σε σύγκριση με τη θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου του εξωτερικού αέρα, που με τη σειρά της αποτελεί ένα μέτρο της πιθανής συνολικής ενεργειακής ζήτησης για αισθητή θέρμανση (ψύξη) κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Στην μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν οι 15°C για τον υπολογισμό των HDD και οι 25°C για τις CDD, με βάση τη μελέτη των Giannakopoulos et al. (2009a, 2009b).

Μια σημαντική επίπτωση της κλιματικής θέρμανσης είναι η αυξανόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη το καλοκαίρι. Η αυξανόμενη ζήτηση μπορεί να προκαλέσει διακοπές ρεύματος και υπερφόρτωση στο δίκτυο ηλεκτρισμού της χώρας, σε βαθμό που να μην μπορεί να καλύψει τα επίπεδα ζήτησης. Στο Διάγραμμα 18 αποτυπώνονται οι αλλαγές στον αριθμό των ημερών ανά έτος κατά τις οποίες υπάρχουν μεγάλες απαιτήσεις ψύξης. Αυτές οι ημέρες ορίζονται ως εκείνες κατά τις οποίες η ημερήσια θερμοκρασία υπερβαίνει κατά 5°C τη θερμοκρασία βάσης που χρησιμοποιήθηκε για τις βαθμομέρες ψύξης. Πιο συγκεκριμένα, στα πεδινά ηπειρωτικά της Ελλάδος θα υπάρξουν 10-20

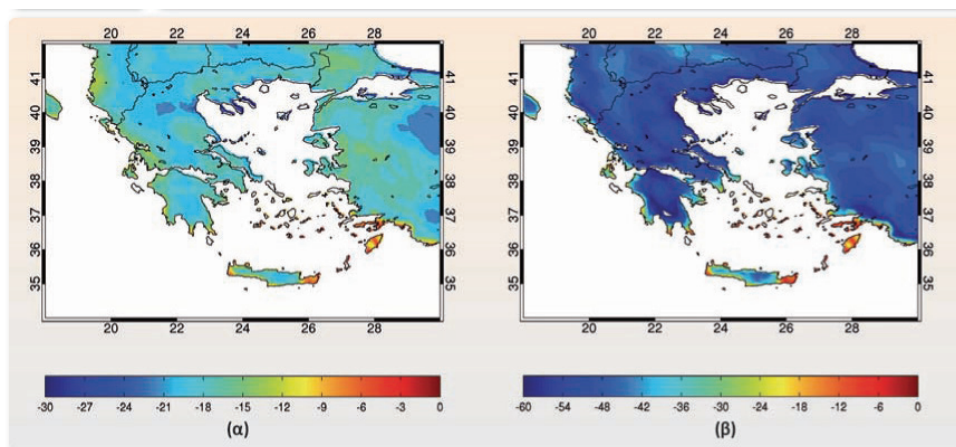
επιπλέον ημέρες το έτος τη χρονική περίοδο 2021-2050 και 30-40 επιπλέον ημέρες το έτος κατά τη χρονική περίοδο 2071-2100 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς, 1961-1990, όπου θα υπάρχει αυξημένη ανάγκη ψύξης. Στις νησιωτικές και ορεινές περιοχές οι αυξήσεις θα είναι μικρότερες.

Διάγραμμα 18
Μεταβολές του αριθμού ημερών με ισχυρές ανάγκες για ψύξη μεταξύ (α) 2021-2050 και 1961-1990, (β) 2071-2100 και 1961-1990



Μια θετική πτυχή της αλλαγής του κλίματος αποτελεί η μείωση των απαιτήσεων για θέρμανση που προβλέπεται για τη χειμερινή περίοδο. Στο Διάγραμμα 19 παρουσιάζονται οι αλλαγές στον αριθμό ημερών με αυξημένες απαιτήσεις θέρμανσης. Από το ποσοστό αυτό καθίσταται προφανές ότι σχεδόν στο σύνολο της Ελλάδος παρατηρείται μείωση των απαιτήσεων θέρμανσης τη χειμερινή περίοδο. Η μείωση αυτή φθάνει τις 20 ημέρες κατ' έτος το 2021-2050 και τις 45 ημέρες το 2071-2100.

Διάγραμμα 19
Μεταβολές του αριθμού ημερών με ισχυρές ανάγκες για θέρμανση μεταξύ
(α) 2021-2050 και 1961-1990, (β) 2071-2100 και 1961-1990



Δασικές πυρκαγιές

Οι δασικές πυρκαγιές, όπως και κάθε άλλη φυσική διαδικασία ενός οικοσυστήματος, επηρεάζονται πολύ εύκολα από την κλιματική αλλαγή, καθώς η συμπεριφορά της φωτιάς συναρτάται άμεσα με την υγρασία της καύσιμης ύλης, που με τη σειρά της καθορίζεται από τη βροχόπτωση, τη σχετική υγρασία και θερμοκρασία του αέρα και την ταχύτητα του ανέμου. Έτσι, η προβλεπόμενη άνοδος της μέσης θερμοκρασίας εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής θα αυξήσει την ξηρότητα της καύσιμης ύλης, ελαττώνοντας τη σχετική υγρασία, και το φαινόμενο αυτό θα γίνεται πιο έντονο στις περιοχές όπου μειώνεται η βροχόπτωση. Παράλληλα, η αύξηση της συχνότητας εμφάνισης ακραίων καιρικών συνθηκών αναμένεται να έχει σημαντική επίπτωση στην τρωτότητα των δασών σε πυρκαγιές.

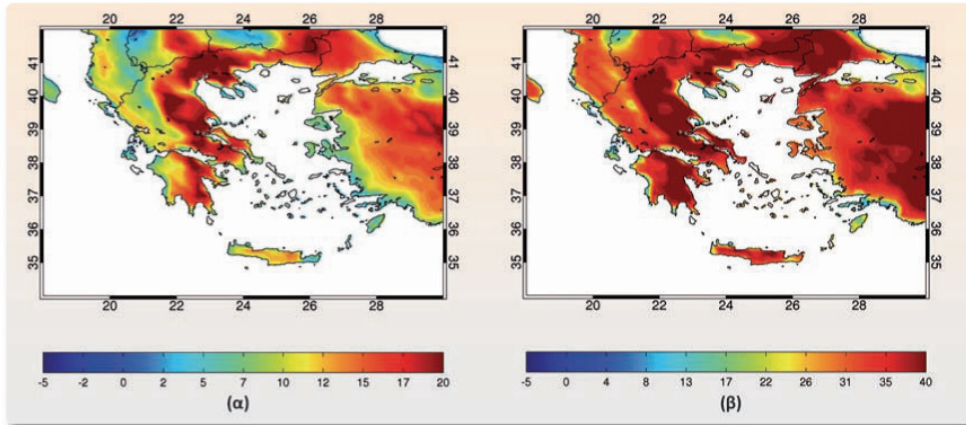
Ο δείκτης επικινδυνότητας πυρκαγιάς (FWI) είναι ένας ημερήσιος δείκτης βασισμένος σε μετεωρολογικές παραμέτρους, ο οποίος κατασκευάστηκε στον Καναδά και χρησιμοποιείται παγκόσμια για την εκτίμηση του κινδύνου πυρκαγιάς σε ένα γενικευμένο τύπο καυσίμου. Ο συγκεκριμένος δείκτης FWI αποτελείται από έξι τυποποιημένα συστατικά, όπου με καθένα υπολογίζεται μια διαφορετική πτυχή του κινδύνου

πυρκαγιάς. Τα πρώτα τρία συστατικά είναι κώδικες υγρασίας δασικών καυσίμων, οι οποίοι προσομοιώνουν τις ημερήσιες αλλαγές του περιεχομένου υγρασίας σε τρεις κατηγορίες δασικών καυσίμων με διαφορετικά ποσοστά ξήρανσης. Τα άλλα τρία συστατικά σχετίζονται με τη συμπεριφορά πυρκαγιάς ως προς το ποσοστό διάδοσης, το βάρος των καταναλωμένων δασικών καυσίμων και την ένταση της πυρκαγιάς. Ο δείκτης επικινδυνότητας πυρκαγιάς (FWI) είναι η αριθμητική εκτίμηση της έντασης μιας πυρκαγιάς και χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η δυσκολία ελέγχου πυρκαγιάς. Το σύστημα εξαρτάται μόνο από καιρικές μεταβλητές, η λήψη των τιμών των οποίων πραγματοποιείται κάθε ημέρα το μεσημέρι. Αυτές είναι: η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, η ταχύτητα του ανέμου και οι βροχοπτώσεις. Σε αυτήν την εργασία, χρησιμοποιήθηκαν ημερήσια δεδομένα από το περιοχικό κλιματικό πρότυπο, όπως η μέγιστη θερμοκρασία (T_{max}), η σχετική υγρασία (RH), η ταχύτητα του ανέμου στα 10μ. επάνω από το έδαφος και η συνολική βροχόπτωση, ως μεταβλητές εισαγωγής στο σύστημα FWI. Το σύστημα FWI αναπτύχθηκε για τα καναδικά δάση, αλλά βρήκε ευρεία εφαρμογή και σε άλλες χώρες και περιβάλλοντα, όπως το Μεξικό, τη Νοτιοανατολική Ασία, τη Φλόριδα, την Αργεντινή κ.λπ. Για τη λεκάνη της Μεσογείου, διάφορες μελέτες έδειξαν ότι το σύστημα FWI και τα συστατικά του ήταν κατάλληλα για την εκτίμηση του κινδύνου της πυρκαγιάς στην περιοχή (Moriondo et al., 2006). Βρέθηκε (Good et al., 2008) ότι τιμές του FWI μεγαλύτερες του 15 σχετίζονται με αυξημένο κίνδυνο εκδήλωσης δασικής πυρκαγιάς, ενώ, όταν $FWI > 30$, ο κίνδυνος είναι εξαιρετικά αυξημένος.

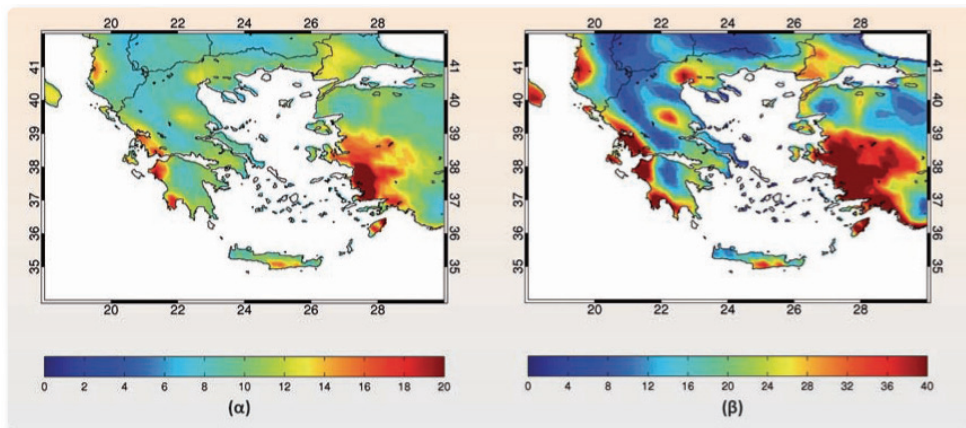
Το Διάγραμμα 20 παρουσιάζει τις αλλαγές στον αριθμό των ημερών με εξαιρετικά αυξημένο κίνδυνο πυρκαγιάς, μια παράμετρος που είναι εξίσου σημαντική για δασικές, γεωργικές και τουριστικές περιοχές. Ο εξαιρετικά αυξημένος κίνδυνος για πυρκαγιά αυξάνεται κατά 20 ημέρες το 2021-2050 και κατά 40 ημέρες το 2071-2100 σε όλη την Ανατολική Ελλάδα από τη Θράκη έως την Πελοπόννησο. Μικρότερες αυξήσεις αναμένονται στη

Δυτική Ελλάδα, κυρίως λόγω του υγρότερου κλίματος της περιοχής.

Διάγραμμα 20
Μεταβολές του αριθμού ημερών με εξαιρετικά αυξημένο κίνδυνο πυρκαγιάς
μεταξύ (α) 2021-2050 και 1961-1990,
(β) 2071-2100 και 1961-1990



Διάγραμμα 21
Μεταβολές του αριθμού ημερών με έντονη δυσφορία ($humidex > 38^{\circ}C$) μεταξύ
(α) 2021-2050 και 1961-1990, (β) 2071-2100 και 1961-1990



Ημέρες με δυσφορία του πληθυσμού

Η επίδραση της θερμότητας στην άνεση (ή τη δυσφορία) που αισθάνεται κάποιος άνθρωπος καθορίζεται με τον υπολογισμό του humidex (Masterton and Richardson, 1979), μιας παραμέτρου που εκφράζει τη

θερμοκρασία όπως την αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος. Ο humidex εφαρμόζεται σε καλοκαιρινές και γενικά θερμές περιόδους και περιγράφει την αισθητή θερμότητα κατά την έκθεση σε ζέστη και υγρασία. Ο humidex (σε °C) μπορεί να υπολογιστεί με βάση την ακόλουθη σχέση:

$$T(h) = T_{max} + 5/9 * (e - 10)$$

όπου e η πίεση των υδρατμών ($6,112 * 10^{(7,5 * T_{max}/(237,7 + T_{max}))} * h/100$), T_{max} η μέγιστη θερμοκρασία (°C) του αέρα στα 2μ. και h η υγρασία (%).

Επιπροσθέτως, έχουν καθιερωθεί έξι κατηγορίες του humidex, για την ενημέρωση του κοινού για συνθήκες δυσφορίας

(http://www.eurometeo.com/english/read/doc_heat):

< 29°C: καθόλου δυσφορία

30-34°C: ελαφρά αίσθηση δυσφορίας

35-39°C: έντονη αίσθηση δυσφορίας, να αποφεύγεται η έντονη κόπωση

40-45°C: υψηλή αίσθηση δυσφορίας, να αποφεύγεται η κόπωση

46-53°C: σημαντικός κίνδυνος, να αποφεύγεται κάθε δραστηριότητα

> 54°C: μεγάλος κίνδυνος για την υγεία, πιθανή καρδιακή προσβολή

Το Διάγραμμα 21 παρουσιάζει τις μεταβολές του αριθμού των ημερών στη μεγαλύτερη περίοδο κατ' έτος που ο δείκτης humidex ξεπερνά τους 38°C. Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί, ότι, αντίθετα με την περίπτωση των καυσώνων, όπου τα ηπειρωτικά διαμερίσματα εμφανίζουν τις μεγαλύτερες αλλαγές, εδώ τα παράκτια και νησιωτικά συμπλέγματα της χώρας μας επηρεάζονται περισσότερο. Ειδικά για τα παράκτια μέρη του Ιονίου και τα Δωδεκάνησα η διάρκεια της περιόδου με humidex>38°C θα αυξηθεί κατά 20 ημέρες το 2021-2050 και κατά 40 ημέρες το 2071-2100. Αυτό θα έχει φυσικά αντίκτυπο στη δυσφορία και κατ' επέκταση στην υγεία του πληθυσμού. Αυξήσεις της τάξεως των 15 ημερών για την περίοδο 2021-2050 και των 25 ημερών για την περίοδο 2071-2100 εκτιμώνται για τα πεδινά ηπειρωτικά και την Κρήτη, ενώ οι ορεινές περιοχές φαίνεται ότι δεν

εμφανίζουν σημαντικές μεταβολές αυτής της παραμέτρου, δηλαδή διατηρούν το δροσερό καλοκαιρινό κλίμα τους.

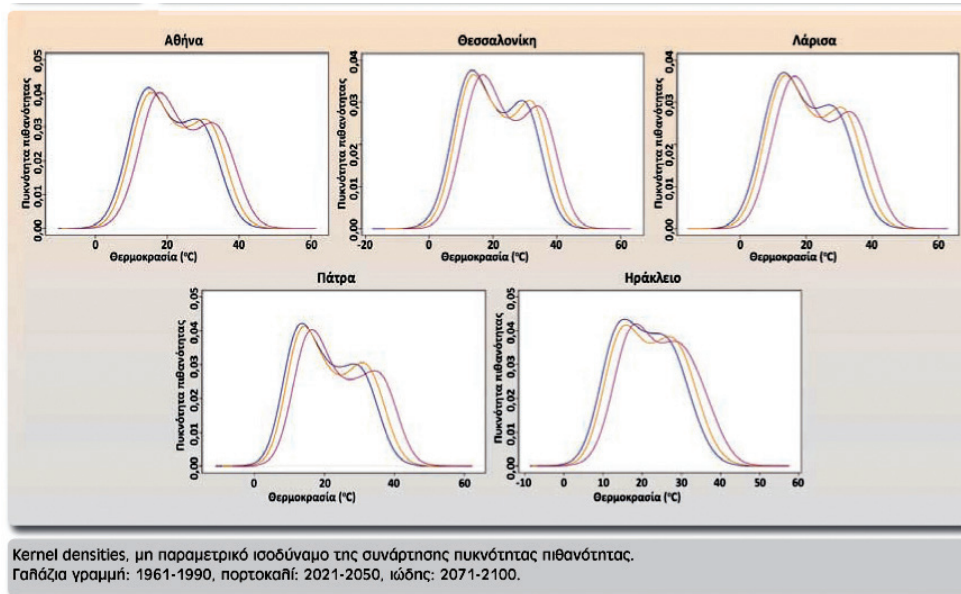
Ως σύνοψη, παρουσιάζεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας (6) που περιέχει τις μεταβολές των υπό εξέταση δεικτών για καθεμιά από τις 13 κλιματικές περιοχές στις οποίες χωρίστηκε η Ελλάδα.

Πίνακας 6
Μεταβολές των υπό εξέταση δεικτών για
τις 13 κλιματικές περιοχές της Ελλάδος

	WG	CEG	ATT	WCM	EMT	WP	EP	C	D	CY	EA	NA	I
Ελάχιστη χειμερινή θερμοκρασία (°C)	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Μέγιστη καλοκαιρινή θερμοκρασία (°C)	2	2	1,7	2	2	2	2,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	4	4,5	4	4	4	4	4,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Tmax>35 °C (ημέρες)	20	20	15	20	15	20	20	15	10	10	10	10	10
	40	40	35	40	40	40	40	35	15	15	15	15	15
Tmin>20 °C (ημέρες)	20	35	40	15	20	25	25	40	40	30	30	25	25
	50	65	70	20	50	60	60	70	70	60	60	50	50
Μέγιστη βροχόπτωση σε 3 ημέρες (%)	0	20	10	10	0	0	15	0	0	0	15	0	0
	-10	0	25	20	0	-15	10	0	0	0	15	10	20
Διάρκεια ξηρής περιόδου (ημέρες)	10	15	20	10	10	15	20	20	10	10	10	10	15
	20	25	35	20	25	30	45	40	30	30	40	30	30
Αριθμός παγετών (ημέρες)	0	-10	-5	-15	-15	-5	-10	0	0	0	0	0	0
	0	-25	-5	-40	-30	0	-15	0	0	0	0	0	0
Βλαστητική περίοδος (ημέρες)	20	10	10	15	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	35	20	15	35	20	15	15	15	15	15	15	15	15
Ανάγκες για ισχυρή ψύξη (ημέρες)	10	15	10	0	10	10	10	10	5	5	5	5	5
	35	40	35	10	30	35	35	30	25	20	25	20	20
Ανάγκες για ισχυρή θέρμανση (ημέρες)	-10	-15	-15	-15	-15	-10	-15	-10	-5	-5	-10	-15	-10
	-35	-40	-35	-35	-40	-30	-40	-25	-20	-20	-25	-30	-25
Ακραίος κίνδυνος πυρκαγιάς (ημέρες)	10	20	15	20	20	15	20	15	10	10	10	10	10
	30	40	35	40	40	30	40	35	25	25	30	30	25
Έντονη δυσφορία (ημέρες)	20	15	15	5	10	20	10	15	20	10	10	10	20
	40	30	25	10	20	40	25	30	40	20	25	20	40

Κλιματικές περιοχές: Δυτική Ελλάδα (WG), Κεντρική και Ανατολική Ελλάδα (CEG), Αττική (ATT), Δυτική και Κεντρική Μακεδονία (WCM), Ανατολική Μακεδονία-Θράκη (EMT), Δυτική Πελοπόννησος (WP), Ανατολική Πελοπόννησος (EP), Κρήτη (C), Δωδεκάνησα (D), Κυκλάδες (CY), Ανατολικό Αιγαίο (EA), Βόρειο Αιγαίο (NA) και Ιόνιο (I).
Μεταβολές με αρνητικό πρόσημο σημαίνουν μειώσεις, ενώ χωρίς πρόσημο σημαίνουν αυξήσεις. Η πρώτη τιμή σε κάθε κερί του πίνακα αντιστοιχεί στην περίοδο 2021-2050 και η δεύτερη τιμή στην περίοδο 2071-2100.

Διάγραμμα 22
Πυρήνες πυκνότητας της μέγιστης θερμοκρασίας για καθεμιά
από τις πέντε μεγάλες πόλεις της χώρας



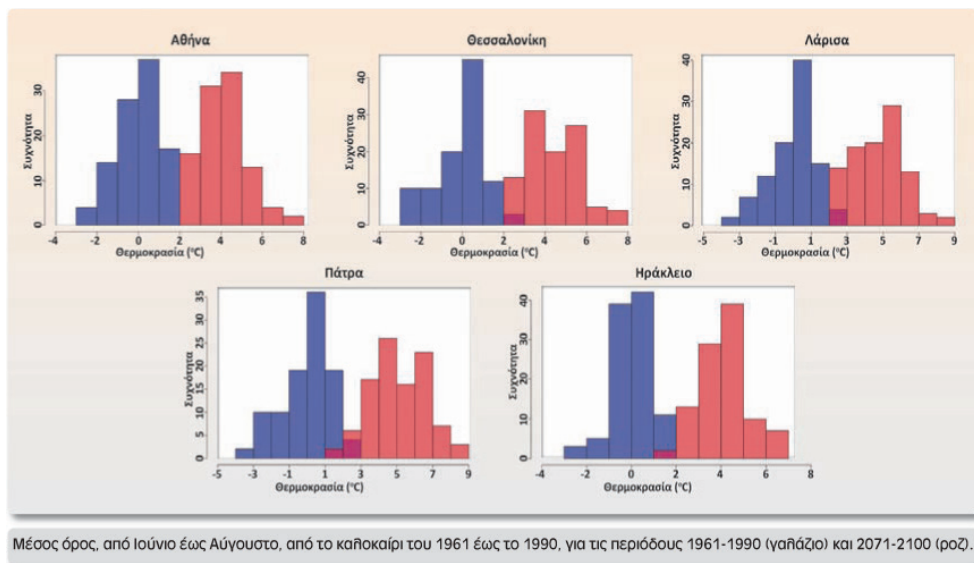
Στατιστικές κατανομές για πέντε μεγάλες ελληνικές πόλεις

Στο τμήμα αυτό αναλύονται περαιτέρω οι προβλέψεις του προτύπου KNMI με επικέντρωση στη στατιστική κατανομή της μέγιστης θερμοκρασίας και έμφαση στα θερινά ακραία για τα μεγάλα αστικά κέντρα. Το Διάγραμμα 22 δείχνει τους πυρήνες πυκνότητας (Kernel densities, μη παραμετρικό ισοδύναμο της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας) της μέγιστης θερμοκρασίας για καθεμιά από τις μεγάλες πόλεις της χώρας. Η καμπύλη της κατανομής της θερμοκρασίας σε όλες τις πόλεις κατά την περίοδο 1961-1990 (γαλάζια γραμμή) παρουσιάζει δύο μέγιστα που αντιπροσωπεύουν την επικράτηση της ψυχρής (αριστερό μέγιστο) και της θερμής (δεξιό μέγιστο) περιόδου του έτους. Στις δύο μελλοντικές περιόδους (2021-2050 με πορτοκαλί και 2071-2100 με ιώδες χρώμα) παρατηρείται σταδιακή μετατόπιση της κατανομής προς τα δεξιά, ως αποτέλεσμα της μέσης θέρμανσης του κλίματος. Αν παρατηρηθούν τα ακρότατα τμήματα των κατανομών (βλ. Διάγραμμα 22), συνάγεται ότι η θερμοκρασία των

ακραία θερμών καταστάσεων (δεξιά ακρότατα τμήματα) θα αυξηθεί κατά 1-2°C.

Εστιάζοντας στην εμφάνιση των ανώμαλα ζεστών καλοκαιριών, το Διάγραμμα 23 δείχνει τη συχνότητα των αποκλίσεων της θερινής μέσης μέγιστης θερμοκρασίας (μέσος όρος από Ιούνιο έως Αύγουστο) από το μέσο καλοκαίρι της περιόδου 1961-1990, για κάθε έτος (συνολικά 30 έτη) των περιόδων 1961-1990 (ιστοί χρώματος γαλάζιου) και 2071-2100 (ιστοί χρώματος ροζ). Στις περισσότερες πόλεις τα ιστογράμματα για το 2071-2100 και το 1961-1990 παρουσιάζουν μικρή μόνο επικάλυψη, υποδηλώνοντας ότι τα “ψυχρά” καλοκαίρια στο τέλος του αιώνα θα είναι όσο ζεστά ήταν τα θερμότερα του πρόσφατου παρελθόντος. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση της Αθήνας, όπου το πιο θερμό καλοκαίρι της περιόδου 1961-1990, αυτό του 1987 (με τον περίφημο καύσωνα του Ιουλίου με την υψηλή θνησιμότητα), το οποίο ήταν κατά 1,7°C θερμότερο από την κλιματολογία του 1961-1990, θα θεωρείται πολύ κρύο (και εκτός πιθανής κατανομής) στο τέλος του αιώνα.

Διάγραμμα 23
Συχνότητα των αποκλίσεων της θερινής μέγιστης θερμοκρασίας
για καθεμία από τις πέντε μεγάλες πόλεις της χώρας



1.4. Μεταβολή της μέσης στάθμης της θάλασσας και οι επιπτώσεις της στην παράκτια χερσαία ζώνη της Ελλάδος

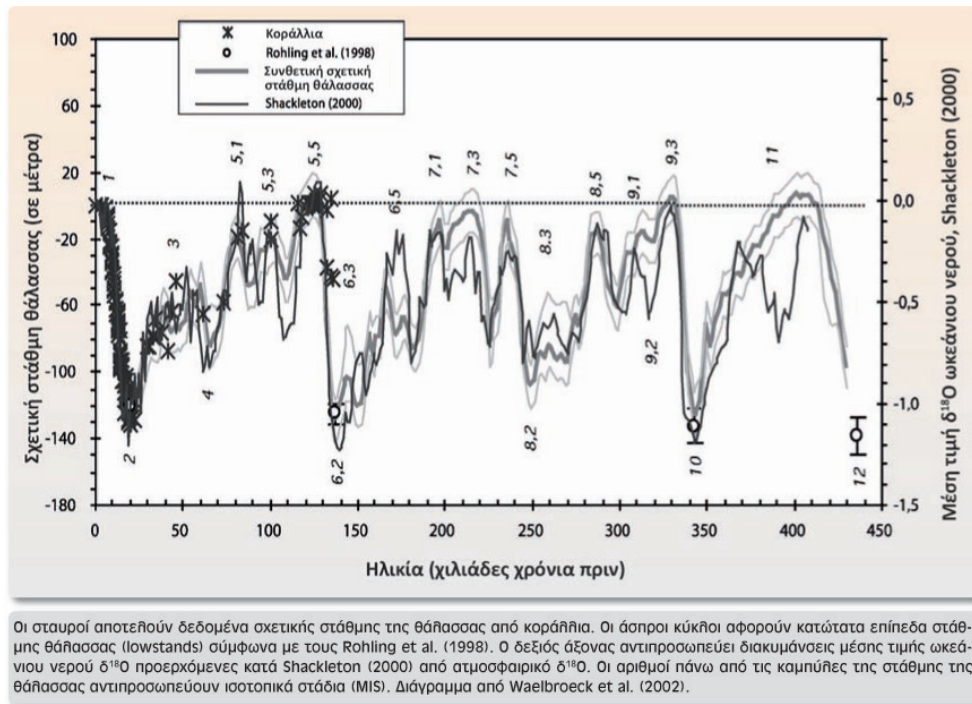
1.4.1. Μεταβολή της στάθμης της θάλασσας παγκόσμια στο γεωλογικό παρελθόν

Παρατηρώντας την εξέλιξη της παγκόσμιας στάθμης της θάλασσας κατά τα τελευταία 500 χιλ. χρόνια (ka), για τα οποία και διατίθενται ακριβέστερα παλαιοκλιματικά δεδομένα, εκτιμάται ότι κατά τη μεσοπαγετώδη περίοδο των 400 ka BP (Marine Isotope Substage - MIS - 11, π.χ. Bowen, 2009, Rohling et al., 2010), των 320 ka BP (MIS 9c), των 237 ka BP και των 197 ka BP (MIS 7e και MIS 7a αντίστοιχα, π.χ. Siddall et al., 2003, Rabineau et al., 2006) η στάθμη της θάλασσας είχε ενδεχομένως φθάσει τα σημερινά επίπεδα (Διάγραμμα 24). Κατά την πιο πρόσφατη μεσοπαγετώδη περίοδο (MIS 5), 120-125 ka BP, εκτιμάται ότι η στάθμη έφθασε 49 μ. υψηλότερα (Διάγραμμα 24) από τη σημερινή (π.χ. Stirling et al., 1998, McCulloch and Esat, 2000, Kopp et al., 2009) με μέγιστο ρυθμό ανόδου της στάθμης στα 10-16 χλστ./έτος (Rohling et al., 2008). Η τιμή αυτή είναι παρόμοια με εκείνη που αφορά στη μακρά μεσοπαγετώδη περίοδο του MIS 11 (400 ka), 10-20 χλστ./έτος, όπως και στις τέσσερις 'θερμές' διακυμάνσεις του MIS 3 (60-25 ka, Siddall et al., 2008). Η τελευταία άνοδος της θαλάσσιας στάθμης (20-6 ka BP) είναι της τάξεως των 10 χλστ./έτος (Rohling et al., 2010).

Η παγκόσμια μέση στάθμη της θάλασσας θεωρείται ότι έχει ανέλθει κατά 120-130 μέτρα από την ελάχιστη στάθμη της κατά την τελευταία παγετώδη περίοδο (περίπου 21 ka) μέχρι σήμερα (π.χ. Shackleton, 2000, Waelbroeck et al., 2002, Siddall et al., 2003, Peltier and Fairbanks, 2006). Ο ρυθμός ανόδου της στάθμης κατά τη μεσοπαγετώδη περίοδο από τα 14 ka έως τα 7 ka BP εκτιμάται σε μια μέση τιμή των 11 χλστ./έτος (Bard et al., 1996), ενώ για τα τελευταία 6 ka η μέση τιμή ανόδου έπεσε στο 1

χλστ./έτος (Lambeck, 1995, Lambeck and Purcell, 2005, Διάγραμμα 24). Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης συνεχίζεται μέχρι σήμερα (IPCC, 2007, Poulos et al., 2009a, Woodworth et al., 2009).

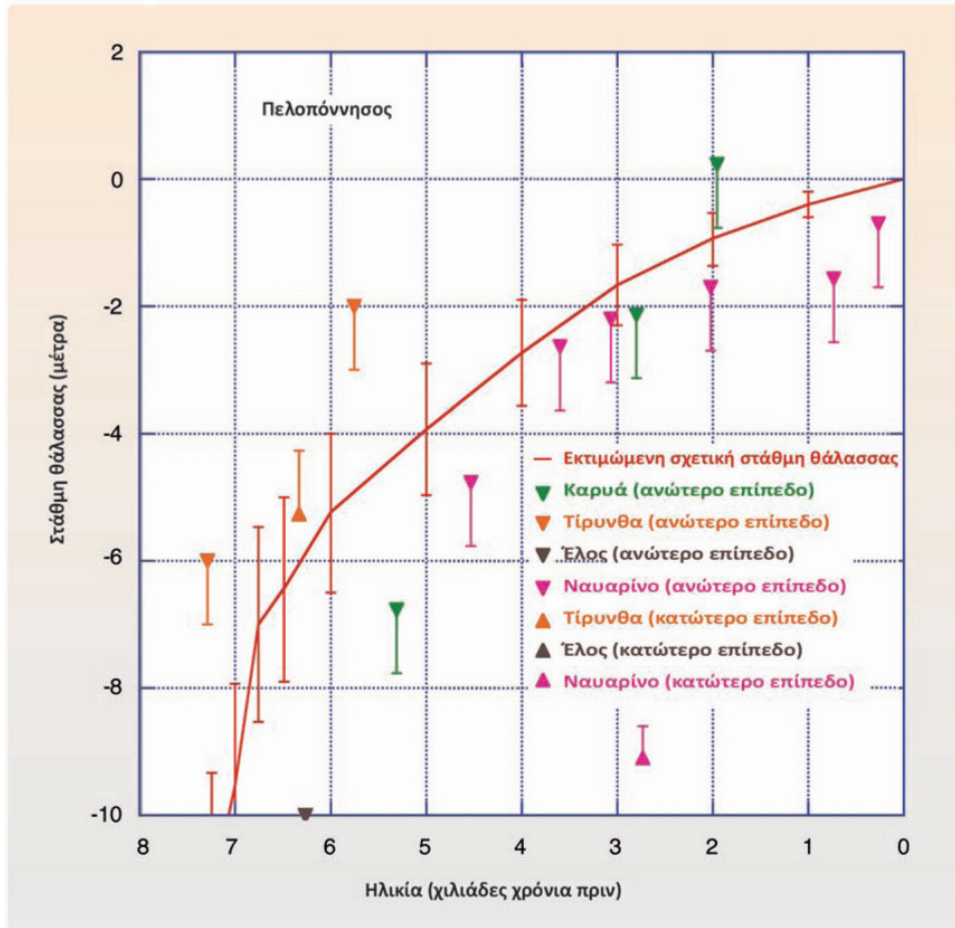
Διάγραμμα 24
Συνθετική σχετική στάθμη της θάλασσας για τα τελευταία 450 χιλιάδες χρόνια



Η στάθμη της θάλασσας στον ελληνικό θαλάσσιο χώρο 21-18 ka BP (τέλος της τελευταίας παγετώδους περιόδου) βρισκόταν 105-120 μ. χαμηλότερα (π.χ. Pirazzoli and Pluett, 1991, Lambeck and Bard, 2000). Μάλιστα, σύμφωνα με τους Lambeck (1995, 1996) και Lambeck and Purcell (2005), από τα 11,5 ka μέχρι τα 6 ka η θαλάσσια στάθμη καταγράφει ταχεία άνοδο, οφειλόμενη σε παγετωνοευστατικούς παράγοντες, φθάνοντας από 2μ. (Βόρειο Αιγαίο) έως 6μ. (Νότιο Αιγαίο) χαμηλότερα από τα σημερινά της επίπεδα. Μάλιστα, σε διάφορες παράκτιες περιοχές της Ελλάδος αναφέρονται ρυθμοί ανόδου της στάθμης της

θάλασσας μεταξύ 8 ka και 6 ka BP με τιμές της τάξεως των 8,5 χλστ./έτος (Νότια Εύβοια, Kambourologou et al., 1988), 12,3 χλστ./έτος (ΝΔ Ακαρνανία, Vott, 2007) και 6 χλστ./έτος (Πελοπόννησος, Lambeck and Purcell, 2005, Διάγραμμα 25). Κατά τα τελευταία 5-6 ka η στάθμη της θάλασσας εξακολουθεί να ανέρχεται με ρυθμό <1 χλστ./έτος, χωρίς να έχει ξεπεράσει ποτέ τα σημερινά επίπεδα και χωρίς να αποκλείονται μικρές αυξομειώσεις του ρυθμού ανόδου (Lambeck and Purcell, 2005, Pavlopoulos et al., 2007, Vott, 2007, Poulos et al., 2008a). Στον Πίνακα 7 δίνονται χαρακτηριστικές τιμές ρυθμού ανόδου της θαλάσσιας στάθμης σε παράκτιες θέσεις του ελληνικού χώρου.

Διάγραμμα 25
Εκτιμώμενη καμπύλη μεταβολής της στάθμης της θάλασσας
στην Πελοπόννησο



Σύγκριση με παρατηρούμενα επίπεδα θαλάσσιας στάθμης επιβεβαιωμένων περιοχών. Στο διάγραμμα δείχνονται ανώτερα και κατώτερα επίπεδα εκτιμώμενης θαλάσσιας στάθμης. Τα δεδομένα πεδίου είναι από Kraft and Rapp (1975) και Kraft et al. (1977, 1980) και έχουν συνοψιστεί από τον Lambeck (1995b).

Πίνακας 7

Θέση (βάθος) και ρυθμός ανόδου της θαλάσσιας στάθμης (ΘΑ) για διάφορα χρονικά διαστήματα του παρελθόντος και τις περιοχές προέλευσης των δεδομένων που αναγράφονται

Χρονική περίοδος	Θέση ΘΣ	Ρυθμός ανόδου ΘΣ	Περιοχή προέλευσης δεδομένων	Βιβλιογραφικές αναφορές
18-21 ka	-120-105 μ.			
Από 8 ka μέχρι 6 ka		8,5 χλστ./έτος	Εύβοια	Kambouroglou et al. (1988)
Από 10 ka μέχρι 5 ka		4,0 χλστ./έτος	Θεσσαλονίκη	Vouvalidis et al. (2005)
8,3 ka	- 28 μ.		Θεσσαλονίκη	Chronis (1986)
Από 8 μέχρι 7 ka		12,3 χλστ./έτος	Ακαρνανία	Vött (2007)
Από 7,6 μέχρι 6,2 ka	- 11 μ.		Αργολικό πεδίο	Jacobsen and Farrand (1987), van Andel (1987)
Από 7 ka μέχρι 6,5 ka		6,0 χλστ./έτος	Πελοπόννησος	Lambeck and Purcell (2005)
Τελευταία 6 ka	- 2 μ.		Βόρειο Αιγαίο	Lambeck (1995), Lambeck and Purcell (2005)
Τελευταία 6 ka	- 6 μ.		Νότιο Αιγαίο	Lambeck (1995), Lambeck and Purcell (2005)
από 6 ka μέχρι 0 π.Χ.		2,5 χλστ./έτος	Κύπρος	Gifford 1980
Τελευταία 6 ka		1 μ./1000 έτη	Πελοπόννησος	Lambeck and Purcell (2005)
Από 6 μέχρι 2,5 ka		0,2-1,4 χλστ./έτος	Ακαρνανία	Vött (2007)
Τελευταία 4 ka		1,0 χλστ./έτος	Θεσσαλονίκη	Vouvalidis et al. (2005)
Από 5,5 ka μέχρι 1,3 ka		1,68 χλστ./έτος	Μαραθώνας	Pavlopoulos et al. (2006)

1.4.2. Η μέση στάθμη της θάλασσας σήμερα και στο μέλλον

Από το τέλος του 19ου αιώνα μέχρι σήμερα, ενόργανες μετρήσεις (παλιρροιογράφοι και δορυφορική υψομετρία) δείχνουν άνοδο της μέσης στάθμης της θάλασσας με ρυθμό της τάξεως των 1,8 χλστ./έτος, ενώ δορυφορικές μετρήσεις των τελευταίων 15 χρόνων δείχνουν επιτάχυνση αυτού του ρυθμού στα 3 χλστ./έτος (Bindoff et al., 2007). Όσον αφορά στην εκτίμηση της μελλοντικής ανόδου της στάθμης, σύμφωνα με το πιο συντηρητικό σενάριο (B1) του IPCC (2007) η θερμοκρασία του αέρα θα αυξηθεί από 1,1°C έως και 2,9°C μέχρι το 2100, ενώ, με βάση το δυσμενέστερο σενάριο (A1F1), η αύξηση πιθανόν να είναι 2,4-6,4°C. Αντίστοιχα, η προβλεπόμενη άνοδος της θαλάσσιας στάθμης για το 2090-

2099, σε σύγκριση με αυτήν της περιόδου 1980-1999, σύμφωνα με το Σενάριο B1 αναμένεται να κυμανθεί μεταξύ 0,18 μ. και 0,38 μ. και για το Σενάριο A1F1 στα 0,26-0,59 μέτρα. Ωστόσο, μεταγενέστερες μελέτες της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC, 2007) αναφέρουν ακόμη μεγαλύτερη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης για το 2100. Σύμφωνα με την ημειμπειρική σχέση μεταξύ της ανόδου της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας και της μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης κατά Rahmstorf (2007), προκύπτει ότι για κάθε 1°C ή άνοδος της θαλάσσιας στάθμης είναι της τάξεως των 10-30 εκατοστών. Έτσι, εάν υιοθετηθούν οι προβλέψεις των SRES Σεναρίων του IPCC (2007) για την ατμοσφαιρική θερμοκρασία (1,4-5,8°C), η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης ανέρχεται σε 0,5-1,4 μέτρα. Η δυσμενέστερη εξέλιξη προβλέπεται από τη μελέτη των Pfeffer et al. (2008), στην οποία αναφέρεται πιθανή άνοδος μεταξύ 0,8 και 2 μέτρων. Μάλιστα, στη μελέτη αυτή υποστηρίζεται ότι στην τελευταία αναφορά του IPCC (2007) δεν έχει επιτυχώς προσομοιωθεί (modeled) η δυναμική εξέλιξη (η μείωση) των παγετώνων της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής, άποψη η οποία υποστηρίζεται πρόσφατα και από άλλους ερευνητές (π.χ. Rohling et al., 2009, Grinsted et al., 2010).

1.4.3. Σύγκριση της αναμενόμενης μεταβολής της στάθμης της θάλασσας με παλαιοκλιματικά δεδομένα

Οι σημερινοί ρυθμοί ανόδου της στάθμης της θάλασσας είναι αισθητά μικρότεροι συγκρινόμενοι τόσο με αντίστοιχες μεσοπαγετώδεις περιόδους του παρελθόντος (π.χ. 120 ka) όσο και με κάποιες θερμές διακυμάνσεις της προηγούμενης παγετώδους περιόδου (40-41 ka BP), αλλά φυσικά και με την έναρξη της σημερινής μεσοπαγετώδους περιόδου (14-8 ka BP).

Επομένως, από την παρακολούθηση της πορείας της στάθμης της θάλασσας κατά τον Ολόκαινο φαίνεται ότι αυτή πρέπει να βρίσκεται πιθανότατα στις ανώτατες τιμές της εξέλιξής της, δεδομένων αφενός των υψηλών επιπέδων στάθμης (highstand) που έχει καταγράψει από την έναρξη

της ‘θερμής’ περιόδου (όμοιες με άλλων παλαιότερων θερμών περιόδων) και αφετέρου της παρατηρούμενης επιβράδυνσης του ρυθμού ανόδου της τα τελευταία 5-6 χιλιάδες χρόνια. Παρόλα αυτά, η εξέλιξη της πορείας της στάθμης της θάλασσας είναι αβέβαιη, όπως φαίνεται και από τη σημαντική επιτάχυνση του ρυθμού ανόδου της (1-3 χλστ./έτος) τα τελευταία 15 χρόνια. Το γεγονός αυτό, που πιθανότατα σχετίζεται με την επιβαρυντική επίδραση των αερίων του θερμοκηπίου στην αύξηση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας, η οποία επιφέρει και μείωση των παγετώνων, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ο αυξημένος σημερινός ρυθμός ανόδου της θαλάσσιας στάθμης είναι πολύ πιθανό να επιταχυνθεί περαιτέρω, φθάνοντας σε τιμές που ούτως ή άλλως έχουν καταγραφεί στο γεωλογικό παρελθόν. Επίσης, θα πρέπει να συνεκτιμηθεί και ο ρόλος των αστρονομικών παραγόντων στην εξέλιξη του κλιματικού κύκλου που διανύουμε, οι οποίοι και έχουν άμεση σχέση με την έναρξη της επόμενης παγετώδους περιόδου.

1.4.4. Διάκριση των ακτών σε γεωμορφολογικές - γεωδυναμικές κατηγορίες και αποτύπωση σε χάρτες

Η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης τις τελευταίες δεκαετίες, σε συνδυασμό με τις προβλέψεις, που κυμαίνονται από 0,2 έως και 2 μέτρα ανόδου της στάθμης μέχρι το 2100, απεικονίζεται ενδεικτικά στο χάρτη της Ελλάδος (Διάγραμμα 26, με βάση χάρτες κλίμακας 1:50.000), όπου με κόκκινο χρώμα φαίνονται οι παράκτιες εκείνες περιοχές που θα πληγούν από μια υποθετική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης κατά ένα μέτρο.

Όμως, η ασφαλής εκτίμηση της επικινδυνότητας μιας περιοχής λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας δεν καθορίζεται μόνο από το ρυθμό και το εύρος της ανόδου της στάθμης αλλά και από άλλους τοπικούς παράγοντες, όπως είναι ο τεκτονισμός, η προσφορά ιζήματος (από τη χέρσο) και η παράκτια γεωμορφολογία/λιθολογία.

Ο ρόλος του τεκτονισμού είναι ιδιαίτερα σημαντικός σε τεκτονικά ενεργές ζώνες, καθώς μπορεί να εξουδετερώσει τη σχετική άνοδο της

στάθμης της θάλασσας, όταν αυτή αφορά ανερχόμενα τεμάχια ενεργών ρηγματίων, ή, αντίθετα, να την ενισχύσει στην περίπτωση σχετικά κατερχόμενων τεμαχίων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η παράκτια ζώνη της Βόρειας Πελοποννήσου, με ρυθμούς ανύψωσης από 0,3 έως 1,5 χλστ./έτος, της Κρήτης με 0,7 έως 4 χλστ./έτος και της Ρόδου με 1,2-1,9 χλστ./έτος. Έτσι, για παράδειγμα, μια μέση τιμή ανόδου της στάθμης της θάλασσας της τάξεως των 4,3 χλστ./έτος θα μειωθεί στα 3,5 χλστ./έτος με την αφαιρετική δράση μιας μέσης τιμής τεκτονικής ανύψωσης της τάξεως των 0,8 χλστ./έτος.

Η μεταβολή των στερεοπαροχών σε περιοχές εκβολών μεγάλων ποταμών όπου δημιουργούνται Δέλτα μπορεί να αντισταθμίσει μια ενδεχόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης μέσω της προέλασης του Δέλτα λόγω αυξημένης παροχής σε ιζημα. Αντίθετα, σε περίπτωση μείωσης της ποτάμιας στερεοαπορροής, η θαλάσσια επίκλυση από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας θα ενισχυθεί.

Τέλος, σημαντικότατο ρόλο στην τρωτότητα μιας παράκτιας περιοχής στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας παίζει η παράκτια μορφολογία και ειδικότερα η κλίση και η λιθολογική της σύσταση, καθώς αυτά έχουν άμεση σχέση με τους ρυθμούς διάβρωσης. Οι τελευταίοι μπορεί να κυμαίνονται από πολύ υψηλούς (αρκετά μ./έτος) στην περίπτωση γεωμορφών χαμηλού αναγλύφου και ευκολοδιάβρωτης λιθολογίας έως χαμηλούς (της τάξεως χλστ./έτος) στην περίπτωση ασβεστολιθικών συμπαγών παράκτιων σχηματισμών (π.χ. κρημνοί).

Αφού ελήφθησαν οι παραπάνω παράγοντες, οι παράκτιες περιοχές της Ελλάδος (χάρτης κλίμακας 1:50.000) κατηγοριοποιήθηκαν σε τρεις κύριες ζώνες (Διάγραμμα 26):

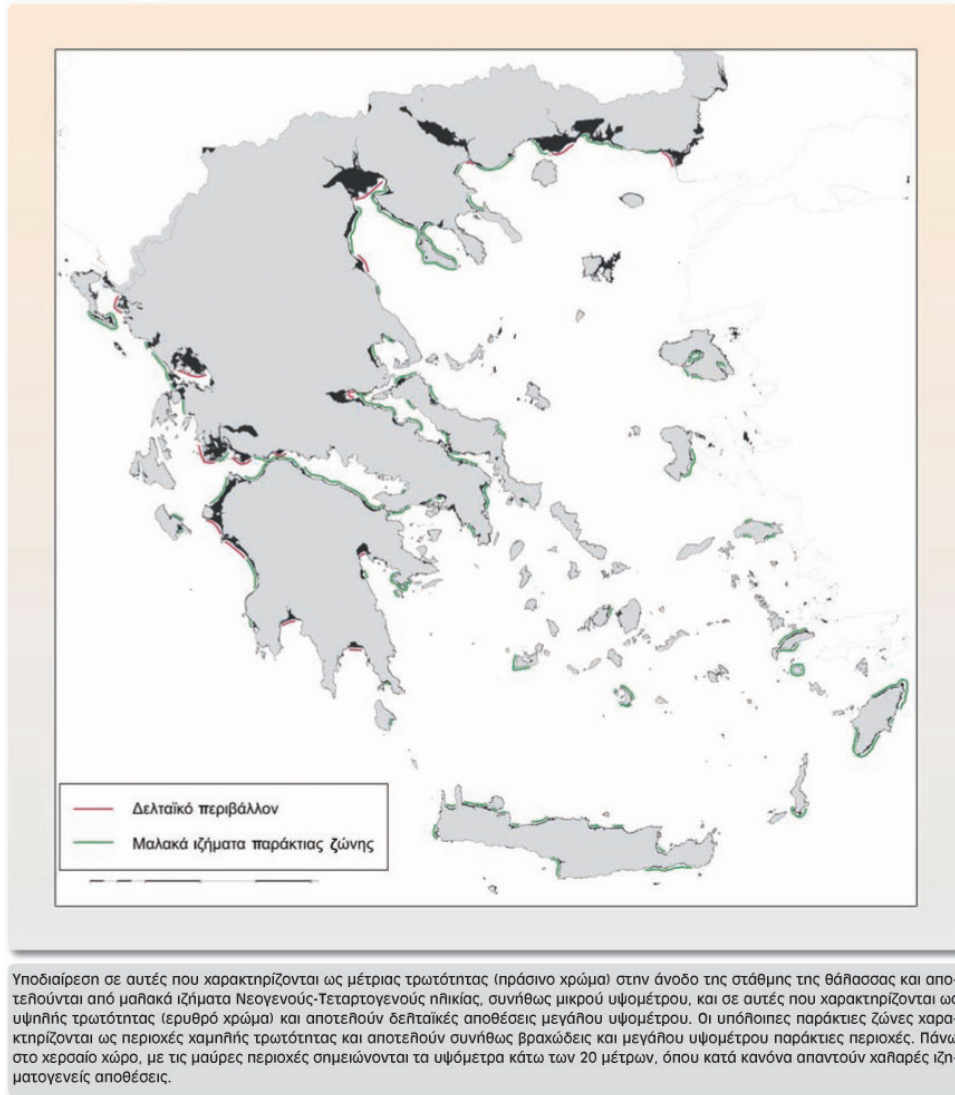
1) Δελταϊκές. Συμβολίζονται με κόκκινο χρώμα και αφορούν παράκτιες περιοχές απόθεσης με χαλαρά μη συνεκτικά ιζήματα, μικρού απόλυτου υψομέτρου και υψηλής τρωτότητας στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

2) Νεογενών και Τεταρτογενών ‘μαλακών’ ιζημάτων. Συμβολίζονται με πράσινο χρώμα και αφορούν ζώνες οπισθοδρομούσας διάβρωσης των ακτών. Πρόκειται για παράκτιες περιοχές με συνήθως μικρό υψόμετρο και μέτρια τρωτότητα στην άνοδο της στάθμης, στις οποίες αναμένονται μέτριες επιπτώσεις.

3) Βραχώδεις (χωρίς ιδιαίτερη χρωματική διαγράμμιση). Αφορούν κυρίως αλικά πετρώματα χαμηλής τρωτότητας στη διάβρωση και στην κατάκλυση από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας και εκτείνονται στις υπόλοιπες ακτογραμμές.

Ο υπολογισμός του μήκους της ακτογραμμής των προαναφερόμενων τριών παράκτιων ζωνών, σύμφωνα με το χάρτη του Διαγράμματος 26, δείχνει ότι, από τα περίπου 16.300 χλμ. του συνολικού μήκους της ελληνικής ακτογραμμής, τα 960 χλμ. (6% της συνολικής ακτογραμμής) αντιστοιχούν στις παράκτιες δελταϊκές περιοχές υψηλής τρωτότητας (κόκκινο χρώμα), τα 2.400 χλμ. (15% της συνολικής ακτογραμμής) αντιστοιχούν στα νεογενή μαλακά ιζήματα μέτριας τρωτότητας (πράσινο χρώμα), ενώ τα υπόλοιπα 12.810 χλμ. (79% της συνολικής ακτογραμμής) αντιστοιχούν στις βραχώδεις παράκτιες περιοχές χαμηλής τρωτότητας. Επομένως, το συνολικό μήκος ακτογραμμής που αντιστοιχεί σε παράκτιες περιοχές μέτριας έως υψηλής τρωτότητας στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης είναι 3.360 χλμ., δηλαδή το 21% της συνολικής ελληνικής ακτογραμμής.

Διάγραμμα 26
Χάρτης υποδιαίρεσης των παράκτιων ζωνών της Ελλάδος



1.4.5. Εκτιμήσεις υποχώρησης της ακτογραμμής λόγω της άνοδου της μέσης στάθμης της θάλασσας

Στον Πίνακα 8 παρατίθενται ενδεικτικές προσεγγιστικές τιμές επιφάνειας κατάκλυσης παράκτιων ζωνών και υποχώρησης (σε μέτρα) της ακτογραμμής (απουσία όμως τεκτονικής και γεωδυναμικής διόρθωσης) σε ενδεχόμενη άνοδο της στάθμης της θάλασσας κατά 0,5μ. και 1μ. σε

δελταϊκές περιοχές υψηλής επικινδυνότητας, όπως είναι του Αξιού-Αλιάκμονα και του Αλφειού (Poulos et al., 2008b). Το εύρος της υποχώρησης της ακτογραμμής για υποθετική άνοδο 0,5 μ. κυμαίνεται μεταξύ 30 και 2.750 μ., ενώ το αντίστοιχο εύρος για υποθετική άνοδο 1 μ. κυμαίνεται μεταξύ 400 και 6.500 μέτρων.

Η εκτίμηση της σοβαρότητας των επιπτώσεων της ανόδου της στάθμης της θάλασσας στις παράκτιες περιοχές εμπεριέχει βαθμό αβεβαιότητας, η οποία αφορά:

(α) Το εύρος ανόδου της στάθμης της θάλασσας, το οποίο κυμαίνεται μεταξύ 0,2 και 2 μέτρων. Η εξέλιξη της πορείας της στάθμης της θάλασσας καθορίζεται από την αλληλεπίδραση πολλών φυσικών (αστρονομικοί παράμετροι) και ανθρωπογενών (αέρια θερμοκηπίου) παραγόντων. Η βαρύτητα καθενός από αυτούς θα καθορίσει και τη συνολική εξέλιξη του κλιματικού κύκλου που διανύουμε, ο οποίος φαίνεται να βρίσκεται στο απόγειο της σημερινής ‘θερμής’ μεσοπαγετώδους περιόδου.

Πίνακας 8

Υπολογισμοί της υποχώρησης της ακτογραμμής (σε μέτρα) και της επιφάνειας που θα κατακλυστεί σε ενδεχόμενη άνοδο της στάθμης της θάλασσας κατά 0,5 μ. και 1 μ., για διάφορες δελταϊκές περιοχές του Θερμαϊκού και του Κυπαρισσιακού Κόλπου (Poulos et al., 2008b)

Παράκτια περιοχή	Άνοδος στάθμης θάλασσας (μ.)	Υποχώρηση ακτογραμμής, υπόδειγμα Bruun's (μ.)	Υποχώρηση ακτογραμμής λόγω		Συνολική υποχώρηση ακτογραμμής (μ.)	Περιοχή υπό κατάκλυση (τετρ. χλμ.)
			άνοδου στάθμης θάλασσας (μ.)	διάβρωσης ακτής (μ.)		
Δέλτα Αλφειού (βόρειο τμήμα)	0,5	51,1	175	15	190	224
	1,0	102,2	810	-110	700	683
Δέλτα Αλφειού (νότιο τμήμα)	0,5	54,5	15-30	0-15	30	35
	1,0	109,0	10-100	400	400-450	344
Δέλτα Αξιού	0,5	52,7	250-2.000	0	250-2.000	10.825
	1,0	213,6	2.000-2.500	0	2.000-2.500	28.482
Δέλτα Αλιάκμονα	0,5	63,6	50-1.750	0	50-1.750	4.875
	1,0	195,4	250-2.500	0	250-2.500	8.950
Δελταϊκή πεδιάδα Λουδία-Αλιάκμονα	0,5		500-2.750	0	500-2.750	8.900
	1,0		5.000-6.500	0	5.000-6.500	25.575

(β) Τη σχέση της τεκτονικής ανύψωσης με την ευστατική άνοδο της στάθμης της θάλασσας, που για αρκετές περιοχές του ελλαδικού χώρου είναι σημαντική, τόσο ώστε να αντισταθμίζει ή και να υπερβαίνει τοπικά την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης.

(γ) Τη στερεοπαροχή κλαστικών υλικών στις παράκτιες περιοχές, η οποία καθορίζεται από τις γεωλογικές και κλιματικές συνθήκες, αλλά και από ανθρωπογενείς επεμβάσεις (π.χ. φράγματα, αμμοληψίες), οι οποίες στη περίπτωση π.χ. των ποτάμιων Δέλτα μπορούν να διαφοροποιήσουν την τρωτότητά τους στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

Κεφάλαιο 2

Οι κίνδυνοι και οι επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής κατά τομέα

2.1. Κλιματικές αλλαγές και επιπτώσεις στα ελλαδικά υδατικά συστήματα

Η έννοια των υδατικών πόρων προκύπτει από τη σχέση ανάμεσα στις υδατικές απαιτήσεις για τις διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες (υδατικές ανάγκες) και στην ύπαρξη ή ανεύρεση υδατικών πόρων (ροής και αποθεμάτων) μέσα στο φυσικό περιβάλλον, των οποίων να είναι σχετικά εύκολη η εκμετάλλευση για την ικανοποίηση αυτών των αναγκών.

Υπό μια άλλη έννοια, οι υδατικοί πόροι μπορούν να χαρακτηριστούν ως ένα δυναμικό υδατικής προσφοράς από το περιβάλλον. Η σχέση που προαναφέρθηκε μπορεί να διαμορφωθεί σε διαφορετικούς χωροχρόνους και οικονομικές σφαίρες. Η προσφορά (υδατικοί πόροι) και οι ανάγκες χαρακτηρίζονται αμοιβαία από:

(α) τη θέση τους στο χώρο,

(β) τη μεταβλητότητα, με την πάροδο του χρόνου, της ποσότητας νερού (ροής ή αποθέματος) και

(γ) την ποιότητα των υδάτων.

Όσον αφορά στην ποιότητα, αυτή διακρίνεται σε:

(α) ποιότητα *προσφερόμενη*, προσδιοριζόμενη από τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του νερού στο φυσικό του περιβάλλον, σε γενικές γραμμές μεταβαλλόμενη με τη ροή και εξαρτώμενη ως προς το χαρακτηρισμό της από τις χρήσεις (κριτήριο των αναγκών για το φυσικό περιβάλλον), και

(β) ποιότητα *απαιτούμενη*, εκφρασμένη κάθε φορά από τις προδιαγραφές που ισχύουν για κάθε υδατική χρήση και οι οποίες μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου, σύμφωνα με τις ολοένα ανανεούμενες απόψεις της τοξικολογίας, της ιατρικής (ύδρευση), της βιοτεχνολογίας (άρδευση), της τεχνολογίας (βιομηχανική χρήση) και της οικολογίας.

Πίνακας 9
Ανθρωπογενείς επιδράσεις στο υδατικό ισοζύγιο

Κατεύθυνση επίδρασης	Επίδραση	
	Στις εισερχόμενες ροές (αφίξεις)	Στις εξερχόμενες ροές (απορροές)
Αύξηση	Εισαγωγή νερού (μεταβίβαση). Σύλληψη επιφανειακού ή υπόγειου νερού από ένα όμορο περιβάλλον.	Ελάττωση της πραγματικής εξατμισιοδιαπνοής, αποστράγγιση. Εξαγωγή νερού (μερικό φαινόμενο).
Μείωση	Ενίσχυση της πραγματικής εξατμισιοδιαπνοής. Μείωση των ενεργών κατακρημνισμάτων.	Καταναλώσεις.

Με οικονομικά κριτήρια, οι υδατικοί πόροι διακρίνονται σε συνθήκες υδατικής επάρκειας, υπερεπάρκειας ή έλλειψης, ενώ, με στόχο την καλύτερη επιλογή των υδατικών πόρων για κάθε χρήση, διακρίνονται ως προς:

- το κόστος *προσφοράς*, προσαρμοσμένο στην εκάστοτε σχέση προσφοράς και ζήτησης σε συνάρτηση με τις προηγούμενες παραμέτρους (τόπος, καθεστώς και ποιότητα) και

- το κόστος *αναγκών*, εκφρασμένο με διαφορετικές “αξίες νερού” (προστιθέμενη αξία, αξία χρήσης κ.λπ.).

Ένα σύστημα υδατικών πόρων συνθέτει το κατάλληλο περιβάλλον για τη διατύπωση και παρουσίαση του ποσοτικού υδατικού ισοζυγίου. Το ισοζύγιο αυτό ποσοτικοποιείται όταν αναφέρεται σε συγκεκριμένη χρονική διάρκεια. Η επίδραση των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στους όρους του ισοζυγίου συνοψίζεται στον Πίνακα 9.

Από πλευράς υδατικών αποθεμάτων, η Ελλάδα χαρακτηρίζεται, πολύ

εύστοχα, ως χώρα “πλούσια”, πάντοτε σε σχέση με το ευρύτερο πλαίσιο της περιοχής της Μεσογείου. Πλούσια χαρακτηρίζεται για μια σειρά από λόγους που σχετίζονται και ευθύνονται για το καθεστώς των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Το ύψος των κατακρημνισμάτων στον ελλαδικό χώρο εμφανίζει ένα μέσο όρο της τάξεως των περίπου 800 χλστ., ύψος που είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον για τη λεκάνη της Μεσογείου. Αυτό οφείλεται στους γενικότερους παράγοντες που διαμορφώνουν το κλίμα και τα καιρικά φαινόμενα της Ελλάδος αλλά και στο έντονο ανάγλυφο. Καθοριστικός παράγοντας στο θέμα αυτό είναι η οροσειρά της Πίνδου, η οποία δέχεται τους δυτικούς υγρούς ανέμους και για το λόγο αυτό οι βροχοπτώσεις δυτικά της Πίνδου είναι πολύ μεγαλύτερες από τις βροχοπτώσεις στις περιοχές ανατολικά της οροσειράς αυτής.

Το πολυσχιδές ανάγλυφο της Ελλάδος δημιουργεί το πλαίσιο για την εμφάνιση πυκνού δικτύου επιφανειακής απορροής, με υδρογραφικά δίκτυα μεγάλης πυκνότητας (γενικά) και τελικό αποδέκτη μια σειρά από μεγάλα (για τα δεδομένα της Ελλάδος) ποτάμια, που αποστραγγίζουν τα επιφανειακά και, εν μέρει, τα υπόγεια νερά, στο βαθμό στον οποίο νερά πηγαίων εκφορτίσεων προστίθενται στην επιφανειακή απορροή. Ειδική περίπτωση αποτελούν τα ποτάμια της Β. Ελλάδος, τα οποία, όπως αναφέρθηκε, ξεκινούν τη διαδρομή τους από γειτονικές χώρες: Έβρος, Νέστος, Στρυμόνας (Βουλγαρία), Αξιός (ΠΓΔΜ). Η μοναδική αντίθετη σε ροή περίπτωση είναι ο ποταμός Αώος, που ξεκινά από την Ελλάδα και καταλήγει στην Αλβανία. Αλλά και η υπόγεια υδροφορία στον ελλαδικό χώρο παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον, δεδομένου ότι μεγάλο μέρος της χώρας καλύπτεται από πετρώματα υδροπερατά, που δέχονται το νερό της πρωτογενούς ή δευτερογενούς κατείσδυσης και διαμορφώνουν τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες. Τέτοιες περιπτώσεις συνιστούν οι μεγάλες ηπειρωτικές και δελταϊκές προσχωσιγενείς λεκάνες και τα ανθρακικά πετρώματα των καρστικών υδροφοριών (ασβεστόλιθοι, δολομίτες, μάρμαρα, γύψοι).

Παρά το γεγονός ότι δεν παρουσιάζεται πρόβλημα άμεσης έλλειψης υδάτων σε καμία από τις 13 υδατικές περιφέρειες της χώρας, υπάρχουν ενδείξεις, σε συμφωνία με τις διαπιστώσεις του Κεφαλαίου 1 του παρόντος τόμου, ότι το υδατικό δυναμικό της χώρας μειώνεται. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας του προγράμματος ENSEMBLES (<http://www.ensembles-eu.org>), στην Κεντρική και τη Βόρεια Ελλάδα παρατηρείται μείωση των κατακρημνισμάτων τις τελευταίες πέντε δεκαετίες. Η μείωση ξεκινά από 30 χλστ. ανά δεκαετία και τοπικά μπορεί να φθάσει μέχρι και τα 150 χλστ. ανά δεκαετία. Παράλληλα, η σύγκριση της απορροής των ποταμών στο χρονικό διάστημα 1971-1998 σε σχέση με το χρονικό διάστημα 1900-1970 δείχνει μειωμένη απορροή σε πανελλαδικό επίπεδο σε ποσοστό 5-10%, εξαιρουμένης της Ηπείρου όπου η πτώση περιορίζεται στο 2-5% (Milly et al., 2005).

Οι επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών στα υδατικά, κυρίως τα υπόγεια υδατικά συστήματα μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

1. Γενική μείωση της τροφοδοσίας και ανανέωσης του νερού των υδροφόρων οριζόντων λόγω της μείωσης των βροχοπτώσεων και της αύξησης της εξατμισοδιαπνοής.

2. Αυξημένη υφαλμύρωση των παράκτιων και υποθαλάσσιων υδροφόρων οριζόντων, ιδιαίτερα των καρστικών, με προέλαση του μετώπου υφαλμύρωσης προς την ενδοχώρα λόγω του μειωμένου δυναμικού της χερσαίας υδατικής φάσης εξαιτίας της μειωμένης τροφοδοσίας και της υπεράντλησης.

3. Αύξηση της συγκέντρωσης ρυπαντικού φορτίου στα παράκτια υδατικά σώματα και στη θάλασσα λόγω μικρότερης αραιώσης.

4. Εντατικοποίηση της αποδόμησης των δελταϊκών περιοχών, που ήδη έχει ξεκινήσει λόγω της κατασκευής εγκάρσιων φραγμάτων στην ανάντη ζώνη (μείωση απορροής και στερεοπαροχής) και παράλληλων αναχωμάτων στην πεδινή ζώνη του Δέλτα (άφιξη μεταφερόμενου υλικού σε ένα και μοναδικό στόμιο).

5. Ρύπανση ή αποξήρανση των παράκτιων υγροτόπων.

6. Επιδείνωση του φαινομένου της ερημοποίησης λόγω υδατικού ελλείμματος και εδαφικών μεταβολών (συμπυκνώσεις, στεγανοποιήσεις κλπ.).

2.1.1. Οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα υδατικά αποθέματα

Οι υδατικοί πόροι παρέχουν αγαθά και υπηρεσίες, η διαχείριση των οποίων εμπεριέχει τόσο την οικονομική όσο την κοινωνική και την πολιτική διάσταση και αφορά αρκετούς τομείς της οικονομίας. Για το λόγο αυτό, οι πιθανές οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα ύδατα είναι πιθανό να επιδράσουν σε ευρύ φάσμα πολύ σημαντικών για την κοινωνία δραστηριοτήτων, με επέκταση σε αρκετούς τομείς της οικονομίας. Ειδικότερα αναμένεται:

1. Μειωμένη παραγωγικότητα λόγω της έλλειψης υδατικών πόρων (και της, εξαιτίας αυτού, πιθανής χειροτέρευσης της ποιότητας των υδάτων) στην περίπτωση που αυτοί αποτελούν εισροή στην παραγωγική διαδικασία (γεωργικός τομέας, τομέας παραγωγής ενέργειας από υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις, βιομηχανικός τομέας, δασοκομία, ιχθυοκαλλιέργειες).

2. Αύξηση του κόστους απορρύπανσης και επεξεργασίας αποβλήτων.

3. Μείωση της ασφάλειας (πλημμυρικά φαινόμενα, πυρκαγιές).

4. Μείωση του οφέλους από δραστηριότητες αναψυχής.

5. Απώλεια οφέλους λόγω βλαβών σε υδατικά οικοσυστήματα.

6. Αύξηση του κόστους απολήψεων από υπόγεια ύδατα.

7. Αύξηση του κινδύνου περαιτέρω υφαλμύρωσης των υπόγειων υδροφορέων.

8. Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.

9. Απώλεια ευημερίας λόγω πιθανών περιορισμών στη χρήση του νερού.

Η ένταση των παραπάνω οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής εξαρτάται από την ένταση των επιμέρους κλιματικών αλλαγών.

Η διαδικασία εκτίμησης του κόστους της κλιματικής αλλαγής για τους υδατικούς πόρους περιλαμβάνει διακριτά στάδια, που αποτελούν τη βάση για την οικονομική αξιολόγηση. Αρχικά προσδιορίζονται οι σημαντικότερες πιέσεις της κλιματικής αλλαγής, οι οποίες επιδρούν στα υδατικά σώματα. Στη συνέχεια αξιολογείται ο αντίκτυπος των πιέσεων της κλιματικής αλλαγής στον τομέα των υδατικών πόρων, σε ογκομετρικούς, χημικούς και οικολογικούς όρους. Έπεται ο προσδιορισμός και η ποσοτικοποίηση (όπου είναι εφικτό) της ζημίας που υφίστανται τα υδατικά οικοσυστήματα και οι χρήστες του ύδατος. Η ζημία προσδιορίζεται ως η διαφοροποίηση μεταξύ της κατάστασης αναφοράς (status quo) και της αναμενόμενης κατάστασης από την επίδραση της κλιματικής αλλαγής, αφού ληφθούν υπόψη τόσο η επίδραση στην παροχή και την ποιότητα των υπηρεσιών ύδατος όσο και η αύξηση του κινδύνου. Το ποσοστό αύξησης του κινδύνου αφορά μια σειρά παραμέτρων, όπως π.χ. η πιθανότητα εμφάνισης έντονων πλημμυρικών φαινομένων, η πιθανότητα υφαλμύρωσης των υδροφορέων, η πιθανότητα εμφάνισης περιστατικών υγειονομικού ενδιαφέροντος λόγω χειροτέρευσης της ποιότητας των υδατικών πόρων και η μείωση της δυνατότητας χρήσης των μέσων πυρόσβεσης. Στο τελευταίο στάδιο γίνεται η αποτίμηση της ζημίας σε χρηματικούς όρους. Η οικονομική αξιολόγηση της ζημίας βασίζεται σε μεθόδους αποτίμησης αγοραίων και μη αγαθών και επικεντρώνεται ειδικότερα στην απώλεια ευημερίας λόγω αλλαγών στο επίπεδο της παροχής και της ποιότητας αγαθών και υπηρεσιών.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι αξιολόγησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ειδικότερα των κλιματικών επιπτώσεων (Παπανδρέου και Σκούρτος, 2000). Η οικονομική αξιολόγηση μη αγοραίων αγαθών και υπηρεσιών αναφέρεται στη διαδικασία χρηματικής αποτίμησης αγαθών και

υπηρεσιών που δεν αποτελούν αντικείμενο συναλλαγής σε αγορές. Οι μεθοδολογίες που έχουν αναπτυχθεί μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο δείκτη ευημερίας (τιμή, κόστος ή αξία) σε τρεις κατηγορίες: *τιμολόγησης*, *κοστολόγησης* και *αξιολόγησης*. Στην πρώτη ομάδα εντάσσονται οι μεθοδολογίες αγοράς, όπου ως αξίες χρησιμοποιούνται οι αγοραίες τιμές. Οι μέθοδοι είναι κατάλληλες για τη μέτρηση μόνο της άμεσης χρηστικής αξίας. Οι εκτιμηθείσες τιμές αποτελούν το κατώφλι αξιολόγησης, καθώς αντικατοπτρίζουν την τιμή και όχι την αξία (μέγιστη προθυμία για πληρωμή) των αγαθών. Τη δεύτερη ομάδα αποτελούν οι μέθοδοι κόστους. Οι μεθοδολογίες αυτές στηρίζονται στην ύπαρξη κάποιας σχέσης (“ασθενής συμπληρωματικότητα”) μεταξύ περιβαλλοντικής ποιότητας και ιδιωτικών, αγοραίων αγαθών. Στην τρίτη ομάδα εντάσσονται οι μέθοδοι, οι οποίες στηρίζονται στις προτιμήσεις των καταναλωτών. Είναι σήμερα διαθέσιμες δύο βασικές ομάδες μεθόδων οικονομικής αξιολόγησης περιβαλλοντικών αγαθών: οι (έμμεσες) μέθοδοι αποκαλυμμένων προτιμήσεων (*revealed preferences*) και αυτές των (άμεσων) δηλωμένων προτιμήσεων (*stated preferences*). Λόγω περιορισμένων πόρων και χρόνου αυτών που λαμβάνουν αποφάσεις, είναι συχνά ασύμφορη η χρηματοδότηση πρωτογενών μελετών οικονομικής αξιολόγησης περιβαλλοντικών αγαθών. Στις περιπτώσεις αυτές ενδείκνυται η εφαρμογή της μεθόδου “μεταφοράς του οφέλους” (*benefit transfer*). Η αξιολόγηση στην περίπτωση αυτή βασίζεται σε “μεταφορά” προϋπαρχόντων αποτελεσμάτων ερευνών οικονομικής αξιολόγησης από “περιοχές μελέτης” (*study site*) σε μια νέα, αλλά παρόμοια περίπτωση, την “περιοχή πολιτικής” (*policy study*), Navrud and Ready (2007). Δεν απαιτείται έτσι πρωτογενής έρευνα πεδίου. Η χρήση της μεταφοράς του οφέλους στην οικονομική αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια λόγω, μεταξύ άλλων, της ύπαρξης μεγάλων, ανοικτών βάσεων δεδομένων μελετών αξιολόγησης.

2.1.2. Οι κίνδυνοι και οι επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας

Το παράκτιο στοιχείο ασκεί σταθερή γοητεία στους ανθρώπινους πληθυσμούς: καθ' όλη τη διάρκεια της σύγχρονης ιστορίας, ένας ολοένα και μεγαλύτερος αριθμός ανθρώπων συνεχίζει να εποικεί τα παράλια της Υδρογείου. Ο ρυθμός επαναχωροθέτησης των ανθρώπινων δραστηριοτήτων από την ηπειρωτική στην παράκτια ζώνη ο οποίος παρατηρείται σήμερα έχει περιγραφεί ως “one of the greatest human migrations of modern times” (Tibbetts, 2002). Οι ακτές αποτελούν ως γνωστόν δυναμικά και περίπλοκα κοινωνικοοικολογικά συστήματα, περικλείοντας μια ποικιλία βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων. Η πολυπλοκότητα και η δυναμική τους αντικατοπτρίζονται στην πολλαπλότητα των μορφών τους. Η δυναμική τους φύση είναι υπεύθυνη για την υψηλή τους παραγωγικότητα, οδηγώντας τόσο σε περιοδικές αλλαγές όσο και σε προοδευτική μετάλλαξή τους.

Η σημασία των παράκτιων πόρων για την ευημερία των παράκτιων περιοχών έγκειται ακριβώς στις οικοσυστημικές υπηρεσίες και τα αγαθά που υποστηρίζουν την ανθρώπινη ζωή (Daily 1997, Turner et al., 2001). Η καταγραφή των παρεχόμενων θαλάσσιων υπηρεσιών και αγαθών δίνεται στον Πίνακα 10 (επόμενη σελίδα).

Ακολουθώντας όμως το κυρίαρχο πρότυπο της βιομηχανοποίησης και οικονομικής μεγέθυνσης, οι παράκτιες περιοχές έχουν σταδιακά εγκλωβιστεί σε μια κατάσταση έντονων πιέσεων από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Η κλιματική αλλαγή έρχεται να οξύνει τις μέχρι τώρα πιέσεις, στο βαθμό που μια από τις πλέον βέβαιες επιπτώσεις της είναι η μέση παγκόσμια άνοδος της στάθμης της θάλασσας - ΑΣΘ (Church et al., 2001). Παράλληλα, όπως είναι γνωστό εδώ και 20 έτη περίπου, η ΑΣΘ είναι σχετικά ανελαστική έναντι των μειώσεων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (OECD, 2006), φαινόμενο το οποίο είναι γνωστό ως “δέσμευση έναντι της ΑΣΘ”: ακόμα και αν δραστικές πολιτικές μετριασμού παγκοσμίως κατορθώσουν να σταθεροποιήσουν το κλίμα, η ΑΣΘ και τα

συνοδά φαινόμενα παράκτιας διάβρωσης και θυελλογενών παλιρροιών θα συνεχίσουν να υφίστανται για αιώνες (Meehl et al., 2005, Wigley, 2005).

Πίνακας 10
Ταξινόμηση οικοσυστημικών υπηρεσιών και αγαθών που παρέχονται από το παράκτιο / θαλάσσιο περιβάλλον

Υποστηρικτικές υπηρεσίες	1 Βιογεωχημικοί κύκλοι	Ρυθμιστικές υπηρεσίες	1 Ρύθμιση αερίων της ατμόσφαιρας
	2 Πρωτογενής παραγωγή		2 Ρύθμιση τοπικού κλίματος
	3 Δυναμική τροφικής αλυσίδας		3 Συγκράτηση ιζημάτων
	4 Βιοποικιλότητα		4 Ρύθμιση βιολογικών παραγόντων
	5 Βιότοποι		5 Ρύθμιση ρύπανσης
	6 Προσαρμοστικότητα-ισορροπία		6 Μετριασμός ευτροφισμού
Προμηθευτικές υπηρεσίες	1 Τροφή	Πολιτισμικές υπηρεσίες	1 Αναψυχή
	2 Μη βρώσιμοι πόροι		2 Αισθητικές αξίες
	3 Γενετικοί πόροι		3 Επιστήμη και εκπαίδευση
	4 Χημικοί πόροι		4 Πολιτισμική κληρονομιά
	5 Πόροι διακοσμητικού χαρακτήρα		5 Έμπνευση
	6 Ενεργειακοί πόροι		
	7 Θαλάσσιες οδοί		

Πηγή: Προσαρμοσμένος από Garpe (2008) και MEA (2005).

Η συνολική απώλεια χερσαίας ζώνης για σενάρια ανόδου της στάθμης της θάλασσας κατά 0,5 μ. και 1 μ., όπως προσδιορίστηκε από τις μεθοδολογικές προσεγγίσεις που εφαρμόστηκαν στις εξεταζόμενες μελέτες περίπτωσης, παρουσιάζεται στον Πίνακα 11 πιο κάτω. Οι συνολικές ζημιές και οι συντελεστές κόστους προσδιορίστηκαν για ΑΣΘ 0,5 μ. και 1 μ. και για τις χρήσεις γης “οικιστική”, “τουριστική”, “υγροτοπική”, “δασική” και “γεωργική”. Οι συνολικές ζημιές αποτελούν το γινόμενο της υπό κατάκλυση έκτασης και της αντίστοιχης τιμής αναφοράς των χρήσεων γης. Οι συντελεστές κόστους υπολογίζονται ως το πηλίκον της διαίρεσης των συνολικών ζημιών με το μήκος της ακτογραμμής των μελετών περίπτωσης. Συνεπώς, οι συντελεστές αυτοί αποτελούν ποσοτικοποιημένες ενδείξεις της

συνολικής ζημίας της χέρσου, η οποία “ενσωματώνεται” και εκφράζεται ανά χλμ. ακτογραμμής των πέντε υπό μελέτη χρήσεων γης. Οι εκτιμηθείσες οικονομικές ζημίες από τις μελέτες περίπτωσης ανάγονται στη συνέχεια στην ελληνική επικράτεια. Οι τιμές που τελικά επιλέχθηκαν ως μέσες τιμές των συντελεστών κόστους, καθώς και το μήκος και η έκταση της ακτογραμμής ανά χρήση γης, παρουσιάζονται στον Πίνακα 12.

Το συνολικό κόστος των επιπτώσεων από την ΑΣΘ στο σύνολο της ελληνικής επικράτειας το 2100 παρουσιάζεται ανά κατηγορία χρήσης γης στον Πίνακα 13.

Πίνακας 11

Υποχώρηση της ακτογραμμής και κατάκλυση επιφάνειας σε ενδεχόμενη άνοδο της στάθμης της θάλασσας κατά 0,5 και 1 μέτρο (συνέχεια)
(Για τις μελέτες περίπτωσης που εξετάζονται στην παρούσα εργασία)

Παράκτια περιοχή	Άνοδος στάθμης θάλασσας (μ.)	Υποχώρηση ακτογραμμής		Υποχώρηση ακτογραμμής λόγω		Συνολική υποχώρηση ακτογραμμής (μ.)	Περιοχή υπό κατάκλυση (10 ³ τετρ. μ.)	Πηγή
		Υπόδειγμα Bruun (μ.)	Ανόδου στάθμης θάλασσας (μ.)	Διάβρωσης ακτής (μ.)	Διάβρωσης ακτής (μ.)			
Πόρτο Χέλ. Αργολίδας	0,5	-	-	-	-	-	36	Σενή και Καρύμπαλης, 2007
	1	-	-	-	-	-	161	
Ερμιόνη Αργολίδας	0,5	-	-	-	-	-	19	
	1	-	-	-	-	-	278	
Δέλτα ποταμού Εύηρου	0,5	-	-	-	-	-	12.500	
	1	-	-	-	-	-	21.300	
Δέλτα ποταμού Μόρνου	0,5	-	-	-	-	-	2.580	
	1	-	-	-	-	-	3.710	
Δέλτα ποταμού Καλαμά	0,5	-	-	-	-	-	7.020	Καρύμπαλης και Γάκη-Παπαναστασίου, 2008
	1	-	-	-	-	-	10.060	
Δέλτα ποταμού Πηνειού	0,5	-	-	-	-	-	6.530	
	1	-	-	-	-	-	14.780	
Δέλτα Αλφειού (βόρειο τμήμα)	0,5	51,1	175	15	15	190	224	
	1	102,2	810	-110	-110	700	683	
Δέλτα Αλφειού (νότιο τμήμα)	0,5	54,5	15-30	0-15	0	30	35	
	1	109	10-100	400	400	400-450	344	
Δέλτα Αξιού	0,5	52,7	250-2000	0	0	250-2000	10.825	Ρούσσος et al., 2009
	1	213,6	2000-2500	0	0	2000-2500	28.482	
Δέλτα Αλιάκμονα	0,5	63,6	50-1750	0	0	50-1750	4.875	
	1	195,4	250-2500	0	0	250-2500	8.950	
Δελταϊκή πεδιάδα Λουδία-Αλιάκμονα	0,5	-	500-2750	0	0	500-2750	8.900	
	1	-	5000-6500	0	0	5000-6500	25.575	
Νότιος Ευβοϊκός Κόλπος	0,5	-	-	-	-	-	7.890	Ρούσσος και Καρύμπαλης, 2009

Πίνακας 12
Μέσες τιμές δεικτών κόστους και σύνολο ακτογραμμής ανά χρήση γης

Χρήση γης	Μέση τιμή συντελεστή κόστους		Σύνολο ακτογραμμής
	ΑΣΘ 0,5 μ.	ΑΣΘ 1 μ.	
Οικιστική & τουριστική	€144.891 χιλ./χλμ.	€262.851 χιλ./χλμ.	2.400 χλμ.
Υγροτοπική	€138 χιλ./τετρ. χλμ.	€247 χιλ./τετρ. χλμ.	1.000 τετρ. χλμ.
Δασική	€0,04 χιλ./τετρ. χλμ.	€0,13 χιλ./τετρ. χλμ.	4.000 τετρ. χλμ.
Γεωργική	€222 χιλ./τετρ. χλμ.	€514 χιλ./τετρ. χλμ.	35.511,5 τετρ. χλμ.

Πίνακας 13
Συνολικό κόστος επιπτώσεων ΑΣΘ το 2100 ανά κατηγορία χρήσης γης (Χιλιάδες ευρώ)

Χρήση γης	Συνολικό κόστος 2100	
	ΑΣΘ 0,5 μ.	ΑΣΘ 1 μ.
Οικιστική & τουριστική	347.738.400	630.842.400
Υγροτοπική	138.000	247.000
Δασική	160	520
Γεωργική	7.883.553	18.252.911
Σύνολο	355.760.113	649.342.831

Οι θυελλογενείς μετεωρολογικές παλίρροιες και οι κυματικές καταγίδες αποτελούν τη βραχυχρόνια όψη του φαινομένου της ΑΣΘ, με σημαντικές, ετήσιες επιπτώσεις στις παράκτιες περιοχές. Θεωρήθηκε απαραίτητη η καταγραφή τους στην παρούσα εργασία εξαιτίας του οικονομικού τους ενδιαφέροντος και της πιθανής ετήσιας επαναληψιμότητάς τους, που τους προσδίδει χαρακτήρα αύξησης της παράκτιας τρωτότητας. Επειδή όμως τα δεδομένα από επιτόπιες έρευνες είναι περιορισμένα και δεν επιτρέπουν αναγωγή ζημιών στο σύνολο της παράκτιας ζώνης, διενεργήθηκε πρόσθετη επιτόπια έρευνα οικονομικής αξιολόγησης της ζημίας από τη βραχυπρόθεσμη ΑΣΘ (Κοντογιάννη, 2011). Από τους συμμετέχοντες στην έρευνα διερευνήθηκε η προθυμία τους να πληρώσουν (Willingness To Pay, WTP) για να χρηματοδοτήσουν κατασκευή έργων προστασίας στη περιοχή τους. Η μέση τιμή προθυμίας

πληρωμής εκ μέρους των ερωτωμένων προσδιορίστηκε στα €200,7 ανά νοικοκυριό (τυπική απόκλιση: €286).

Σύμφωνα με την Έκθεση για την Παράκτια Διαχείριση του ΥΠΕΚΑ (Ministry of the Environment, Physical Planning and Public Works, 2006), ο παράκτιος πληθυσμός αντιπροσωπεύει το 85% του συνολικού πληθυσμού της Ελλάδος (10.934.097 κάτοικοι), δηλαδή 9.293.982 κατοίκους. Εάν θεωρηθεί ότι το μέσο νοικοκυριό αποτελείται από τρία άτομα, ο συνολικός αριθμός ανέρχεται σε 3.674.381 ελληνικά νοικοκυριά, από τα οποία 3.097.994 βρίσκονται σε παράκτιες περιοχές. Με βάση τη μέση τιμή των €200,7 ανά νοικοκυριό και την προβολή της στον ελληνικό παράκτιο πληθυσμό, η συνολική αξία προστασίας από τη βραχυπρόθεσμη ΑΣΘ για τα ελληνικά νοικοκυριά ανέρχεται σε €621.767.426.

2.2. Οι κίνδυνοι και οι επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής στην αλιεία και τις υδατοκαλλιέργειες

Οι κύριοι παράγοντες των κλιματικών μεταβολών που θα επηρεάσουν τη δυνατότητα άντλησης αγαθών και υπηρεσιών από τους αλιευτικούς και υδατοκαλλιεργητικούς πόρους στη χώρα μας προέρχονται από την αναμενόμενη αύξηση της θερμοκρασίας και της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα των υδάτων των διαφόρων υδατοσυλλογών, καθώς και, δευτερευόντως από την άνοδο της στάθμης των θαλάσσιων υδάτων. Η επίτευξη αξιόπιστης εκτίμησης των αλλαγών αυτών θα πρέπει, εκτός από τις άμεσες μετρήσεις, που επί του παρόντος είναι ελάχιστες παγκοσμίως, να συνυπολογίσει τις μεταβολές των οικολογικών και φυσικοχημικών παραμέτρων. Είναι τεκμηριωμένο ότι η αειφορική οικοσυστημική διαχείριση της αλιείας και των υδατοκαλλιεργειών εξαρτάται τόσο από τη διατήρηση των δομών του οικοσυστήματος και την ύπαρξη μιας βιώσιμης ανθρώπινης κοινότητας όσο και από τους φυσικούς παράγοντες, δηλ. τα

θρεπτικά στοιχεία, τη βιοποικιλότητα των θρεπτικών επιπέδων (πρώτο, δεύτερο, τρίτο, κ.ο.κ.), την παραγωγή (φυτικών - ζωικών ειδών), τη θερμοκρασία, τις στρωματώσεις της υδάτινης μάζας, τη διαύγεια, τη συγκέντρωση οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα, το pH, την αμμωνία και τις αλληλεπιδράσεις τους (Παπουτσόγλου, 1981, 1990).

Σήμερα η υπεραλίευση, η χρήση μη επιλεκτικών εργαλείων, καθώς και η ρύπανση και η διατάραξη του πυθμένα του υδατικού περιβάλλοντος, είναι οι βασικοί παράγοντες περιορισμού της αλιευτικής παραγωγής των διαφόρων υδατοσυλλογών. Πέραν αυτών, οι επιπτώσεις των κλιματικών μεταβολών στα φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά των υδατοσυλλογών (ποτάμιες, λιμναίες, λιμνοθάλασσες, θαλάσσιες) αναμένεται να επηρεάσουν διαφορετικά τις παραγωγικές δυνατότητες κάθε υδατοσυλλογής, καθώς και τις διάφορες χρήσεις τους.

Η παρούσα μελέτη υιοθετεί την προσέγγιση της μεταφοράς οφέλους για να αποτιμήσει το οικονομικό κόστος των κλιματικών μεταβολών στην αλιεία και τις υδατοκαλλιέργειες της Ελλάδος. Η μελέτη αποτιμά τη μείωση της εγχώριας βιοποικιλότητας ως αποτέλεσμα της εισόδου ξενικών θερμόφιλων ειδών και τη μείωση του εισοδήματος των πληθυσμών που δραστηριοποιούνται στην αλιεία λόγω μείωσης των αλιευτικών πόρων (EKBY, 2010). Ωστόσο, η εγκατάσταση αλιευμάτων υψηλότερης οικονομικής αξίας, που σχετίζεται με την άνοδο της θερμοκρασίας των υδάτων, πιθανώς θα συμβάλει στην αύξηση του εισοδήματος των αλιέων ή τουλάχιστον θα περιορίσει τις απώλειές του.

Σχετικά με την οικονομική αποτίμηση του κόστους της κλιματικής αλλαγής στην (επαγγελματική) αλιεία, ο μέσος ετήσιος όγκος των αλιευθέντων ιχθύων από το 1990 έως το 2009 ανέρχεται σε 112.215 τόνους (Πίνακας 14). Χρησιμοποιείται η υπόθεση ότι αυτή η μέση ετήσια ποσότητα ιχθύων ισχύει και για τα επόμενα έτη μέχρι το 2100. Όπως ήδη αναφέρθηκε, η αύξηση της επιφανειακής θερμοκρασίας της θάλασσας κατά 3,3°C το 2100 αναμένεται να μειώσει τα συνολικά αλιεύματα κατά 2,5% ή

2.805,37 τόνους μέχρι το 2100. Σύμφωνα με στοιχεία της ΕΣΥΕ (2009), οι τιμές των αλιευμάτων το 2007 κυμάνθηκαν από €0,6 έως €25,1, με μέση τιμή €5,3 και διάμεσο €4,2. Συνεπώς, η απώλεια εισοδήματος σε τιμές 2007 για το 2100 ανέρχεται σε €14.868.461 (στη βάση της μέσης τιμής) ή €11.782.554 (στη βάση της διαμέσου). Η παρούσα αξία των μεγεθών αυτών στη βάση της μέσης τιμής και της διαμέσου και με επιτόκια προεξόφλησης 1% και 3%, καθώς και τα αντίστοιχα ετήσια ισοδύναμα (annuities), δίνονται στον Πίνακα 15.

Πίνακας 14
Ετήσια παραγωγή των αλιευθέντων ειδών ιχθύων, 1990-2009
(Σε τόνους, σκάφη με ιπποδύναμη >20 HP)

Έτος	SST*	Βενθικά	Μικρά πελαγικά	Μεσο- πελαγικά	Μεγάλα πελαγικά	Σύνολο
1990	19,22	70.397	25.812	13.508	2.726	112.442
1991	18,95	78.986	28.189	13.872	2.716	123.763
1992	18,93	88.215	32.887	17.749	2.473	141.324
1993	19,05	93.946	35.858	22.715	2.757	155.276
1994	19,87	109.834	38.864	29.749	3.572	182.019
1995	19,40	92.987	35.320	18.716	3.124	150.146
1996	19,03	92.203	35.237	18.638	2.637	148.714
1997	19,06	92.391	36.580	15.471	3.253	147.695
1998	19,61	57.304	38.005	8.807	2.826	106.942
1999	20,16	65.925	33.669	7.553	2.371	109.517
2000	19,72	49.299	27.434	8.406	2.925	88.063
2001	20,05	44.652	27.854	7.720	3.036	83.261
2002	20,06	45.482	29.206	8.981	2.242	85.910
2003	20,02	51.059	24.252	7.849	1.913	85.072
2004	19,69	53.160	25.220	8.030	1.526	87.936
2005	19,60	52.395	24.475	9.143	1.890	87.903
2006	19,36	52.905	28.312	9.316	1.886	92.419
2007	19,72	51.939	28.418	8.464	1.526	90.348
2008	19,47	47.480	29.843	7.187	991	85.501
2009	19,76	45.396	26.533	6.917	1.208	80.054
Μέση τιμή	19,53	66.798	30.598	12.439	2.380	112.215

* Θερμοκρασία επιφάνειας της θάλασσας.
Πηγή: ΕΣΥΕ.

Πίνακας 15
Παρούσα αξία (ΠΑ) και ετήσια ισοδύναμα (ΕΙ) της απώλειας
εισοδήματος της αλιείας λόγω κλιματικής αλλαγής
(Ευρώ, τιμές 2007)

Επιτόκιο προεξόφλησης	Μέσος		Διάμεσος	
	ΠΑ	Μέσος	ΠΑ	ΕΙ
0%	14.868.461		11.782.554	
1%	6.072.148	102.638	4.811.891	81.336
3%	1.039.719	33.537	823.928	26.576

Πηγή: GEM-E3.

Μεταξύ των εναλλακτικών μεθόδων μεταφοράς οφέλους, υιοθετήθηκε η σημειακή μεταφορά, όπου οι τιμές από τις περιοχές όπου πραγματοποιήθηκε η πρωτογενής μελέτη μεταφέρονται στην περιοχή ενδιαφέροντος, αφού διορθωθούν κατάλληλα (Navrud and Ready, 2007, Ready and Navrud, 2006, Brouwer, 2000). Η μέθοδος αυτή είναι εύχρηστη και επιτρέπει τα λιγότερα σφάλματα στη μέτρηση, όταν δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία που να περιγράφουν την ποιότητα και την ποσότητα του αποτιμώμενου αγαθού στην περιοχή ενδιαφέροντος. Η αναζήτηση μελετών για τη μεταφορά οφέλους περιορίστηκε σε μελέτες που πραγματοποιήθηκαν για την Ευρώπη (Ευρωπαϊκή Τουρκία, Σουηδία, Ουκρανία), όπου τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά διαφέρουν, αλλά όχι έντονα, από εκείνα της Ελλάδος, με μοναδική εξαίρεση την Ευρωπαϊκή Τουρκία.

Η απώλεια ευημερίας λόγω της επίδρασης των κλιματικών μεταβολών στη βιοποικιλότητα ανέρχεται, σύμφωνα με τους Remoundou et al. (2010), σε €37,91/άτομο, ενώ σύμφωνα με τους Egger and Olsson (2009) ανέρχεται σε €602/νοικοκυριό. Η διαφορά ως προς τις εκτιμήσεις οφείλεται στο γεγονός ότι η μελέτη των Remoundou et al. (2010) χρησιμοποιεί ως όχημα πληρωμής στο σενάριο της μελέτης αποτίμησης την ανακατανομή της υπάρχουσας φορολογίας. Από τη σχετική βιβλιογραφία προκύπτει ότι, στην περίπτωση αυτή, οι εκτιμήσεις είναι υψηλότερες από εκείνες που

προβλέπονται στο προαναφερθέν σενάριο. Συνεπώς για την εκπόνηση της μελέτης κόστους - οφέλους συνιστάται η χρήση των περισσότερο συντηρητικών εκτιμήσεων της μελέτης Egger and Olsson (2009). Ως πληθυσμός που πλήττεται από τις επιπτώσεις των κλιματικών μεταβολών στη βιοποικιλότητα των θαλάσσιων ειδών θεωρήθηκε ο πληθυσμός που ζει σε απόσταση ως και 50 χλμ. από την ακτογραμμή. Από την άθροιση του σχετικού πληθυσμού προκύπτει ότι το συνολικό οικονομικό κόστος λόγω της μείωσης της βιοποικιλότητας κυμαίνεται από €287.457.124 (Egger and Olsson, 2009) έως €1.895.654.656 (Remoundou et al., 2010).

Δεδομένης της έλλειψης συγκεκριμένων ποσοτικών εκτιμήσεων για τις επιπτώσεις των κλιματικών μεταβολών στην αλιεία στην Ελλάδα κάτω από διαφορετικά κλιματικά σενάρια, οι εκτιμήσεις βασίστηκαν σε τιμές από τη βιβλιογραφία, οι οποίες ωστόσο μόνο προσεγγιστικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί η δυσκολία απομόνωσης και αποτίμησης των επιδράσεων που σχετίζονται αποκλειστικά με τις κλιματικές μεταβολές, καθώς οι μεταβολές της αφθονίας των αλιευτικών πόρων είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης ενός μεγάλου αριθμού ανθρωπογενών και φυσικών παραγόντων που διαφέρουν σημαντικά ανάμεσα στα διάφορα υδατικά οικοσυστήματα. Σε κάθε περίπτωση απαιτούνται πρωτογενείς μελέτες αποτίμησης για να προσεγγιστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια το κόστος των κλιματικών μεταβολών στην Ελλάδα τόσο για τους αλιείς όσο και για το ευρύτερο κοινωνικό σύνολο. Επιπλέον, για την εκπόνηση αυτών των πρωτογενών μελετών θα πρέπει να ληφθεί υπόψη τόσο η γεωγραφική όσο και η τοπογραφική ποικιλομορφία της Ελλάδος.

Παρά την αδυναμία, λόγω της περιορισμένης διαθεσιμότητας στοιχείων, να μετρηθεί όλο το εύρος των πιθανών επιπτώσεων των κλιματικών μεταβολών στην αλιεία και στις υδατοκαλλιέργειες της Ελλάδος με εκτατικά συστήματα, η μελέτη κατέδειξε ότι οι κλιματικές μεταβολές αναμένεται να επηρεάσουν αρνητικά τη δυνατότητα άντλησης

αγαθών και υπηρεσιών από τους αλιευτικούς πόρους. Η μείωση αυτή σαφώς συνεπάγεται απώλεια κοινωνικής ευημερίας, μεγάλο μέρος της οποίας συνδέεται με την απώλεια αξιών μη χρήσης (οι οποίες περιλαμβάνουν την αξία ύπαρξης του φυσικού πόρου, την αξία κληροδότησής του στις επόμενες γενεές, την αλτρομιστική αξία, δηλαδή την αξία παροχής του πόρου στην κοινωνία, και την αξία της διατήρησης της βιοποικιλίας και σταθερότητας του συγκεκριμένου οικοσυστήματος που μας ενδιαφέρει), οι οποίες θα πρέπει να συμπεριληφθούν στη χάραξη πολιτικής μετριασμού των επιπτώσεων ή προσαρμογής στις κλιματικές μεταβολές.

2.3. Επίδραση της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία

Η παγκόσμια εγρήγορση σχετικά με την κλιματική αλλαγή εντείνεται χρόνο με το χρόνο, καθώς οι ενδείξεις για τη σοβαρότητα των επιπτώσεών της γίνονται όλο και πιο ανησυχητικές, ιδιαίτερα για τη γεωργία των αναπτυσσόμενων χωρών (Parry et al., 2001, FAO, 2009). Σύμφωνα με τα Ηνωμένα Έθνη, μόνο στην Αφρική 220 εκατομμύρια άνθρωποι κάθε χρόνο υποφέρουν από την έλλειψη πόσιμου νερού λόγω της κλιματικής αλλαγής. Η αγροτική παραγωγή κινδυνεύει λόγω της απώλειας καλλιεργήσιμης γης, της σμίκρυνσης των καλλιεργητικών περιόδων και της αβεβαιότητας σχετικά με το είδος και το χρόνο εγκατάστασης συγκεκριμένων καλλιεργειών. Εκτιμάται ότι μέχρι το 2100 (UNFCCC, 2007) στην Αφρική τα έσοδα από τη γεωργία μπορεί να μειωθούν έως και 90%, στην Ασία κινδυνεύουν πολλά εκατομμύρια ανθρώπων από ασιτία, ενώ για την Ευρώπη προκύπτει από ανεξάρτητες έρευνες ότι η μεταβολή του κλίματος θα εντείνει τις οικονομικές ανισότητες στις διάφορες περιφέρειες της Ευρωπαϊκής Ένωσης - ΕΕ (EEA, 2008, Stern, 2007).

Η ανάγκη προσδιορισμού των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής

(αύξηση του CO₂, άνοδος της θερμοκρασίας, διαφοροποίηση των κατακρημνισμάτων, αύξηση της έντασης και συχνότητας των ακραίων καιρικών φαινομένων, μεταβολή της διασποράς των εχθρών και ασθενειών των καλλιεργειών, Tubiello et al., 2007) στη γεωργία οφείλεται στο γεγονός ότι η εν λόγω αλλαγή αναμένεται να έχει επιπτώσεις στα αποθέματα ειδών διατροφής σε παγκόσμιο επίπεδο και να προκύψουν ανεξέλεγκτα επισιτιστικά προβλήματα. Επιπλέον, η αύξηση των ακραίων καιρικών φαινομένων μπορεί να οδηγήσει στην αύξηση των τιμών και σε αλλαγές του εμπορικού ισοζυγίου μεταξύ των διαφόρων χωρών (Lobell et al., 2008).

Η Διακυβερνητική Επιτροπή της Κλιματικής Αλλαγής (IPCC, 2007a) αναφέρει ότι μέτρια αύξηση της θερμοκρασίας κατά το πρώτο ήμισυ του αιώνα που διανύουμε, πιθανόν θα αυξήσει τις αποδόσεις των καλλιεργειών στην εύκρατη ζώνη, ενώ θα τις μειώσει στην υποτροπική και τροπική ζώνη. Για την Ευρωπαϊκή Ένωση το ερευνητικό πρόγραμμα PESETA προβλέπει, ανάλογα με το σενάριο, για μεν τη Ν. Ευρώπη από μηδενικές μεταβολές έως 27% μείωση της παραγωγής, για δε την Κεντρική και Β. Ευρώπη αύξηση έως και 40%. Το πρότυπο HadCM3 (Giannakopoulos et al., 2009) για τα Σενάρια A2 και B2 (αύξηση της θερμοκρασίας κατά 2°C, περίοδος 2031-2060) για τη Β. Μεσόγειο όπου βρίσκεται και η Ελλάδα, προβλέπει μείωση 9,33% για τις βολβώδεις καλλιέργειες (A2) και αύξηση έως και 12,49% για τα σιτηρά (B2). Οι Kapetanaki and Rosenzweig (1997) προέβλεψαν για τον αραβόσιτο μείωση των αποδόσεων στη Θεσσαλία έως και 20%, ενώ μελέτη του Υπουργείου Περιβάλλοντος (1997) για την περίοδο 2071-2100 προέβλεψε ότι η παραγωγή αραβοσίτου θα μειωθεί έως και 55% και η παραγωγή σκληρού σίτου θα παρουσιάσει μεγάλη διαφοροποίηση, από -67% έως +15%, ανάλογα με το σενάριο. Η ίδια μελέτη προέβλεψε για μεν το βαμβάκι ότι στις περιοχές της Μακεδονίας και της Θεσσαλίας θα υπάρξει μείωση έως και 29% και για τη Θράκη αύξηση έως και 21%, για δε τα αμπελουργικά προϊόντα ότι θα υπάρξει διαφοροποίηση της παραγωγής από -59% έως +55%, ανάλογα με το

σενάριο και την περιοχή. Οι επιπτώσεις στις δενδρώδεις καλλιέργειες αναμένεται να είναι αρνητικές, ιδιαίτερα στη Νότια Ελλάδα και την Κρήτη. Όλες οι μελέτες συγκλίνουν ότι, τα επόμενα χρόνια η περιοχή της Νότιας Ευρώπης και ειδικότερα της Μεσογείου θα είναι ευάλωτη αναφορικά με τη φυτική παραγωγή, γεγονός με εξαιρετική σημασία για την Ελλάδα.

2.3.1. Οικονομικές επιπτώσεις

Ο γεωργικός τομέας, παρά τη συνεχή συρρίκνωσή του τις τελευταίες δεκαετίες, αποτελεί ακόμα σημαντικό τμήμα της ελληνικής οικονομίας. Ειδικότερα, το γεωργικό προϊόν καλύπτει το 5-6% του ΑΕΠ, ενώ η απασχόληση στον τομέα φθάνει το 17% της συνολικής απασχόλησης (Πέζαρος, 2004). Επιπλέον, η γεωργία στηρίζει τις γεωργικές βιομηχανίες, που αντιπροσωπεύουν το 1/4 των ελληνικών βιομηχανιών και συνεισφέρουν στο 1/3 του βιομηχανικού προϊόντος και στο 1/3 της απασχόλησης στο βιομηχανικό τομέα (Παπαναγιώτου, 2005). Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην ελληνική γεωργική παραγωγή αναλύεται στη βάση υποκλιμάκωσης των Σεναρίων A1B (3,5°C), A2 (4,5°C), και B2 (3,1°C) του IPCC (2007a) στις κλιματικές ζώνες της ελληνικής επικράτειας. Λόγω περιορισμών από πλευράς χρόνου και διαθεσιμότητας στοιχείων, η παρούσα έρευνα επικεντρώνεται σε αροτραίες και δενδρώδεις καλλιέργειες, ειδικότερα στις καλλιέργειες του σίτου, του βαμβακιού, του αραβόσιτου, της ελιάς και της αμπέλου. Η ανάλυση των επιπτώσεων γίνεται με συνυπολογισμό ή μη της επίδρασης της ερημοποίησης των εδαφών.

Η αγροτική παραγωγή είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με το κλίμα, καθώς το είδος και η ποσότητα και ποιότητα των παραγόμενων γεωργικών προϊόντων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από αυτό. Οι κλιματικές μεταβλητές που κυρίως επηρεάζουν την παραγωγικότητα των καλλιεργειών είναι η θερμοκρασία, τα κατακρημνίσματα, η ηλιακή ακτινοβολία (ένταση και διάρκεια έκθεσης) και η σύσταση της ατμόσφαιρας (IPCC, 2007b, Tubiello et al., 2007, Mendelsohn and Dinar, 2009). Οι επιπτώσεις στην

παραγωγικότητα επηρεάζουν το αγροτικό εισόδημα και την απασχόληση. Το σύγχρονο οπλοστάσιο των οικονομικών του περιβάλλοντος διαθέτει σήμερα μια πλειάδα προσεγγίσεων για την οικονομική αξιολόγηση των κλιματικών επιπτώσεων. Οι μεθοδολογίες που έχουν αναπτυχθεί μπορούν να διακριθούν, ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο δείκτη ευημερίας (τιμή, κόστος ή αξία), σε τρεις κατηγορίες: τιμολόγησης, κοστολόγησης και αξιολόγησης. Οι πλέον κατάλληλες μεθοδολογίες για την αξιολόγηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στον τομέα της γεωργίας είναι οι μέθοδοι αγοράς στη βάση της μεταβολής των εκροών των γεωργικών προϊόντων στις αγορές. Εάν, για παράδειγμα, η κλιματική αλλαγή έχει αρνητική επίπτωση 20% στην παραγωγή βαμβακιού, τότε μειώνεται αντίστοιχα το γεωργικό εισόδημα. Η μεταβολή αυτή αντικατοπτρίζει το κόστος μη δράσης στην κλιματική αλλαγή το οποίο επιβαρύνει τον παραγωγό για την καλλιέργεια βαμβακιού. Αν ο παραγωγός χρησιμοποιήσει περισσότερα λιπάσματα για να εξισορροπήσει την απώλεια παραγωγής ώστε να παράγει την ποσότητα που παρήγε και πριν από την επίδραση της κλιματικής αλλαγής, τότε υφίσταται μεγαλύτερο κόστος παραγωγής. Το κόστος αυτό είναι το κόστος προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή.

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης υιοθετήθηκε η προσέγγιση της εκτίμησης της οικονομικής επίδρασης της κλιματικής αλλαγής (V) ως το γινόμενο της μεταβολής της αγροτικής παραγωγής λόγω κλιματικής αλλαγής επί την τιμή του αγροτικού προϊόντος. Η προσέγγιση αυτή μπορεί να εκφραστεί με τον τύπο:

$$V = \sum_a^b [(Q^b - Q^c) \times P^b]$$

όπου:

V = το κόστος της κλιματικής αλλαγής,

Q^b = η αναμενόμενη παραγόμενη ποσότητα προϊόντος το έτος b,

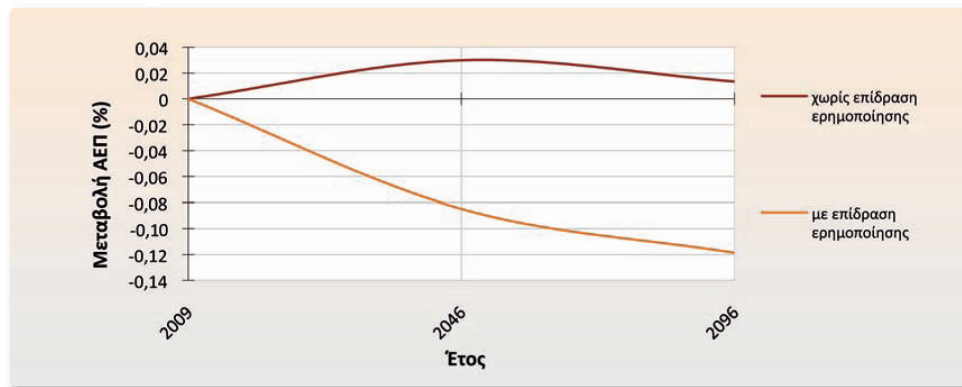
Q^c = η μέση παραγόμενη ποσότητα προϊόντος την περίοδο ελέγχου 1990-2000 και

P^b = η αναμενόμενη τιμή παραγωγού του προϊόντος το έτος b.

Η παράμετρος a λαμβάνει τις τιμές 2041 και 2091, η παράμετρος $b=a+x$, το x έχει πεδίο τιμών [0,9] ώστε να επιτυγχάνονται εκτιμήσεις για όλα τα έτη των δεκαετιών μελέτης 2041-2050 και 2091-2100 αντίστοιχα.

Ως μέση παραγόμενη ποσότητα προϊόντος την περίοδο ελέγχου 1990-2000 για τις καλλιέργειες σίτου, βαμβακιού και αραβοσίτου χρησιμοποιούνται οι εκτιμήσεις από το λογισμικό AquaCrop, ενώ για ελαιοποιήσιμη ελιά, επιτραπέζια ελιά, επιτραπέζιο σταφύλι, κορινθιακή σταφίδα, σουλτανίνα και αμπελώνες για την παραγωγή μούστου η μέση παραγόμενη ποσότητα προϊόντος υπολογίζεται από επεξεργασία δεδομένων του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (ΥΠΑΑΤ). Τέλος, η αναμενόμενη τιμή παραγωγού ανά έτος και προϊόν εκτιμάται με χρήση δεδομένων που διατίθενται από την ιστοσελίδα του ΥΠΑΑΤ.

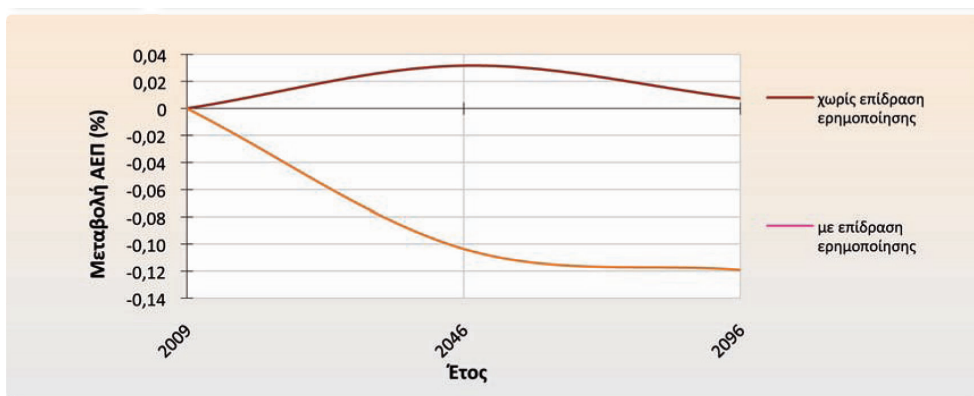
Διάγραμμα 27
Οικονομικές επιπτώσεις Σεναρίου A1B στο γεωργικό εισόδημα
(Ποσοστά % του ΑΕΠ)



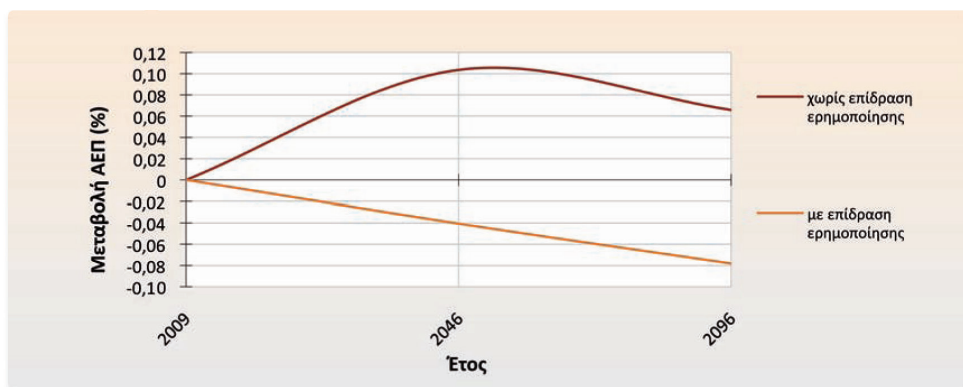
Για την εκτίμηση των επιπτώσεων των Σεναρίων κλιματικής μεταβολής A1B, B2 και A2 στο γεωργικό εισόδημα που προέρχεται από τις προαναφερθείσες καλλιέργειες, χρησιμοποιήθηκαν τιμές παραγωγού προσαρμοσμένες στο 2009 από την ιστοσελίδα του ΥΠΑΑΤ και προεξοφλητικό επιτόκιο 1%. Στα Διαγράμματα 27, 28 και 29 η σκούρα

γραμμή αναφέρεται στην επίδραση μόνο της κλιματικής μεταβολής, με την παραδοχή ότι τα κλιματικά φαινόμενα θα εξελιχθούν ομαλά μέχρι το 2100, ενώ η πορτοκαλί γραμμή αναφέρεται στην περίπτωση της επίδρασης της ερημοποίησης.

Διάγραμμα 28
Οικονομικές επιπτώσεις Σεναρίου A2 στο γεωργικό εισόδημα
(Ποσοστά % του ΑΕΠ)



Διάγραμμα 29
Οικονομικές επιπτώσεις Σεναρίου B2 στο γεωργικό εισόδημα
(Ποσοστά % του ΑΕΠ)



Το γεωργικό εισόδημα (Διαγράμματα 27, 28 και 29) μεταβάλλεται άμεσα υπό την επίδραση των φαινομένων της κλιματικής μεταβολής χωρίς να μεσολαβεί κάποιο χρονικό διάστημα υστέρησης μεταξύ τους. Η περίοδος

2041-2050 προσομοιάζει με σημείο καμπής: οι οικονομικές επιπτώσεις την περίοδο 2051-2100 επιδεινώνονται σε σχέση με την περίοδο 2041-2050. Οι οικονομικές επιπτώσεις στο γεωργικό εισόδημα για τα τρία σενάρια (Πίνακας 16) που εξετάστηκαν ήταν θετικές την περίοδο 2010-2100. Αντίθετα, η επίπτωση της ερημοποίησης που αναμένεται να προέλθει από την κλιματική μεταβολή ήταν αρνητική. Είναι τεκμηριωμένο ότι η ερημοποίηση έχει αρνητική επίπτωση στη γεωργική παραγωγή και συνεπώς στο γεωργικό εισόδημα, λόγω απώλειας γόνιμου γεωργικού εδάφους και μείωσης των διαθέσιμων για καλλιέργεια εκτάσεων. Η συνολική επίπτωση της κλιματικής μεταβολής στο γεωργικό εισόδημα, συνυπολογιζομένης της ερημοποίησης (Πίνακας 16), ήταν αρνητική για τα Σενάρια A1B και A2, ενώ ήταν θετική για το Σενάριο B2. Είναι προφανές ότι, εάν δεν ληφθούν μέτρα αναχαίτισης της ερημοποίησης, η κλιματική αλλαγή θα επιδράσει αρνητικά στο γεωργικό εισόδημα. Οι εκτιμήσεις, αξιολογώντας τις επιπτώσεις των κλιματικών σεναρίων, καταδεικνύουν την ανάγκη για άμεσες δραστικές παρεμβάσεις ώστε να περιοριστεί το φαινόμενο της ερημοποίησης για να επιτευχθεί αύξηση του γεωργικού εισοδήματος.

Πίνακας 16
Μεταβολή γεωργικού εισοδήματος εξαιτίας της κλιματικής μεταβολής μέχρι το 2100 (Ποσοστά % του ΑΕΠ)

Σενάριο	Επίπτωση κλιματικής μεταβολής χωρίς ερημοποίηση	Επίπτωση κλιματικής μεταβολής με ερημοποίηση	Συνολική επίπτωση
A1B	+ 3,26	- 16,91	- 13,63
B2	+ 2,92	- 17,81	- 14,89
A2	+ 13,37	- 10,05	+ 3,31

Οι καλλιέργειες που μελετήθηκαν δίνουν μια αξιόπιστη αντιπροσωπευτική - πρωταρχική εικόνα των αναμενόμενων επιπτώσεων στο γεωργικό τομέα της Ελλάδος.

Πρέπει επίσης να τονιστεί ότι δεν συνεκτιμήθηκαν οι μεταβολές άλλων

παραγόντων που επηρεάζουν τη γεωργική παραγωγή και σχετίζονται άμεσα με τις κλιματικές μεταβολές, όπως η επίδραση των ζιζανίων και των επιβλαβών εντόμων (ακόμα και των χωροκατακτητικών ειδών), καθώς και η ενδεχόμενη μεταβολή της αποδοτικότητας των επικονιαστών. Πέραν αυτών, οι οικονομικές εκτιμήσεις της παρούσας μελέτης ενσωματώνουν α priori τις αβεβαιότητες σε προηγούμενα στάδια ανάλυσης, όπως σχετικά με την πρόγνωση των κλιματικών δεδομένων, δεν βασίστηκαν σε μελλοντικές τιμές των προϊόντων αλλά σε δεδομένα παρελθόντων ετών, ενώ εξαρτώνται από μια σειρά εγγενών αβεβαιοτήτων στην οικονομική ανάλυση, όπως η μακροχρόνια διακύμανση των τιμών των αγροτικών προϊόντων, οι εξελίξεις στις διεθνείς αγορές τροφίμων, η επιλογή του επιτοκίου προεξόφλησης, κ.ά. Για παράδειγμα, δεν λήφθηκαν υπόψη απρόβλεπτοι παράγοντες που σχετίζονται με το ύψος της παγκόσμιας παραγωγής και το εμπόριο των αγροτικών προϊόντων, καθώς δεν διερευνήθηκαν περιπτώσεις υπερεπάρκειας ή ανεπάρκειας των αγροτικών προϊόντων σε παγκόσμιο επίπεδο. Έτσι, δεν έχει αποκλειστεί η περίπτωση η μείωση της παραγωγής και του προσδοκώμενου αγροτικού εισοδήματος στην Ελλάδα να εξουδετερώνεται από μια πολύ μεγαλύτερη μείωση της παγκόσμιας παραγωγής, με ταυτόχρονη εκτόξευση της τιμής του προϊόντος σε επίπεδα που θα καταστήσουν την αντίστοιχη γεωργική καλλιέργεια στην Ελλάδα οικονομικά επωφελή. Επίσης, πρέπει να τονιστεί ότι το επιλεχθέν επιτόκιο προεξόφλησης (1%), στο οποίο βασίστηκαν οι υπολογισμοί των συγγραφέων, απέχει από το επιτόκιο 1,4% που χρησιμοποιεί η έκθεση Stern. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι, για κάθε μεταβολή του ΑΕΠ ύψους 0,1% με χρήση του επιτοκίου της έκθεσης Stern, οι εκτιμήσεις των συγγραφέων θα προσέγγιζαν το 0,15% (αύξηση 50%) για τη δεκαετία 2041-2050, ενώ θα ξεπερνούσαν το 0,25% (αύξηση 250%) για τη δεκαετία 2091-2100.

2.4. Επιπτώσεις κλιματικής μεταβολής στα δασικά οικοσυστήματα κατά τον 21^ο αιώνα

Η γνώση της επίδρασης των κλιματικών αλλαγών στα δασικά οικοσυστήματα είναι ουσιώδους σημασίας, καθώς αυτά συμβάλλουν οικονομικά και περιβαλλοντικά στην ποιότητα της ζωής του ανθρώπου. Τα δασικά οικοσυστήματα καταλαμβάνουν το 65% περίπου της χερσαίας επιφάνειας της Ελλάδος (δάση 25%, λιβάδια 40%). Αυτά είναι ιδιαίτερος υποβαθμισμένα, λόγω κυρίως της αλόγιστης χρήσης τους στο πρόσφατο παρελθόν, με συνέπεια να παράγουν πολύ λιγότερο από το δυναμικό τους. Τα δασικά οικοσυστήματα παρέχουν ποικιλία υλικών αγαθών, όπως βιομάζα ξύλου, βοσκήσιμης ύλης, καρπούς, μανιτάρια, μέλι, βότανα, συμβάλλουν στην παραγωγή και ποιότητα του νερού, την ποιότητα του αέρα και τη δέσμευση και αποθήκευση του CO₂, προσφέρουν ποικίλες άυλες υπηρεσίες, όπως προστασία εδαφικών πόρων, βιοποικιλότητα, παρέχουν ενδιαίτημα και τροφή σε πληθώρα έμβιων όντων κ.ά. Πέραν αυτών, έχουν σημαντική πολιτιστική και αισθητική αξία. Επίσης προσφέρουν ευκαιρίες για ποικίλες δραστηριότητες αναψυχής (πεζοπορία, κατασκήνωση, θήρα, κ.ά.), στοιχεία απαραίτητα για την ευζωία του ανθρώπου. Η αφθονία των αγαθών και η ποιότητα των υπηρεσιών εξαρτώνται πρωτίστως από τη σταθερότητα των οικοσυστημάτων, η οποία είναι συνάρτηση της βιοποικιλότητας και των φυσιολογικών λειτουργιών τους.

Η υγεία και η δυναμική αύξησης των δασικών ειδών εξαρτώνται άμεσα από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, η ηλιακή ακτινοβολία, το διαθέσιμο νερό και τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους, ενώ επηρεάζονται και από συνοικολογικούς παράγοντες, όπως ο ανταγωνισμός, οι επιδράσεις της ζωοκοινότητας των μικροοργανισμών και οι πυρκαγιές (Johnsen et al., 2001). Τον 20^ο αιώνα διαπιστώθηκε μικρή αύξηση της

θερμοκρασίας και μείωση του ύψους των κατακρημνισμάτων. Η τάση αυτή εκτιμάται ότι θα συνεχιστεί τον 21ο αιώνα (Ζερεφός, 2009): Σενάριο B2 (-35 χλστ.), Σενάριο A2 (-84 χιλιοστά).

Ωστόσο, η συνολική μείωση των κατακρημνισμάτων το έτος 2100 δεν θα είναι ομοιόμορφη σε όλη την ελληνική επικράτεια, καθώς αναμένεται μείωσή τους στην ηπειρωτική χώρα (όπου βρίσκονται τα παραγωγικά δάση της Ελλάδος) και αύξηση στα νησιά του Αιγαίου Πελάγους (εκτός της Κρήτης). Τα δασικά οικοσυστήματα θα ζημιωθούν κατά κύριο λόγο από τα μειωμένα κατακρημνίσματα και τις υψηλές θερμοκρασίες που θα επικρατήσουν κατά την ξηροθερμική περίοδο, ενώ διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο καταστροφικών πυρκαγιών (Giannakopoulos et al., 2009). Το ερώτημα που τίθεται είναι σε ποιο βαθμό τα δασικά είδη είναι ικανά να προσαρμοστούν στο ταχέως διαφοροποιούμενο περιβάλλον. Εάν δεν προσαρμοστούν σε σύντομο χρόνο, τα δασικά οικοσυστήματα διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο αποσταθεροποίησής τους και, σε ακραίες περιπτώσεις, κατάρρευσής τους. Οι επιπτώσεις αυτές θα μπορούσαν να μετριαστούν σημαντικά, εάν υιοθετηθούν έγκαιρα κατάλληλες διαχειριστικές στρατηγικές, όπως ειδική καλλιεργητική φροντίδα (FAO, 2003). Γι' αυτό είναι ανάγκη η δασική πολιτική και η στρατηγική διαχείρισης να προσαρμοστούν άμεσα για να μετριαστούν και να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικότερα οι αρνητικές επιπτώσεις των επικείμενων κλιματικών μεταβολών.

2.4.1. Εκτιμήσεις οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής μεταβολής

Ο μέσος όρος της εγχώριας παραγωγής προϊόντων ξύλου (Πίνακας 17) για τα έτη 1988-2008 ανέρχεται σε 1.960 χιλ. κ. μέτρα. Σύμφωνα με τα στοιχεία του Απολογισμού Δραστηριοτήτων Δασικών Υπηρεσιών Έτους 2008, το 28% του παραγόμενου ξύλου είναι τεχνική ξυλεία και, σύμφωνα με την ΕΣΥΕ (2007), η εγχώρια παραγωγή ξυλείας καλύπτει μόλις το 1/3

των ετήσιων αναγκών σε τεχνική ξυλεία, ενώ η ζήτηση σε καυσόξυλα καλύπτεται πλήρως.

Η τεχνική ξυλεία, η οποία χρησιμοποιείται για παραγωγή προϊόντων όπως πριστή ξυλεία οικοδομών, έπιπλα, κουφώματα, παρκέτα, κορνίζες κ.λπ., μειώθηκε. Το ίδιο χρονικό διάστημα η παραγωγή βιομηχανικού ξύλου, που χρησιμοποιείται για μορισανίδες, νοβοπάν, MDF, ξύλινα κιβώτια κ.λπ., αυξήθηκε. Η τεχνική ξυλεία και το βιομηχανικό ξύλο αποτελούν την πρώτη ύλη για τη βιομηχανία παραγωγής μεταποιημένων προϊόντων ξύλου. Η παραγωγή ξυλείας γενικά στην Ελλάδα κατά την τελευταία 20ετία θεωρείται ότι υπολείπεται κατά πολύ της δυναμικής των δασών και αυτό οφείλεται κυρίως στο υψηλό κόστος παραγωγής, τις φθηνές εισαγωγές ξυλείας και την αποδιοργάνωση της δασικής υπηρεσίας. Η ετήσια παραγωγή τεχνικού ξύλου (Διάγραμμα 30) έφθασε στο υψηλότερο επίπεδο παραγωγής το 1999 (812.000 κ.μ.), ποσότητα διπλάσια από τη σημερινή.

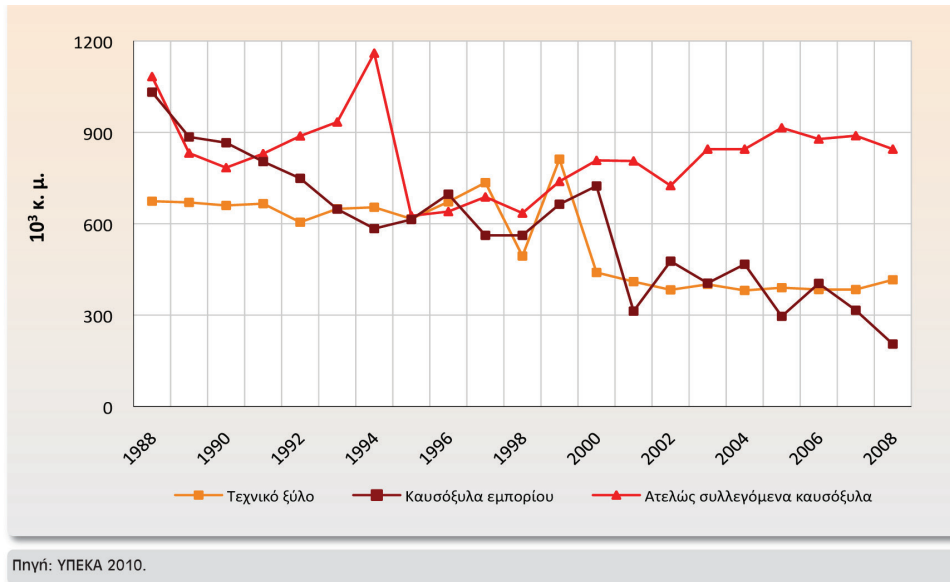
Η αξία των πωλήσεων μεταποιημένων προϊόντων ξύλου το 2007 ανήλθε σε €326 εκατ., γεγονός που αναδεικνύει τον κλάδο σε μέγεθος ανάλογης οικονομικής βαρύτητας με το δημοφιλή κλάδο της βιομηχανίας γιαουρτιών, ο οποίος έχει κύκλο εργασιών €353 εκατ. (ΕΣΥΕ, 2007). Τα ατελώς συλλεγόμενα καυσόξυλα χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για θέρμανση.

Πίνακας 17
Μέσος όρος ετήσιας παραγωγής ξύλου, 1998-2008

Είδος ξυλείας	10 ³ κ.μ.	% ε/συνόλου
Στρογγύλη ξυλεία (τεχνική ξυλεία)	547,43	27,9
Καυσόξυλα εμπορίου	828,33	42,3
Ατελώς συλλεγόμενα καυσόξυλα	584,48	29,8
Σύνολο	1.960,24	100,0

Πηγή: ΥΠΕΚΑ 2010.

Διάγραμμα 30
Ετήσια παραγωγή ξύλου 1998-2008(10³ κ.μ.)



Βάσει των υπάρχοντων δεδομένων για την Ελλάδα, ο οικονομικός πολλαπλασιαστής της επίπτωσης της παραγόμενης ξυλείας στο δευτερογενή τομέα είναι 4,65, δηλαδή €1 παραγόμενου ξύλου από τον παραγωγό αποκτά προστιθέμενη αξία €4,65 από τη βιομηχανία μεταποίησης ξύλου. Η τιμή του πολλαπλασιαστή βρίσκεται μεταξύ 3 και 6,5 που αναφέρεται στη βιβλιογραφία για τη Νέα Ζηλανδία (Griffiths, 2002, Thorpe, 1998), αλλά είναι υψηλότερη από εκείνη (2,68) που έχει βρεθεί για το Ην. Βασίλειο (Forestry Commision, 2000) και πολύ κοντά στον οικονομικό πολλαπλασιαστή απολαβών, 4,89, που εκτιμήθηκε για τα δάση της Καλιφόρνιας στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (California Economic Strategy Panel, 2002).

Για την εκτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων από την κλιματική αλλαγή στα δασικά οικοσυστήματα είναι απαραίτητη η πρόβλεψη των τιμών στο μέλλον. Στην Ελλάδα δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα για μια τέτοια πρόβλεψη και πρέπει συνεπώς να αρκεστούμε στις υπάρχουσες τιμές. Οι τιμές τεχνικής ξυλείας και καυσόξυλων που απολαμβάνουν οι

παραγωγοί διαμορφώνονταν μέχρι το 1987 βάσει πλειοδοτικών διαγωνισμών που διενεργούσε η Δασική Υπηρεσία. Από το 1987 και μετά, βάσει του Π.Δ. 126/1986, οι Αγροτικοί Δασικοί Συνεταιρισμοί είναι οι δικαιούχοι της ξυλείας που υλοτομούν στα δημόσια δάση και έχουν τη δυνατότητα πώλησής της στο ελεύθερο εμπόριο (Τορορής, 1994). Για το 2010, οι τιμές διαμορφώθηκαν στα €22,3/κ.μ. για τα καυσόξυλα και στα €60,3/κ.μ. για τη στρογγύλη ξυλεία οξυάς (Διεύθυνση Δασών Πέλλας, 2010), ένα από τα σημαντικότερα δασοπονικά είδη της χώρας στην παραγωγή τεχνικής ξυλείας (Ζαφειρίου κ.ά., 2007). Δεδομένου ότι το 27,9% της συνολικής παραγωγής ξυλείας αφορά τεχνικό ξύλο και το υπόλοιπο αφορά καυσόξυλα, η μέση ισοσταθμισμένη τιμή του ξύλου εκτιμάται σε: $(0,279 \times 60,3) + (0,721 \times 22,3) = 32,90$ €/κ. μέτρο. Συνεπώς, η οικονομική επίπτωση από τη χωρική ανακατανομή των δασών θα είναι €2,6 εκατ. (B2) και 10,6 εκατ. (A2) το έτος, ενώ από την αναμενόμενη μείωση παραγωγής ξύλου η επίπτωση θα ανέλθει σε €17,4 εκατ. (B2) και €22,6 εκατ. (A2) το 2100, αντίστοιχα. Εάν χρησιμοποιηθεί ο οικονομικός πολλαπλασιαστής 4,65, η συνολική οικονομική επίπτωση θα είναι μεταξύ €80,9 εκατ. και €105,1 εκατ. το 2100. Δεν υπάρχουν καθορισμένες τιμές για τη βοσκήσιμη ύλη. Δεδομένου όμως ότι 10 χλγρ. βοσκήσιμης ύλης ισοδυναμούν περίπου με 1 χλγρ. αξιοποιήσιμου κρέατος και με σημερινή μέση τιμή κρέατος €5/χλγρ., η ετήσια οικονομική απώλεια από τη μείωση της παραγωγικότητας των λιβαδιών εκτιμάται σε €156 εκατ. (B2) και σε €390 εκατ. (A2) το έτος 2100. Ομοίως, από τη μείωση της έκτασης των υγροτόπων λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και με τις παραπάνω παραδοχές για τη βοσκήσιμη ύλη, η ετήσια οικονομική απώλεια εκτιμάται, σε παρούσα αξία, σε €13 εκατ. (B2) έως €26 εκατ. (A2) το έτος 2100. Η επίπτωση στη δασική παραγωγή από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας εκτιμάται ότι θα είναι ασήμαντη.

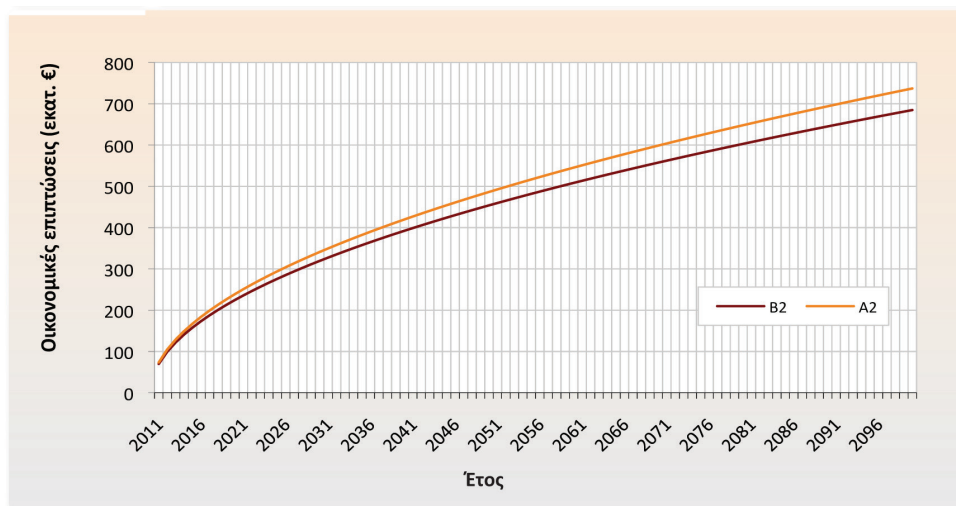
Είναι αδύνατον να γίνουν ακριβείς προβλέψεις για την αύξηση του αριθμού και της έντασης των δασικών πυρκαγιών που θα προκληθούν από

την κλιματική αλλαγή, αλλά είναι βέβαιο ότι θα υπάρχουν σημαντικές αυξήσεις τόσο του αριθμού όσο και της καταστροφής που προκαλεί κάθε πυρκαγιά. Προβλέπεται ότι η καμένη έκταση δασών θα αυξηθεί κατά 10% (Σενάριο B2) έως 20% (Σενάριο A2), δηλ. κατά 20 χιλ. εκτ. έως 40 χιλ. εκτ. επιπλέον το 2100. Λόγω αύξησης του φαινομένου των πυρκαγιών, με μέσο ξυλαπόθεμα 61 κ.μ./εκτ. εκτιμώνται πρόσθετες οικονομικές επιπτώσεις €40 εκατ. (B2) και €80 εκατ. (A2) το 2100. Με την παραδοχή ότι η αξία κατά κ.μ. αποτιμάται σε τουλάχιστον 25% της κατώτερης τιμής του νερού άρδευσης στη Βουλγαρία (Oko Inc., 2001) δηλ. €0,0026/κ.μ., εκτιμάται ότι η αναμενόμενη ετήσια ζημία από τον περιορισμό του αξιοποιήσιμου υδατικού δυναμικού των 20 δισεκ. κ.μ. θα ανέλθει σε €13 εκατ. (B2) και σε €20,8 εκατ. (A2).

Για την εκτίμηση της παρούσας αξίας των οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής είναι απαραίτητη η χρήση ενός προεξοφλητικού επιτοκίου και του ρυθμού της ετήσιας μεταβολής των οικονομικών επιπτώσεων από το 2010 έως το 2100. Η χρήση κατάλληλου προεξοφλητικού επιτοκίου για την οικονομική αποτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής είναι ένα σημαντικό θέμα, που έχει απασχολήσει τους οικονομολόγους (Newell and Pizer, 2003, Stern et al., 2006, Dasgupta, 2007, Nordhaus, 2007a, b, Stern and Treasury, 2007, Stern, 2008, Weitzmann, 2007). Στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκε η οικονομική αποτίμηση με τη χρήση δύο προεξοφλητικών επιτοκίων (Nordhaus, 2007a, b), το 1%, μακροπρόθεσμο επιτόκιο, δηλ. περισσότερο από 300 χρόνια, και το 3%, επιτόκιο για τα πρώτα χρόνια της κλιματικής αλλαγής. Δεν υπάρχει σαφής απάντηση στο ερώτημα ποιο είναι το κοινωνικά άριστο προεξοφλητικό επιτόκιο, καθώς το ερώτημα είναι στην ουσία ηθικό και αφορά τη σύγκριση της κοινωνικής και οικονομικής ευημερίας της παρούσας γενεάς με εκείνη των μελλοντικών, στη συγκεκριμένη περίπτωση των γενεών που θα ζουν το 2050 και το 2100 (Varian, 2006).

Το υπόδειγμα BIOME3, με βάση το οποίο εκτιμήθηκαν οι φυσικές επιπτώσεις στα δασικά οικοσυστήματα, δεν παρέχει ετήσιες προβλέψεις αλλά μόνο για τα έτη 2050 και 2100. Με τα περιορισμένα δεδομένα που υπάρχουν, γίνεται εδώ η παραδοχή ότι η μεταβολή της βιομάζας ακολουθεί τη μορφή απλής εκθετικής συνάρτησης. Η συνάρτηση που αρμόζει καλύτερα και χρησιμοποιήθηκε στις παρατηρήσεις του Σεναρίου B2 για την εκτίμηση των ετήσιων οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής είναι $y=69,91x^{0,507121}$, όπου y η μεταβολή της βιομάζας (10^3 κ.μ.) και x τα έτη ($x=1$: έτος 2011 έως $x=90$: έτος 2100). Η συνάρτηση που περιγράφει τις παρατηρήσεις του Σεναρίου A2 της κλιματικής αλλαγής είναι $y=73,423x^{0,512566}$. Οι εκτιμώμενες οικονομικές επιπτώσεις που προέκυψαν από τις παραπάνω συναρτήσεις για τα επόμενα 90 έτη (2011-2100) παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 31.

Διάγραμμα 31
Εκτιμήσεις οικονομικών επιπτώσεων κλιματικής αλλαγής (2011-2100)
(Εκατ. Ευρώ)



Η παρούσα αξία των άμεσων οικονομικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής (Πίνακας 18) στα δασικά οικοσυστήματα, για τα δύο πιο πιθανά σενάρια κλιματικής αλλαγής, B2 και A2, και για δύο προεξοφλητικά

επιτόκια, 1% και 3%, κυμαίνεται από €1,4 δισεκ. (B2) με προεξοφλητικό επιτόκιο 3% έως €9,5 δισεκ. (A2) με προεξοφλητικό επιτόκιο 1%. Οι επιπτώσεις των επιτοκίων είναι πολύ μεγαλύτερες από τις επιπτώσεις των δύο κλιματικών σεναρίων που χρησιμοποιήθηκαν (Πίνακας 18). Σε κάθε περίπτωση όμως, λόγω της πληθώρας των αβεβαιοτήτων μιας μελλοντικής πρόβλεψης και εκτίμησης αυτής της μορφής, οι συγγραφείς θεωρούν ότι οι εκτιμώμενες τιμές θα πρέπει να ληφθούν ως κατώτατο όριο (lower bound) των πραγματικών οικονομικών επιπτώσεων. Στην άποψη αυτή συνηγορεί επίσης το γεγονός ότι οι εκτιμήσεις βασίζονται μόνο στις άμεσες επιπτώσεις από τα δασικά οικοσυστήματα, χωρίς να ληφθούν υπόψη όλες οι έμμεσες επιπτώσεις στις περιβαλλοντικές υπηρεσίες που προσφέρουν τα δασικά οικοσυστήματα, επιπτώσεις που πιθανόν να είναι πολύ σημαντικότερες από τις άμεσες.

Πίνακας 18
Εκτιμήσεις παρούσας αξίας οικονομικών επιπτώσεων στα δασικά
οικοσυστήματα μέχρι το 2100
(Έκατ. Ευρώ)

Επιτόκιο	1%		3%	
	Σενάριο			
	B2	A2	B2	A2
Παρούσα αξία				
Ανακατανομή δασών	46,7	94,8	14,9	30,4
Πυρκαγιές	721,2	1.462,1	231,0	470,9
Άνοδος στάθμης θάλασσας	116,8	237,4	37,4	76,2
Βιομάζα ξύλου και βοσκ. ύλης	3.154,2	7.300,9	1.014,0	2.320,2
Χρησιμοποίηση νερό	235,4	376,7	75,5	120,9
Σύνολο	4.274,4	9.471,9	1.372,8	3.018,6

2.5. Οικονομικές και φυσικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον τουρισμό

Ο τουρισμός αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους κλάδους της ελληνικής οικονομίας, σε όρους ΑΕΠ, απασχόλησης και κάλυψης μέρους του ελλείμματος του εμπορικού ισοζυγίου της χώρας. Παράλληλα όμως, ο ελληνικός τουρισμός παρουσιάζει σημαντικά προβλήματα, με κυριότερα τον εποχικό και γεωγραφικό συγκεντρωτισμό του προσφερόμενου προϊόντος και την αργή προσαρμογή στις νέες διαμορφούμενες συνθήκες σε όρους ζήτησης και περιφερειακού ανταγωνισμού. Τα βασικά κλαδικά χαρακτηριστικά και οικονομικά στοιχεία για τον ελληνικό τουρισμό παρουσιάζονται στον Πίνακα 19.

Οι κλιματικές συνθήκες αποτελούν τμήμα του πωλούμενου αγροτικού προϊόντος και, κατ' επέκταση, το καθιστούν ευάλωτο στην κλιματική αλλαγή. Υψηλές θερμοκρασίες, ακραία καιρικά φαινόμενα και έλλειψη νερού είναι μόνο μερικές από τις επιπτώσεις που αναμένεται να επηρεάσουν σημαντικά τον κλάδο του τουρισμού. Για παράδειγμα, έρευνες της γερμανικής Κεντρικής Τράπεζας και του Παγκόσμιου Οργανισμού Τουρισμού (WTO) προβλέπουν ανακατανομή των τουριστικών αφίξεων υπέρ χωρών με χαμηλότερες μέσες εαρινές θερμοκρασίες, όπως οι χώρες της Βαλτικής, της Benelux και της Σκανδιναβίας, και σε βάρος των μεσογειακών χωρών (Deutsche Bank Research, 2008, και WTO, *Climate Change and Tourism: Responding to Global Challenges*, 2008).

Οι μελέτες αυτές αποτελούν παραδείγματα της πρόσφατης ραγδαία αναπτυσσόμενης βιβλιογραφίας που μελετά τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην οικονομία γενικά και στον τουρισμό ειδικότερα. Με βάση τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, οι Πίνακες 20 και 21 παρουσιάζουν αντίστοιχα τις σημαντικότερες φυσικές και οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον κλάδο του τουρισμού.

Πίνακας 19
Βασικά μεγέθη του ελληνικού τουρισμού και επιδόσεις σε σύγκριση
με τους βασικούς ανταγωνιστές (2007)

Βασικά μεγέθη του ελληνικού τουρισμού, 2007						
Συμμετοχή στο ΑΕΠ	17,2% (World Travel and Tourism Council)					
Συμμετοχή στην απασχόληση	20,8% της συνολικής απασχόλησης (World Travel and Tourism Council)					
Απασχόληση (άμεση & έμμεση)	939.820 (World Travel and Tourism Council)					
Έσοδα	€11,3 δισεκ. (Τράπεζα της Ελλάδος)					
Αφίξεις αλλοδαπών	15,2 εκατ.					
Μέση κατά κεφαλήν δαπάνη	€743					
Μερίδιο αγοράς	1,68% παγκόσμια, 3,13% στην Ευρώπη					
Εποχικότητα	47,7% των αφίξεων αλλοδαπών πραγματοποιείται κατά το διάστημα από τον Ιούλιο έως το Σεπτέμβριο					
Συγκέντρωση προσφοράς	52% των ξενοδοχειακών κτινών συγκεντρώνονται σε 3 περιοχές της Ελλάδος (Ξενοδοχειακό Επιμελητήριο Ελλάδος)					
Ξενοδοχειακή υποδομή	9.207 ξενοδοχεία/700.933 κλίνες (Ξενοδοχειακό Επιμελητήριο Ελλάδος)					
Πέντε πρώτες κατά σειρά αγορές	Ην. Βασίλειο (2.618.542), Γερμανία (2.264.332), Ιταλία (1.157.081), Ολλανδία (828.185), Γαλλία (756.105) [ΕΣΥΕ]					
Επιδόσεις 2007 – Ελλάδα – ανταγωνιστές						
Δείκτες απόδοσης 2007	Ελλάδα	Ισπανία	Κύπρος	Τουρκία	Αίγυπτος	Κροατία
Κατάταξη - διεθνείς αφίξεις	16η	2η	κάτω από την 50ή	9η	22η	24η
Κατάταξη - έσοδα	12η	2η	κάτω από την 50ή	10η	25η	26η
Διεθνείς αφίξεις 2007 (εκατ.)	15,2	58,7	2,4	22,2	10,6	9,3
% μεταβολή αφίξεων 2000 - 2007	22,6	26,5	-11,1	131,3	107,8	60,3
Έσοδα, \$ δισεκ. 2007	15,5	57,6	2,7	18,5	9,3	9,3
% μεταβολή εσόδων 2000-2007	68,5	92,0	42,1	143,4	116,3	232,1
Μέση κατά κεφαλή δαπάνη ανά ταξίδι σε \$	1.019,7	971,4	1.125,0	829,6	877,4	1.000,0
Μερίδιο αγοράς παγκόσμια σε αφίξεις (%)	1,68	6,49	0,27	2,46	1,17	1,03
Μερίδιο αγοράς παγκόσμια σε έσοδα (%)	1,81	6,72	0,32	2,16	1,09	1,09
Πηγή: Επεξεργασία δεδομένων από πολλαπλές πηγές.						

Πίνακας 20
Φυσικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον τουρισμό

Άμεσες επιπτώσεις	Έμμεσες επιπτώσεις
• Αύξηση της θερμοκρασίας	• Φθορές παράκτιων τουριστικών υποδομών
• Άνοδος της στάθμης της θάλασσας	• Απαξίωση τουριστικών υποδομών λόγω έλλειψης φυσικών προϋποθέσεων χρήσης τους (ενδεικτικά, έλλειψη χιονιού για τα χιονοδρομικά κέντρα)
• Αλλαγές στην υγρασία και την ποιότητα του αέρα	• Διείσδυση θαλάσσιου νερού στον υδροφόρο ορίζοντα και υφαλμύρωση του πόσιμου νερού
• Αύξηση της ξηρασίας	• Μείωση διαθέσιμου νερού λόγω μείωσης βροχοπτώσεων
• Αύξηση της ρύπανσης	• Μείωση ή και εξάλειψη οικοτουριστικών υποδομών και δραστηριοτήτων
• 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	

Πηγή: Επεξεργασία δεδομένων από πολλαπλές πηγές

Πίνακας 21
Οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον τουρισμό

• Πιθανή μείωση αριθμού αφικνούμενων τουριστών
• Πιθανή μείωση μέσου χρόνου παραμονής τους
• Μείωση εποχικότητας
• Μείωση διαθέσιμου εισοδήματος παγκοσμίως για τον τουρισμό λόγω της πτώσης του ΑΕΠ, οφειλόμενης 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 θελγέτρων μιας περιοχής (π.χ. υποκατάσταση δάσους με θεματικό πάρκο, δραστηριοτήτων mountain bike με πίστα carting, αντιμετώπιση της έλλειψης 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: Επεξεργασία δεδομένων από πολλαπλές πηγές

2.6. Κλιματική αλλαγή και υγεία

Είναι γνωστό ότι το κλίμα και οι καιρικές συνθήκες αποτελούν σημαντικές συνιστώσες που επηρεάζουν την ανθρώπινη υγεία. Αυτό σημαίνει ότι η κλιματική αλλαγή που παρατηρείται παγκοσμίως μεταβάλλει με τη σειρά της τα δεδομένα που σχετίζονται με την υγεία και την ευημερία των πληθυσμών. Πρόκειται για μια υπολογίσιμη επίδραση, στην οποία συχνά δεν αποδίδεται η δέουσα προσοχή, αφού οι περισσότεροι θεωρούν ότι η προσωπική τους υγεία εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τη συμπεριφορά τους (π.χ. διατροφικές συνήθειες, άσκηση), την κληρονομικότητα και την ευκολία πρόσβασης σε υπηρεσίες υγείας.

Οι πρόσφατες κλιματικές αλλαγές πιστεύεται ότι έχουν ήδη καθορίσει ορισμένα επιδημιολογικά δεδομένα σε παγκόσμια κλίμακα. Για παράδειγμα, η ετήσια έκθεση του Διεθνούς Οργανισμού Υγείας για το 2002 αναφέρει ότι η κλιματική αλλαγή ευθύνεται για περίπου το 2,4% των κρουσμάτων διάρροιας παγκοσμίως, καθώς και για το 6% των κρουσμάτων ελονοσίας σε κάποιες αναπτυσσόμενες χώρες για το έτος 2000 (WHO, 2002). Ένα πρόβλημα σχετικά με την αξιολόγηση τέτοιου είδους αποτελεσμάτων είναι πως η υγεία επηρεάζεται από μια πληθώρα παραγόντων και, επομένως, είναι δύσκολο να μετρηθεί αποκλειστικά η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην υγεία και να απομονωθούν όλοι οι άλλοι παράγοντες. Παρά τη δυσκολία αυτή, και με δεδομένο ότι η κλιματική αλλαγή επιδρά σε πολλές συνιστώσες της ανθρώπινης υγείας, οι επιπτώσεις της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής στην υγεία έχουν ανακύψει ως ένα μείζον ζήτημα, που αφορά όχι μόνο θεωρητικά την ιατρική και την περιβαλλοντολογική επιστήμη, αλλά που έχει ως επί το πλείστον πρακτική σημασία, φανερώνοντας την ανάγκη για χάραξη κατάλληλης κοινωνικοοικονομικής πολιτικής.

Η έκθεση της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας για τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην υγεία των Ευρωπαίων πολιτών επισημαίνει ότι η

άνοδος της θερμοκρασίας κατά ένα βαθμό αναμένεται να επιφέρει αύξηση της θνησιμότητας κατά 1% έως 4%. Αυτό σημαίνει ότι η θνησιμότητα που οφείλεται στις υψηλότερες θερμοκρασίες θα μπορούσε να αυξηθεί κατά 30.000 θανάτους ετησίως έως τη δεκαετία του 2030 και κατά 50.000 έως 110.000 θανάτους ετησίως έως τη δεκαετία του 2080.

Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τον ανθρώπινο οργανισμό με άμεσο και έμμεσο τρόπο. Η άμεση έκθεση πραγματοποιείται λόγω των μεταβαλλόμενων καιρικών συνθηκών, όπως η θερμοκρασία, οι βροχοπτώσεις, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και τα συχνότερα ακραία καιρικά φαινόμενα. Η έμμεση έκθεση οφείλεται στη χαμηλότερη ποιότητα του πόσιμου ύδατος και των μετεωρολογικών συνθηκών, καθώς και στις μεταβολές του οικοσυστήματος, της γεωργίας, της βιομηχανίας, των οικισμών και της οικονομίας. Κατά συνέπεια, η κλιματική αλλαγή συνδέεται παγκοσμίως και με ήδη υπάρχουσες ασθένειες, αλλά μπορεί να οδηγήσει και σε πρόωρους θανάτους από συχνότερα ακραία καιρικά φαινόμενα.

Σύμφωνα με την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην υγεία μπορούν ενδεικτικά να ενταχθούν στις εξής τρεις κατηγορίες (WHO, 2003):

α) Άμεσες επιπτώσεις, που συνήθως προκαλούνται από ακραία καιρικά φαινόμενα (π.χ. θάνατοι από καύσωνες).

β) Έμμεσες επιπτώσεις, οι οποίες προκαλούνται ως συνέπεια περιβαλλοντικών αλλαγών και οικολογικών διαταραχών που οφείλονται στην κλιματική αλλαγή (π.χ. αυξανόμενη απειλή από ασθένειες που μεταφέρονται από τα κουνούπια ή τα τρωκτικά).

γ) Διάφορες επιπτώσεις που προκαλούνται σε πληθυσμούς που πλήττονται από την υποβάθμιση του περιβάλλοντος και από οικονομικά προβλήματα λόγω της κλιματικής αλλαγής (π.χ. διατροφικά ή ακόμα και ψυχολογικά προβλήματα).

Στο Διάγραμμα 32 παρουσιάζεται συνοπτικά η σχέση μεταξύ της

παγκόσμια κλίμακα είναι ότι η κλιματική αλλαγή μπορεί να προκαλέσει, μεταξύ άλλων (WHO, 2003):

α) αυξημένη θνησιμότητα λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας, αλλά και συγχρόνως μειωμένη θνησιμότητα στις λιγότερες θερμές χώρες για τον ίδιο λόγο,

β) μεγαλύτερη συχνότητα επιδημιών μεταδοτικών ασθενειών λόγω πλημμυρών και ακραίων καιρικών φαινομένων,

γ) υπολογίσιμες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία λόγω της μετακίνησης πληθυσμών εξαιτίας της αύξησης της στάθμης των θαλασσών και της αυξημένης συχνότητας ακραίων καιρικών φαινομένων.

Οι υγειονομικές αρχές στις Ηνωμένες Πολιτείες διακρίνουν επίσημα 11 κατηγορίες αυξημένων περιπτώσεων ασθενειών που μπορούν να συνδέσουν την ανθρωπογενή συνιστώσα της κλιματικής αλλαγής με την υγεία (CDC, 2009):

α) άσθμα, αναπνευστικές αλλεργίες και ασθένειες από τον ατμοσφαιρικό αέρα,

β) νεοπλάσματα,

γ) καρδιοαναπνευστικά προβλήματα και εμφράγματα,

δ) τροφιμογενείς ασθένειες και λοιμώξεις,

ε) νοσηρότητα και θνησιμότητα από τη ζέστη,

στ) επιπλοκές στην ανθρώπινη ανάπτυξη,

ζ) βλάβες της ψυχικής υγείας και διαταραχές άγχους,

η) νευρολογικές διαταραχές,

θ) ασθένειες που προκαλούνται από φορείς,

ι) ασθένειες που προκαλούνται από το νερό και

ια) νοσηρότητα και θνησιμότητα εξαιτίας των καιρικών συνθηκών (ακραία καιρικά φαινόμενα).

Οι πλέον ευάλωτες ομάδες λόγω της κλιματικής αλλαγής θα είναι:

- οι ηλικιωμένοι,
- τα παιδιά,

- τα άτομα που αντιμετωπίζουν χρόνια προβλήματα υγείας και βρίσκονται υπό συνεχή ιατρική παρακολούθηση,
- οι φτωχοί με προβληματική διατροφή ή και υποσιτισμό που κατοικούν σε περιοχές χαμηλού εισοδήματος με δύσκολη πρόσβαση στις υπηρεσίες υγείας,
- οι κάτοικοι νησιωτικών και ορεινών περιοχών όπου παρατηρείται λειψυδρία και δυσχέρεια εξεύρεσης υγιεινής τροφής και
- μετανάστες που βρίσκονται σε κοινωνικό αποκλεισμό από την αγορά εργασίας και τις κοινωνικές και υγειονομικές υπηρεσίες.

2.6.1. Οικονομικές επιπτώσεις

Σε ό,τι αφορά τον οικονομικό αντίκτυπο της κλιματικής αλλαγής ως προς την επίδρασή της στην υγεία, η έκθεση PESETA αναφέρει, μεταξύ άλλων, τα εξής:

α) Για την περίοδο 2011-2040, χωρίς προσαρμογή, το κόστος της κλιματικής αλλαγής θα είναι €30 δισεκ. το χρόνο (με βάση την αξία της στατιστικής ζωής, η οποία αποτιμάται στα €1,11 εκατ.) ή €13 δισεκ. ετησίως (με βάση την αξία ενός χρόνου ζωής, η οποία αποτιμάται σε €59.000). Με βάση την υπόθεση ότι θα υπάρξουν ενέργειες προσαρμογής, το κόστος αυτό μειώνεται δραστικά σε €4,5 δισεκ. και €1,9 δισεκ. αντίστοιχα. Το όφελος από τη μείωση των θανάτων λόγω ψύχους ανέρχεται, αντίστοιχα, σε €55,8 δισεκ. και €23,7 δισεκ. (χωρίς προσαρμογή) και σε €21,5 δισεκ. και €9,2 δισεκ. (με προσαρμογή). Σημειώνεται ότι σε κάθε περίπτωση το ισοζύγιο είναι θετικό, δηλαδή, με μόνο κριτήριο το οικονομικό κόστος, η κλιματική αλλαγή εκτιμάται ότι θα αποφέρει οφέλη.

β) Για την περίοδο 2071-2100, υπό το Σενάριο A2 χωρίς προσαρμογή, το κόστος της κλιματικής αλλαγής θα είναι €118 δισεκ. το χρόνο με βάση την αξία της στατιστικής ζωής ή 50 δισεκ. ετησίως με βάση την αξία ενός χρόνου ζωής. Εάν υιοθετηθεί το Σενάριο B2, το κόστος αυτό εκτιμάται σε €56 δισεκ. και €30 δισεκ. αντίστοιχα. Για την περίοδο αυτή, το οικονομικό

όφελος από τη μείωση των θανάτων λόγω ψύχους εκτιμάται στα €95,8 δισεκ. (A2, χωρίς προσαρμογή) με βάση την αξία της στατιστικής ζωής και στα €40,7 δισεκ. (A2, χωρίς προσαρμογή). Για το Σενάριο B2, χωρίς ενέργειες προσαρμογής, τα ποσά αυτά εκτιμώνται σε €64,2 δισεκ. και €27,3 δισεκ. αντίστοιχα. Παρατηρείται εδώ ότι τα οικονομικά οφέλη από τη μείωση των θανάτων λόγω ψύχους δεν είναι πάντοτε μεγαλύτερα από το οικονομικό κόστος εξαιτίας των επιπλέον θανάτων λόγω ζέστης.

Μια αντίστοιχη αποτίμηση για τα κρούσματα κατάθλιψης λόγω πλημμυρών οδηγεί στην εκτίμηση οικονομικού κόστους €1-1,4 δισεκ. ετησίως (Σενάριο A2) και €0,8-1,1 δισεκ. ετησίως (Σενάριο B2). Η έκθεση PESETA δεν αποτιμά το οικονομικό κόστος της αύξησης των ασθενειών από φορείς λόγω της κλιματικής αλλαγής, προβαίνει όμως σε μια ποιοτική εκτίμηση, αναφέροντας ότι αυτό το κόστος προβλέπεται να είναι χαμηλό σε σχέση με τα προαναφερθέντα.

Με βάση όλα τα παραπάνω, η έκθεση PESETA καταλήγει θέτοντας μια σειρά από ζητήματα, η διερεύνηση των οποίων αποτελεί προτεραιότητα. Επισημαίνεται ότι χρειάζονται περισσότερες επιδημιολογικές μελέτες, οι οποίες να παρέχουν τη βάση για εγκυρότερη συσχέτιση θερμοκρασίας / θνησιμότητας, ώστε τα υποδείγματα να παρέχουν πιο αξιόπιστα και λιγότερο αβέβαια αποτελέσματα. Σ' αυτές τις συναρτήσεις θα πρέπει να υπεισέλθουν ως μεταβλητές και παράγοντες που σχετίζονται με ενέργειες του πληθυσμού για προσαρμογή. Στα θέματα προτεραιότητας για έρευνα, η έκθεση τονίζει, μεταξύ άλλων, ότι χρειάζεται τα υποδείγματα να γίνουν πιο λεπτομερή, ώστε να αντικατοπτρίζουν με περισσότερη ακρίβεια τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής - π.χ., λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση, απρόβλεπτα γεγονότα, ή ασθένειες τις οποίες τα υπάρχοντα υποδείγματα αγνοούν.

Κεφάλαιο 3

Τα οικονομικά της κλιματικής μεταβολής στην Ελλάδα

3.1. Ιδιαιτερότητες των οικονομικών της κλιματικής αλλαγής

Τα αίτια και οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής είναι παγκόσμια. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή ανεξάρτητα από την περιοχή και τη δραστηριότητα από την οποία προέρχονται. Παρόλο που κάθε χώρα και κάθε τομέας της οικονομίας μπορεί να εκλύει διαφορετικές ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου, η επίπτωση της έκλυσης ενός επιπλέον τόνου αερίων του θερμοκηπίου είναι ίδια ανεξάρτητα από την προέλευσή του. Μάλιστα, οι επιπτώσεις είναι παγκόσμιες και όχι επικεντρωμένες στη χώρα εκπομπής. Σχεδόν όλες οι ανθρώπινες δραστηριότητες και οι τομείς της οικονομίας συμβάλλουν άμεσα ή έμμεσα στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, καθιστώντας την κλιματική αλλαγή πρωτοφανή ως προς το εύρος των εμπλεκόμενων δραστηριοτήτων. Ομοίως, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι τόσο εκτεταμένες ώστε κανένας τομέας της οικονομίας και της κοινωνίας να μην παραμένει ανέπαφος.

Οι μεταβολές των τοπικών κλιματικών συνθηκών εξαιτίας της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής μπορεί να διαφέρουν μεταξύ τους, όμως εξαρτώνται σε κάθε περίπτωση από το παγκόσμιο κλιματικό σύστημα και τον τρόπο με τον οποίο αυτό επηρεάζεται από τη συσσώρευση εκπομπών σε παγκόσμια κλίμακα. Το ότι η κλιματική αλλαγή εξαρτάται από τη συσσώρευση εκπομπών διαχρονικά έχει μεγάλη σημασία για την οικονομική ανάλυση αλλά και για τη χρονική διαδοχή των επιθυμητών

μειώσεων των εκπομπών.

Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής εκτυλίσσονται επί μακρό χρόνο και επιμένουν για πολύ μεγάλες χρονικές περιόδους. Τα αέρια του θερμοκηπίου παραμένουν στην ατμόσφαιρα για εκατοντάδες χρόνια και το κλιματικό σύστημα αντιδρά αργά στις αυξημένες συγκεντρώσεις. Επίσης, οι χρονικές υστερήσεις και η αδράνεια καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο αντιδρούν το περιβάλλον, η οικονομία και η κοινωνία στην κλιματική αλλαγή. Απαιτείται γνώση αυτών των σύνθετων χρονικών προτύπων για την κατανόηση των επιπτώσεων και τη διαμόρφωση ορθής πολιτικής. Ένα ιδιαίτερα δύσκολο ζήτημα είναι η μορφή της διαχρονικής διασποράς του οφέλους και της ζημίας. Το μεγαλύτερο μέρος των πιθανών ζημιών λόγω της κλιματικής αλλαγής θα επιβαρύνει τις μελλοντικές γενεές, ενώ το κόστος για την ανάληψη δράσης πρέπει να το επωμιστούν οι παρούσες γενεές.

Ο χαρακτήρας και το μέγεθος της αβεβαιότητας που είναι συνυφασμένη με την κλιματική αλλαγή, καθώς και οι επιπτώσεις της, επιβάλλουν χειρισμό του κινδύνου και της αβεβαιότητας, πράγμα που αποτελεί σημαντική πρόκληση και βασικό στοιχείο της ανάλυσης των οικονομικών της κλιματικής αλλαγής. Αξίζει να σημειωθεί ότι, ενώ πολλές πτυχές των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής είναι αβέβαιες, υφίσταται συμφωνία σχεδόν όλων των επιστημόνων ότι η ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή όντως συμβαίνει, και ταυτόχρονα υπάρχει ομοφωνία και σχετικά με το εύρος των αναμενόμενων αυξήσεων της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη. Αυτό δεν μειώνει τη μεγάλη αβεβαιότητα σχετικά με πολλές πτυχές της κλιματικής αλλαγής και τις επιπτώσεις της, όπως π.χ. σε πόσο υψηλά επίπεδα μπορεί να φθάσει η θερμοκρασία, ποια πιθανότητα αποδίδεται στο ενδεχόμενο καταστροφικής κλιματικής αλλαγής, πώς οι διάφορες χώρες θα προσαρμοστούν στην κλιματική αλλαγή, ποια η φύση και η έκταση των φυσικών και οικονομικών ζημιών, κ.λπ.

Η οικονομική ανάλυση των σχετικά μικρών ή οριακών έργων,

επιπτώσεων και αποτυχιών της αγοράς έχει μακρά ιστορία και έχουν πραγματοποιηθεί αρκετά υψηλού επιπέδου έρευνες. Όμως, για τις μεγάλες, μη οριακές επιπτώσεις που επηρεάζουν μεγάλα τμήματα μιας οικονομίας ή περιφέρειας, αυτή η ανάλυση κόστους - οφέλους αντιμετωπίζει σοβαρές δυσκολίες. Το ασυνήθιστα μεγάλο πεδίο αιτίων και συνεπειών της κλιματικής αλλαγής, με τις τόσο πολλές και περίπλοκες αλληλεξαρτήσεις και χρονική δυναμική, δοκιμάζει τα όρια αντοχής κάθε οικονομικής μεθοδολογίας. “Η ανάλυση πρέπει να καλύπτει ένα πολύ ευρύ φάσμα και να περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, τα οικονομικά: της ανάπτυξης και μεγέθυνσης, των κλάδων, των καινοτομιών και των τεχνολογικών αλλαγών, των θεσμών, της διεθνούς οικονομίας, της δημογραφίας και της μετανάστευσης, των δημόσιων οικονομικών, της πληροφόρησης και της αβεβαιότητας, τα οικονομικά του κινδύνου και της περιουσίας, και, τέλος, τα οικονομικά του περιβάλλοντος σε όλα τα πεδία εφαρμογής τους” (Stem and Treasury, 2007).

Όλα αυτά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά καθιστούν την κλιματική αλλαγή τη σαφώς μεγαλύτερη και την πλέον περίπλοκη αποτυχία αντιμετώπισης εξωτερικού κόστους εκ μέρους των θεσμικών μηχανισμών της οικονομίας. Επίσης, παρόλο που αυξάνεται ο πλούτος των πληροφοριών χάρη στην οικονομική ανάλυση της κλιματικής αλλαγής, τα οικονομικά της κλιματικής αλλαγής εξακολουθούν να παραμένουν σε φάση επιστημονικής έρευνας, η οποία απαιτείται να ενσωματώσει περαιτέρω θεωρητικές και εμπειρικές καινοτομίες.

3.2. Η αβεβαιότητα και τα οικονομικά μιας ακραίας κλιματικής αλλαγής

Η αβεβαιότητα είναι ένα ζήτημα κεντρικής σημασίας στο πλαίσιο της ανάλυσης για την κατανόηση της κλιματικής αλλαγής και των οικονομικών της. Παρόλο που οι μηχανισμοί που οδηγούν στην αύξηση της θερμοκρασίας της Γης είναι απλοί, υφίσταται αβεβαιότητα σχετικά με θεμελιώδη ζητήματα, όπως π.χ. ο τρόπος με τον οποίο η αύξηση της θερμοκρασίας θα επηρεάσει τα καιρικά συστήματα και ο τρόπος με τον οποίο οι διάφορες κλιματικές επιπτώσεις θα επηρεάσουν την οικονομία και την ευημερία.

Οι οικονομολόγοι συχνά ασχολούνται με αβέβαια ενδεχόμενα, όταν αξιολογούν επιλογές πολιτικής, καθώς οι περισσότερες πτυχές της οικονομικής ζωής εμπεριέχουν και κάποιο βαθμό αβεβαιότητας. Αν η πιθανότητα πραγμάτωσης των διαφόρων ενδεχομένων είναι γνωστή, οι αναλυτές που χρησιμοποιούν πρότυπα μπορούν να αξιολογήσουν τις συνέπειες των διαφόρων μεθόδων δράσης. Το πρόβλημα με την κλιματική αλλαγή είναι ότι η αβεβαιότητα έχει πιο θεμελιώδη χαρακτήρα από την άποψη ότι δεν είναι διαθέσιμες αρκετές προγενέστερες πληροφορίες, ώστε να αποτιμηθούν με ικανοποιητικό βαθμό πιθανότητας τα διάφορα ενδεχόμενα.

Σε μια σειρά από πρόσφατες εργασίες ο Weitzman υποστηρίζει ότι η συγκεκριμένη μορφή αβεβαιότητας σχετικά με την πιθανότητα καταστροφικής κλιματικής αλλαγής υπονομεύει τις προσπάθειες για ουσιαστικό υπολογισμό του οφέλους και του κόστους και παρέχει ισχυρά επιχειρήματα υπέρ της ανάγκης να ληφθούν άμεσα και δραστικά μέτρα για το κλίμα. Όταν οι οικονομολόγοι αναλαμβάνουν να αξιολογήσουν την κλιματική αλλαγή, συνήθως παρακάμπτουν το πρόβλημα της αβεβαιότητας με το να εστιάζουν την προσοχή τους στις πιο πιθανές ή στις κεντρικές

προβλέψεις για τις θερμοκρασίες ή τις ζημιές, σαν να ήταν βέβαιοι σχετικά με αυτές.

Μια μέθοδος την οποία εφαρμόζουν οι αναλυτές που χρησιμοποιούν μαθηματικά πρότυπα ώστε να λάβουν υπόψη τους την αβεβαιότητα συνίσταται στην αυξομείωση των τιμών ορισμένων παραμέτρων και στη διαπίστωση του πόσο “ευαίσθητα” είναι τα αποτελέσματα του προτύπου σ’ αυτές τις αλλαγές. Σε πιο σπάνιες περιπτώσεις όπου τα μαθηματικά πρότυπα ενσωματώνουν αναπαράσταση της αβεβαιότητας στο σχεδιασμό τους, παρόμοια ανάλυση γίνεται με χρήση συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας, η οποία συνδέει τις πιθανότητες με τα διάφορα ενδεχόμενα. Οι πιθανές μελλοντικές ζημιές σταθμίζονται με βάση το βαθμό πιθανότητας πραγμάτωσης των αντίστοιχων ενδεχομένων, ώστε να υπολογιστεί το μέσο ή το αναμενόμενο ύψος των ζημιών.

Για να υπολογιστεί το αναμενόμενο ύψος των ζημιών, τα πιο πιθανά ενδεχόμενα σταθμίζονται με μεγάλο συντελεστή βαρύτητας και προστίθενται στα λιγότερο πιθανά ενδεχόμενα, τα οποία σταθμίζονται με μικρούς συντελεστές βαρύτητας. Όμως, τα λιγότερο πιθανά ενδεχόμενα επιφέρουν και τις πλέον ακραίες ζημιές.

Είναι σαφές ότι η μορφή της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον υπολογισμό του αναμενόμενου ύψους των ζημιών. Για πολλές φυσικές ιδιότητες, όπως το ανάστημα των ενηλίκων, η κανονική κατανομή είναι μια καλή απεικόνιση των πιθανών ενδεχομένων. Τα περισσότερα μαθηματικά οικονομικά πρότυπα κλιματικής αλλαγής που έχουν ενσωματωμένες συναρτήσεις πυκνότητας πιθανότητας χρησιμοποιούν κανονικές κατανομές. Ένα χαρακτηριστικό της κανονικής κατανομής είναι ότι τα ακραία ενδεχόμενα (που βρίσκονται μακριά από τον μέσο ή τα ενδεχόμενα τα οποία είναι πιο απίθανο να συμβούν) είναι τόσο απίθανα που ουσιαστικά μπορούν να αγνοηθούν. Ο βαθμός λεπτότητας των άκρων (ή απολήξεων) της κανονικής κατανομής αντικατοπτρίζει το βαθμό στο οποίο είναι απίθανα αυτά τα ακραία ενδεχόμενα. Στο πλαίσιο της κλι-

ματικής αλλαγής ο Weitzman υποστηρίζει ότι οι επιστήμονες έχουν τόσο μικρές προγενέστερες γνώσεις περί του τι θα μπορούσε να συμβεί εάν υπάρξουν υψηλά επίπεδα εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ώστε τα πολύ ακραία ενδεχόμενα δεν μπορούν να αποκλειστούν και δεν πρέπει να συνδεθούν με μια σχεδόν μηδενική πιθανότητα. Συνεπώς, η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας πρέπει να αντιμετωπίζεται σαν να έχει “παχιά” άκρα. Η πιθανότητα για ακραία κλιματική αλλαγή ή καταστροφική ζημία είναι μεν μικρή, αλλά όχι μηδενική. Δεδομένου ότι οι σχεδόν αδιανόητες συνέπειες θα αντιστοιχούν σε τεράστιο όγκο ζημιών, ακόμη και αν αυτές “σταθμιστούν” με μικρή μεν αλλά μη μηδενική πιθανότητα, οι συνολικές πιθανοτικά αναμενόμενες ζημίες λόγω της κλιματικής αλλαγής θα είναι μεγάλου μεγέθους.

Η επιχειρηματολογία αυτή στηρίζεται στη φύση και την έκταση της επιστημονικής αβεβαιότητας σχετικά με την ακραία κλιματική αλλαγή και τις ζημίες. Ο Weitzman υποστηρίζει ότι είναι τόσο πολλές και βαθιές οι περιπτώσεις αβεβαιότητας σε κάθε πτυχή της κατανόησης και της αξιολόγησης για την κλιματική αλλαγή και τις επιπτώσεις της ώστε, όταν αυτές συναθροιστούν, να οδηγούν σε μια κάθε άλλο παρά ασήμαντη πιθανότητα καταστροφής. Στην προσπάθειά του να υπερασπιστεί αυτή τη θέση, παρέχει μερικά “παραδείγματα” που δείχνουν ότι για πολλούς τομείς υφίσταται σημαντική διαρθρωτική αβεβαιότητα.

Παράδειγμα Α (πρωτοφανείς αυξήσεις της συγκέντρωσης αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα): Τα καλύτερα δεδομένα που υπάρχουν στην επιστήμη της παλαιοκλιματικής από γεωτρήσεις στον πυρήνα των πάγων δείχνουν ότι το διοξείδιο του άνθρακα ποτέ δεν βρισκόταν πέραν του διαστήματος 180-300 ppm κατά τα τελευταία 800.000 χρόνια. Σήμερα ήδη βρίσκεται στα 390 ppm. Η ανθρωπότητα αύξησε τη συγκέντρωση αερίων του θερμοκηπίου πολύ πέραν των φυσικών ορίων και μάλιστα με σημαντικά γρήγορο ρυθμό. Τα επίπεδα συγκέντρωσης στα οποία μπορεί τελικά να φθάσουν τα αέρια του θερμοκηπίου στην

ατμόσφαιρα στο μέλλον πιθανότατα δεν σημειώθηκαν για τουλάχιστον δεκάδες εκατομμύρια χρόνια και ο ρυθμός αύξησης είναι πιθανό να είναι μοναδικός σε μια χρονική κλίμακα εκατοντάδων εκατομμυρίων ετών.

Παράδειγμα Β (πιθανή επίδραση πρωτοφανούς αύξησης των αερίων του θερμοκηπίου στη θερμοκρασία): Η κλιματική ευαισθησία είναι ένας δείκτης του τρόπου με τον οποίο η Γη θα αντιδράσει σε τυχόν διπλασιασμό της συγκέντρωσης αερίων του θερμοκηπίου. Είναι πιθανό η θερμοκρασία να βρεθεί εντός του διαστήματος 2 έως 4,5°C, όπου οι 3°C αποτελούν μια άριστη εκτίμηση. Η κλιματική ευαισθησία δεν είναι ισοδύναμη της μεταβολής της θερμοκρασίας, όμως, εάν τα λοιπά στοιχεία παραμείνουν ως έχουν, η τυχόν υψηλότερη κλιματική ευαισθησία θα οδηγήσει σε υψηλότερες θερμοκρασίες στο μακρινό μέλλον. Το άρθρο του M. L. Weitzman (2009a) αναφέρει ότι “τιμές κλιματικής ευαισθησίας σημαντικά υψηλότερες από τους 4,5°C δεν μπορούν να αποκλειστούν”. Είκοσι δύο μελέτες επιστημόνων που παραθέτει η IPCC-AR4 (2007) δείχνουν ότι υπάρχει σε γενικές γραμμές πιθανότητα ίση με 15% η κλιματική ευαισθησία να υπερβεί τους 4,5°C, πιθανότητα ίση με 5% να υπερβεί τους 7°C και πιθανότητα ίση με 1% να υπερβεί τους 10°C. “Από τη στιγμή που η θερμοκρασία στη Γη θα αυξηθεί κατά 4°C, οι συνθήκες θα είναι τόσο διαφορετικές από αυτές που γνωρίζουμε σήμερα (και ακόμη πιο διαφορετικές σε σχέση με την τελευταία εποχή των παγετώνων), που είναι δύσκολο να προβλεφθεί σε ποιο επίπεδο θα σταματήσει η αύξηση της θερμοκρασίας της Γης”.

Παράδειγμα Γ (περίπτωση καταστροφικής ανατροφοδότησης): Καθώς η θερμοκρασία της Γης αυξάνεται, θα μπορούσε να τεθεί σε κίνηση μια σειρά μηχανισμών που, μέσω της ανατροφοδότησης, θα έχουν επικίνδυνες επιπτώσεις για τον κύκλο του άνθρακα. Αυτό το ενδεχόμενο δεν λαμβάνεται υπόψη στα περισσότερα φυσικά πρότυπα για την κλιματική αλλαγή. Δύο παραδείγματα είναι “ο τεράστιος όγκος των αερίων του θερμοκηπίου που βρίσκονται σήμερα στο παγωμένο υπέδαφος της

Αρκτικής και σε άλλα, ελώδη εδάφη” και η “ακόμα πιο μικρή πιθανότητα απελευθέρωσης των ακόμα μεγαλύτερων ποσοτήτων μεθανίου που είναι παγιδευμένες με τη μορφή ένυδρων ουσιών”. Αν ληφθούν υπόψη και αυτοί οι παράγοντες, η πιθανότητα για ακραίες συνέπειες της κλιματικής αλλαγής θα διογκωθεί ακόμη περισσότερο.

Μια πρόσθετη πηγή αβεβαιότητας που υπεισέρχεται στην οικονομική ανάλυση της κλιματικής αλλαγής είναι ο τρόπος με τον οποίο οι αναλυτές που καταστρώνουν μαθηματικά πρότυπα επιχειρούν να συσχετίσουν τις πιθανές μεταβολές της θερμοκρασίας με τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη ευημερία. Η συνάρτηση ζημιών που χρησιμοποιείται στα περισσότερα οικονομικά πρότυπα βασίζεται στην υπόθεση ότι οι ζημιές αυξάνονται σταδιακά και συνεχόμενα, καθώς αυξάνεται η μέση θερμοκρασία της Γης. Δεν λαμβάνεται υπόψη η πιθανότητα απότομων μεταβολών (ασυνεχειών) ή επιτάχυνσης των ζημιών εξαιτίας υψηλών θερμοκρασιών. Η επιλογή σχετικά με τη χρήση αυτής της συγκεκριμένης μορφής συνάρτησης ζημιών είναι τελείως αυθαίρετη και περισσότερο οφείλεται σε επιδίωξη υπολογιστικής ευκολίας παρά σε γνώση της πραγματικής σχέσης που συνδέει τις αυξήσεις της θερμοκρασίας με τις φυσικές επιπτώσεις και την ανθρώπινη ευημερία. Η επιλογή ακριβέστερων μορφών συνάρτησης ζημιών μπορεί να οδηγήσει σε τελείως διαφορετικές αξιολογήσεις των ζημιών εξαιτίας υψηλών θερμοκρασιών.

Οι χαμηλής πιθανότητας καταστροφικές ζημιές στο μακρινό μέλλον θα μπορούσαν να θεωρηθούν ανεκτές, αν η κλιματική αλλαγή ήταν αναστρέψιμη σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα. Όμως κάτι τέτοιο δεν ισχύει, διότι τα μεγάλα αποθέματα διοξειδίου του άνθρακα θα παραμείνουν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Με δεδομένες τις βαθιές και πολλαπλές πηγές αβεβαιότητας σχετικά με τα ακραία ενδεχόμενα, η πολιτική του “βλέποντας και κάνοντας” δεν έχει εγγυημένη αποτελεσματικότητα, γιατί βασίζεται στην ελπίδα της άρσης αυτής της αβεβαιότητας. Ο Weitzman δεν βασίζεται απλώς στα στοιχεία και στη διαίσθηση για την αβεβαιότητα

σχετικά με τις ακραίες κλιματικές αλλαγές, αλλά αναπτύσσει θεωρητικά επιχειρήματα μαζί με απλά μαθηματικά πρότυπα, που παρουσιάζουν τις συνέπειες της θεώρησης συναρτήσεων πυκνότητας πιθανότητας με “παχιά” άκρα στο πλαίσιο ποσοτικών αναλύσεων. Το αποτέλεσμα αυτό ενισχύει το επιχείρημα υπέρ της ανάγκης για άμεση και ουσιαστική δράση για μείωση των εκπομπών.

Ο Weitzman και άλλοι μελετητές προτείνουν μια μέθοδο μορφοποίησης της απόφασης για τη λήψη μέτρων για την κλιματική αλλαγή διαφορετική από ό,τι εκείνη που βασίζεται στην ανάλυση κόστους-οφέλους προκειμένου να προσδιορίσει την άριστη χρονική διαδρομή των εκπομπών. Όταν ενδιαφέρει να προσδιοριστεί η άριστη ένταση και ταχύτητα των μέτρων για την κλιματική αλλαγή, είναι σημαντικό να θεωρούνται τα μέτρα αυτά ως ασφάλιση έναντι του κινδύνου καταστροφικής κλιματικής αλλαγής, έστω και αν αυτή έχει χαμηλή πιθανότητα, παρά να εστιάζεται η προσοχή στο πιο πιθανό ενδεχόμενο σχετικά με τις μελλοντικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Είναι αναγκαίο να προσδιοριστεί ποιο μέγεθος αύξησης της θερμοκρασίας μπορεί να είναι ανεκτό, ενώ παράλληλα τα μέτρα θα πρέπει να εξαλείφουν κάθε πιθανότητα μελλοντικής καταστροφής.

Μια τέτοια προσέγγιση “προληπτικού” χαρακτήρα είναι παρόμοια με την πρακτική που ακολουθείται σχετικά με τις αποφάσεις περί ασφάλισης έναντι κινδύνων πυρκαγιών, πλημμυρών και άλλων ειδών καταστροφής. Επειδή οι άνθρωποι αποστρέφονται τον κίνδυνο, είναι κατά κανόνα πρόθυμοι να πληρώσουν για να αποφύγουν ένα ενδεχόμενο που έχει μεν μικρή πιθανότητα πραγματοποίησης, αλλά που αντιστοιχεί σε μεγάλη ζημία. Αν η προσοχή επικεντρωνόταν μόνο στα πιο πιθανά αποτελέσματα, δεν θα συνάπτονταν συμβάσεις ασφάλισης. Η προσέγγιση του θεσμού της ασφάλισης που αντιμετωπίζει τη δράση για την κλιματική αλλαγή ως μια μέθοδο για να αποφευχθεί η χαμηλή πιθανότητα κινδύνου καταστροφικών ζημιών θα μπορούσε εύκολα να δικαιολογήσει την καταβολή ενός μεριδίου της τάξεως του 0,5% του ΑΕΠ για να υπάρξει κάλυψη έναντι, π.χ.

πιθανότητας παγκόσμιας καταστροφής της τάξεως του 1%. Λαμβάνοντας υπόψη της τέτοιους παράγοντες, η παγκόσμια κοινότητα δαπάνησε το 2006 το 3% του ΑΕΠ για ασφάλιση.

Θα μπορούσε να τεθεί το ερώτημα κατά πόσον οι κίνδυνοι από την κλιματική αλλαγή είναι παρόμοιας τάξεως μεγέθους με ακραίους κινδύνους από άλλα “εφιαλτικά σενάρια”, όπως σχετικά με περιβαλλοντικές καταστροφές π.χ. από τη βιοτεχνολογία, τις πανδημίες, την εξάπλωση των πυρηνικών ή την πτώση ενός αστεροειδούς στη Γη. Υπάρχουν λόγοι να πιστεύεται ότι η κλιματική αλλαγή έχει μοναδικά χαρακτηριστικά συγκρινόμενη με άλλες περιπτώσεις παγκόσμιας περιβαλλοντικής καταστροφής, επομένως δεν είναι ορθό οι παραπάνω κίνδυνοι να συγκρίνονται και να αξιολογούνται με παρόμοιο τρόπο.

3.3. Πολιτικές προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή

Από την οπτική γωνία μιας χώρας, δεν είναι ασφαλές να επαφίεται ο μετριασμός των επιπτώσεων από την κλιματική αλλαγή μόνο στη μείωση των εκπομπών, και τούτο επειδή ο μετριασμός μπορεί να επιτευχθεί μόνον εφόσον όλες οι χώρες του κόσμου από κοινού μειώσουν τις εκπομπές, και μάλιστα δραστικά, άμεσα και για μακρά χρονική περίοδο. Ο συντονισμός όλων των χωρών σε επιθετικό και άμεσο πρόγραμμα δράσης για δραστική μείωση των εκπομπών είναι ευκαίριος αλλά ιδιαίτερα αβέβαιος. Αν αποτύχει η παγκόσμια αυτή προσπάθεια, έστω και μερικά, τότε θα υπάρξει μεταβολή του κλίματος, όπως δείχνουν οι σχετικές αναλύσεις.

Επομένως μια χώρα, υπό το πρίσμα των δικών της συμφερόντων, οφείλει να συμπεριλάβει τη μελλοντική αλλαγή του κλίματος στα πιθανά ενδεχόμενα και να θωρακιστεί έγκαιρα ώστε να μετριαστούν οι επιπτώσεις για τη χώρα αυτή από τη μεταβολή του κλίματος. Οι πολιτικές που αποσκοπούν στο μετριασμό των επιπτώσεων από την κλιματική αλλαγή

αναφέρονται ως πολιτικές προσαρμογής και νοούνται σε αντιδιαστολή με τις πολιτικές που αποσκοπούν στο μετριασμό των πιθανοτήτων εκδήλωσης της κλιματικής αλλαγής.

Ακόμα και αν επιτευχθεί ο μετριασμός της κλιματικής αλλαγής μέσω της παγκόσμιας δράσης για μείωση των εκπομπών, κλιματική αλλαγή θα επέλθει σε κάποιο βαθμό. Στην καλύτερη περίπτωση η αλλαγή αυτή θα συνίσταται στην αύξηση της θερμοκρασίας μόνο κατά 2°C. Η εν λόγω αύξηση μπορεί να είναι μεγαλύτερη αν η παγκόσμια δράση καθυστερήσει χρονικά ή αν έχει μερική επιτυχία. Τα Κλιματικά Σενάρια B1 και B2 αντιστοιχούν σε τέτοιες περιπτώσεις. Επομένως, είναι και πάλι μεγάλης σημασίας για μια χώρα να θωρακιστεί έναντι της αβεβαιότητας αυτής, αναπτύσσοντας πολιτικές προσαρμογής στην αναμενόμενη κλιματική αλλαγή.

Οι πολιτικές προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή συνίστανται στην ανάληψη κατάλληλων δράσεων με στόχο την αντιμετώπιση των ζημιών και των αρνητικών συνεπειών, οι οποίες θα επέρχονταν λόγω της κλιματικής αλλαγής αν δεν λαμβάνονταν τα μέτρα προσαρμογής.

Οι πολιτικές προσαρμογής οφείλουν να στοχεύουν στους τομείς δραστηριότητας, οι οποίοι είναι περισσότερο ευάλωτοι στην κλιματική αλλαγή. Εφόσον έχουν προληπτικό χαρακτήρα, οι πολιτικές προσαρμογής οφείλουν να αναπτυχθούν σε περίοδο χρονικά προγενέστερη από την εκδήλωση των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής. Είναι προφανές ότι, προκειμένου να μειωθεί το κόστος τους, οι πολιτικές προσαρμογής οφείλουν να αναπτυχθούν σταδιακά κατά την πάροδο του χρόνου και όχι σε μικρό χρονικό διάστημα. Επειδή οι πολιτικές προσαρμογής υλοποιούνται με κρατική πρωτοβουλία και παρέμβαση, η αποτελεσματικότητά τους μεγιστοποιείται όταν ο σχεδιασμός βασίζεται σε αναλυτικές μελέτες και όταν οι σχετικές επιλογές αποφασίζονται μετά από στενή συνεργασία με τους εμπλεκόμενους φορείς.

Η συνολική ένταση των πολιτικών προσαρμογής εξαρτάται από την

αναμενόμενη ένταση της κλιματικής αλλαγής. Όσο εντατικοποιούνται τα μέτρα μετριασμού και επιτυγχάνουν σε παγκόσμιο επίπεδο, τόσο μικρότερο κόστος θα επωμιστούν οι πολιτικές προσαρμογής. Επομένως, είναι δύσκολο να αποφασιστεί εκ των προτέρων η άριστη στρατηγική σχετικά με την ένταση των πολιτικών προσαρμογής σε μια χώρα.

Είναι προτιμότερο η επιλογή των μέτρων προσαρμογής να γίνεται με σχετικά συντηρητικό τρόπο. Για παράδειγμα, θα είχε μεγάλη σημασία να εντοπιστούν πρώτα εκείνα τα μέτρα προσαρμογής τα οποία σε κάθε περίπτωση κλιματικής αλλαγής θα είναι χρήσιμα και απαραίτητα (ακόμη και αν επιτύχει ο μετριασμός). Τέτοια μέτρα είναι απαραίτητο να επιλεγούν κατά προτεραιότητα. Συνήθως τα μέτρα αυτά έχουν θεσμικό χαρακτήρα, όπως η ενσωμάτωση κατάλληλων διατάξεων και προδιαγραφών στη νομοθεσία, χωρίς να απαιτούνται ειδικά έργα ή δαπανηρές παρεμβάσεις. Αν με την πάροδο του χρόνου διαπιστώνεται καθυστέρηση στην εξέλιξη της παγκόσμιας δράσης για το μετριασμό, τότε ενδεχομένως θα πρέπει έγκαιρα να υιοθετηθούν επιπλέον μέτρα προσαρμογής, τα οποία πλέον θα έχουν κόστος και θα απαιτούν ειδικά έργα. Θα είναι απαραίτητο αυτά να υλοποιηθούν αρκετά πριν αρθούν οι αβεβαιότητες σχετικά με την αναμενόμενη ένταση της κλιματικής αλλαγής. Οι δαπάνες αυτές πρέπει να εκληφθούν ως ασφάλιση έναντι των μελλοντικών κινδύνων από την κλιματική αλλαγή.

Επομένως, η προσαρμογή είναι μια μακρόχρονη και συνεχής διαδικασία, η οποία αναπτύσσεται σε όλα τα επίπεδα της οικονομίας και της κοινωνίας και απαιτεί στενή συνεργασία και συντονισμό μεταξύ των διαφόρων εμπλεκόμενων φορέων. Η αποδοτική λήψη μέτρων προσαρμογής προϋποθέτει έγκαιρο προγραμματισμό και στρατηγική προσέγγιση. Εναπόκειται στους υπευθύνους για τη χάραξη πολιτικής να αντιληφθούν τις επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος και να επεξεργαστούν, όπως και να εφαρμόσουν, μορφές πολιτικής που θα εξασφαλίσουν τα βέλτιστα επίπεδα προσαρμογής.

Η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους. Είναι σημαντική η διάκριση μεταξύ αυθόρμητης και σχεδιασμένης προσαρμογής. Η αυθόρμητη προσαρμογή γίνεται ατομικά από τους οικονομικούς παράγοντες, καταναλωτές και παραγωγούς, χωρίς παρέμβαση του κράτους, και αποτελεί αντίδραση στην κλιματική αλλαγή και στις οικολογικές μεταβολές των φυσικών συστημάτων. Η σχεδιασμένη προσαρμογή είναι αποτέλεσμα συγκεκριμένων αποφάσεων πολιτικής και βασίζεται στην παρέμβαση του κράτους, η οποία εκδηλώνεται είτε μέσω νομοθετημάτων είτε μέσω άμεσων δημόσιων επενδύσεων, είτε με τη θέσπιση κινήτρων και αντικινήτρων.

Και οι δύο κατηγορίες προσαρμογής έχουν σκοπό να μετριάσουν τις αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και λαμβάνουν χώρα πριν αυτή εκδηλωθεί σε σημαντικό βαθμό.

Είναι φανερό ότι, σχετικά με την προσαρμογή, προτεραιότητα πρέπει να δοθεί στους τομείς εκείνους, οι οποίοι προβλέπεται να πληγούν περισσότερο από την κλιματική αλλαγή, καθώς και να προληφθούν εκείνες οι επιπτώσεις οι οποίες προκαλούν το μεγαλύτερο κόστος για την οικονομία. Ο τομέας που πλήττεται περισσότερο από την κλιματική αλλαγή στην Ελλάδα είναι η γεωργία, ενώ τις μεγαλύτερες συνέπειες για το σύνολο της οικονομίας και το εισόδημα των νοικοκυριών έχουν οι επιπτώσεις στη γεωργία και στον τουρισμό. Ειδική σημασία έχει επίσης ο τομέας των υδάτινων αποθεμάτων, ο οποίος επηρεάζει τόσο τη γεωργία όσο και την ύδρευση. Επομένως, οι πολιτικές προσαρμογής πρέπει να εστιαστούν στους παραπάνω τομείς και να προγραμματιστεί έγκαιρα η υλοποίηση κατάλληλων δράσεων, ώστε να μετριαστούν οι αναμενόμενες αρνητικές επιπτώσεις.

Στην παρούσα ενότητα καταγράφονται ενδεικτικά μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή.

1. ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΙ ΔΑΣΗ

1.1. Μέτρα για την απόδοση των καλλιεργειών:

- Μέτρα για τον έλεγχο και τον περιορισμό της διάβρωσης του εδάφους.
 - Εκτεταμένη χρήση κατάλληλων λιπασμάτων.
 - Εισαγωγή νέων καλλιεργειών.
 - Ανάπτυξη “ανθεκτικών” καλλιεργειών (στην ξηρασία, την αυξημένη θερμοκρασία, το αλάτι, τα έντομα, τα παράσιτα κ.λπ.).
 - Εμπλουτισμός του εδάφους για να διατηρηθεί ή να ενισχυθεί η γονιμότητα του χώματος.
 - Προσαρμογή του χρονοδιαγράμματος των γεωργικών εργασιών (φύτευσης, ψεκασμού, συγκομιδής κ.λπ.).
 - Εφαρμογή συστημάτων αμειψισποράς και αγρανάπαυσης.
 - Εφαρμογή πρακτικών καλλιέργειας χωρίς όργωμα (no-till agriculture), οι οποίες συμβάλλουν στην αποφυγή της διάβρωσης, κ.ά.

1.2. Δημόσια έργα:

- Κατασκευή φραγμάτων, επέκταση εγγειοβελτιωτικών έργων, εγκατάσταση συστημάτων ανακύκλωσης ημιακάθαρτου νερού, κ.λπ., για τη βελτίωση των αρδευτικών συστημάτων.
 - Προστασία της βιοποικιλότητας στα δάση, καθώς ενισχύει την ανθεκτικότητα των οικοσυστημάτων απέναντι στις κλιματικές μεταβολές.
 - Ενίσχυση των υποδομών δασοπροστασίας, με στόχο την πρόληψη των δασικών πυρκαγιών.

1.3. Μηχανισμοί προστασίας:

- Ανάπτυξη συστημάτων έγκαιρης ειδοποίησης (προς μετριασμό των συνεπειών από απρόβλεπτες και ακραίες καιρικές μεταβολές και διευκόλυνση της πυροπροστασίας).
 - Επιμήκυνση της περιόδου δασοπροστασίας, λόγω της αύξησης των ημερών με υψηλή επικινδυνότητα εκδήλωσης δασικής πυρκαγιάς.
 - Βελτίωση των υποδομών και των μεθόδων δασοπυρόσβεσης για την

ταχύτερη και αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση των δασικών πυρκαγιών.

2. ΥΔΡΕΥΣΗ

2.1. Μέτρα για την αύξηση της διαθεσιμότητας

των υδάτινων πόρων:

- Βελτίωση της διαχείρισης και συντήρησης των υπαρχόντων συστημάτων παροχής νερού και των σχετικών υποδομών.
- Προστασία των λεκανών απορροής και περιορισμός των υδατικών απωλειών.
 - Προστασία των πηγών υπόγειων υδάτων.
 - Συλλογή και αφαλάτωση υπόγειων και όμβριων υδάτων.
 - Προώθηση συστημάτων συλλογής βρόχινου νερού (π.χ. για πότισμα).
 - Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων μέσω βιολογικής επεξεργασίας (σε συγκεκριμένες χρήσεις όπως τουαλέτα, αστικές χρήσεις-οικοδομές και για αρδευτικούς σκοπούς).
 - Δημόσια έργα για πρόσβαση σε απομακρυσμένες πηγές ύδατος.
 - Αφαλάτωση θαλασσινού νερού (κατά προτίμηση με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας).

2.2. Μέτρα για ορθολογική χρήση του νερού:

- Αλλαγές σε σχετικές πολιτικές, όπως την τιμολόγηση του νερού και τους αρδευτικούς κανονισμούς.
 - Εγκατάσταση υδραυλικών εξοπλισμών εξοικονόμησης νερού (π.χ., ειδικές βρύσες και τηλέφωνα ντουςιέρας με περιορισμό ροής, υδρομετρητές για τον έλεγχο της κατανάλωσης, διακόπτες παροχής νερού με φωτοκύτταρα, κ.ά.).
 - Αντικατάσταση των φυτών των κήπων δημόσιων χώρων με φυτά που έχουν χαμηλές απαιτήσεις για πότισμα.
 - Θέσπιση αυστηρών προδιαγραφών εξοικονόμησης νερού για τις νέες υποδομές.

3. ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ

3.1. Επενδύσεις ιδιωτικού τομέα:

- Επενδύσεις στις υπάρχουσες τουριστικές υποδομές για την αντιμετώπιση των φυσικών συνεπειών της κλιματικής αλλαγής, όπως η αύξηση της θερμοκρασίας και η έλλειψη πόσιμου νερού.

- Προετοιμασία της τουριστικής βιομηχανίας για τη μετακίνηση της τουριστικής περιόδου από το καλοκαίρι στο φθινόπωρο και την άνοιξη.

3.2. Δημόσια έργα:

- Έργα προστασίας τουριστικών εγκαταστάσεων από πλημμύρες και ακραία καιρικά φαινόμενα.

- Έργα για την προστασία ή τη μετακίνηση τουριστικών εγκαταστάσεων σε ευάλωτες παράκτιες περιοχές.

4. ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

- Βελτιώσεις και αλλαγές στις υποδομές του συστήματος υγείας (π.χ., κλιματισμός στα νοσοκομεία ή ενίσχυση του εξοπλισμού που σχετίζεται με τις συγκεκριμένες ασθένειες οι οποίες πιθανόν να βρίσκονται σε έξαρση λόγω της κλιματικής αλλαγής).

- Παρακολούθηση των ασθενειών (δημιουργία κατάλληλων υποδομών, εργαστηρίων κ.λπ., εξειδικευμένη εκπαίδευση νέων απασχολουμένων στον τομέα της υγείας, κ.ά.).

- Επένδυση στην έρευνα για τις ασθένειες τις οποίες πιθανόν θα ενισχύσει η κλιματική αλλαγή, καθώς και σε τρόπους για την αποφυγή των εν λόγω ασθενειών.

- Βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος διαβίωσης (π.χ., ποιότητα του αέρα, ποιότητα του παρεχόμενου νερού).

- Προσαρμογή των συνθηκών στο χώρο εργασίας, ώστε να αμβλυνθούν οι συνέπειες της μειωμένης παραγωγικότητας του εργατικού δυναμικού λόγω των υψηλών θερμοκρασιών, καθώς και/ή αναπροσαρμογή των ωρών/περιόδων εργασίας.

- Στενότερη ιατρική παρακολούθηση των εργαζομένων/παροχή ιατρικής βοήθειας στο χώρο εργασίας.
- Ανάπτυξη συστημάτων έγκαιρης ειδοποίησης (προς μετριασμό των συνεπειών από απρόβλεπτες και ακραίες καιρικές μεταβολές, π.χ. κύματα καύσωνα).

Κεφάλαιο 4

Προς μία οικονομία χαμηλών εκπομπών

4.1. Στόχοι για τη μείωση των εκπομπών σε παγκόσμιο, ευρωπαϊκό και ελλαδικό επίπεδο

Κατά τη διάσκεψη της Κοπεγχάγης το Νοέμβριο του 2009 για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, τα κράτη-μέλη του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών έθεσαν στόχο τον περιορισμό της αύξησης της θερμοκρασίας κατά 2°C σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή. Ο στόχος αυτός είναι δυνατόν να επιτευχθεί εφόσον η συγκέντρωση αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σταθεροποιηθεί στα 450 ppm. Αυτό σημαίνει ότι, παγκοσμίως, το επίπεδο των εκπομπών πρέπει να μειωθεί δραστικά, ώστε μέχρι το 2050 να περιοριστεί στο 50% περίπου του αντίστοιχου επιπέδου του 1990.

Ο επιμερισμός του παγκόσμιου αυτού στόχου κατά περιοχή δεν είναι δυνατόν να είναι ισομερές. Λαμβανομένης υπόψη της τάσης για σημαντική αύξηση των εκπομπών από τις αναπτυσσόμενες οικονομίες (Κίνα, Ινδία, κ.λπ.), η ανάλυση με παγκόσμια ενεργειακά πρότυπα (Prometheus του EMn-E3MLab, POLES του IPTS και WEO του IEA) δείχνει ότι η υποχρέωση μείωσης των εκπομπών από τις χώρες του ΟΟΣΑ πρέπει να διαμορφωθεί στο 80% το 2050 συγκριτικά με το 1990. Η ανάλυση δείχνει επίσης ότι για την επίτευξη του στόχου οι αναπτυσσόμενες οικονομίες πρέπει να μειώσουν τις εκπομπές κατά 25% το 2050 από το επίπεδο εκπομπών του 1990, στόχος που αντιστοιχεί σε μείωση κατά περίπου 80% από τις εκπομπές τους το 2050 στο πλαίσιο των τρεχουσών τάσεων ανάπτυξης.

Επομένως για την Ευρωπαϊκή Ένωση τίθεται ως στόχος η μείωση κατά 80% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου το 2050 σε σύγκριση με το επίπεδο του 1990. Προκύπτει επίσης ενδιάμεσος στόχος μείωσης των

εκπομπών κατά 40% το 2030 έναντι του 1990. Η μείωση αυτή πρέπει να επιτευχθεί εντός της Ευρώπης. Με τη χρήση του ενεργειακού προτύπου PRIMES (EMn-E3MLab), η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προσδιόρισε το 2010 μια οικονομικά βέλτιστη κατανομή της προσπάθειας μείωσης των εκπομπών κατά χώρα-μέλος. Έτσι, προέκυψε για την Ελλάδα στόχος μείωσης των εκπομπών κατά 70-75% το 2050 έναντι του 1990.

Δεδομένου ότι ο ενεργειακός τομέας ευθύνεται περίπου για το 80% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, καθώς και ότι η δραστική μείωση των εκπομπών (μεθανίου) σε ορισμένους τομείς όπως ο αγροτικός είναι ιδιαίτερα δύσκολη, ο στόχος που τίθεται για τη μείωση των εκπομπών από τον τομέα της ενέργειας είναι τουλάχιστον ίσος με το γενικό στόχο, δηλαδή -80% μέχρι το 2050 και -40% μέχρι το 2030.

Επομένως, η μεγάλη πρόκληση για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου απευθύνεται στον ενεργειακό τομέα και επιβάλλει μεγάλες αλλαγές τόσο στην κατανάλωση όσο και στην παραγωγή ενέργειας.

4.2. Η μελλοντική εξέλιξη της ελληνικής οικονομίας

Στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης εκπονήθηκε ποσοτική προβολή για την εξέλιξη της ελληνικής οικονομίας τόσο στο σύνολο (ΑΕΠ) όσο και κατά κλάδο οικονομικής δραστηριότητας. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το πρότυπο γενικής ισορροπίας GEM-E3 (EMn-E3MLab).

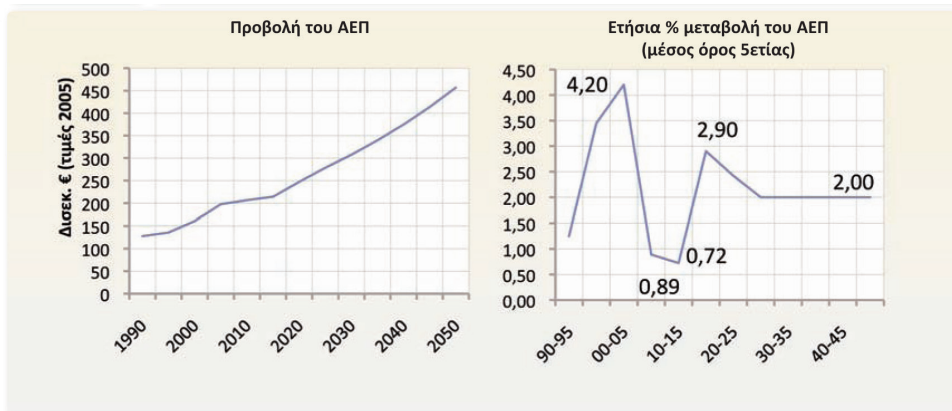
Τα κυριότερα συμπεράσματα από την προβολή αυτή (Διάγραμμα 33 και Διάγραμμα 34) συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Η προβολή έχει ενσωματώσει την οικονομική ύφεση των ετών 2009-2011.
- Η περίοδος μειωμένης ανάπτυξης διαρκεί μέχρι πριν το 2014, οπότε και ξεκινά η ανάκαμψη της οικονομίας, που συνεχίζεται σε όλο το χρονικό

ορίζοντα της προβολής.

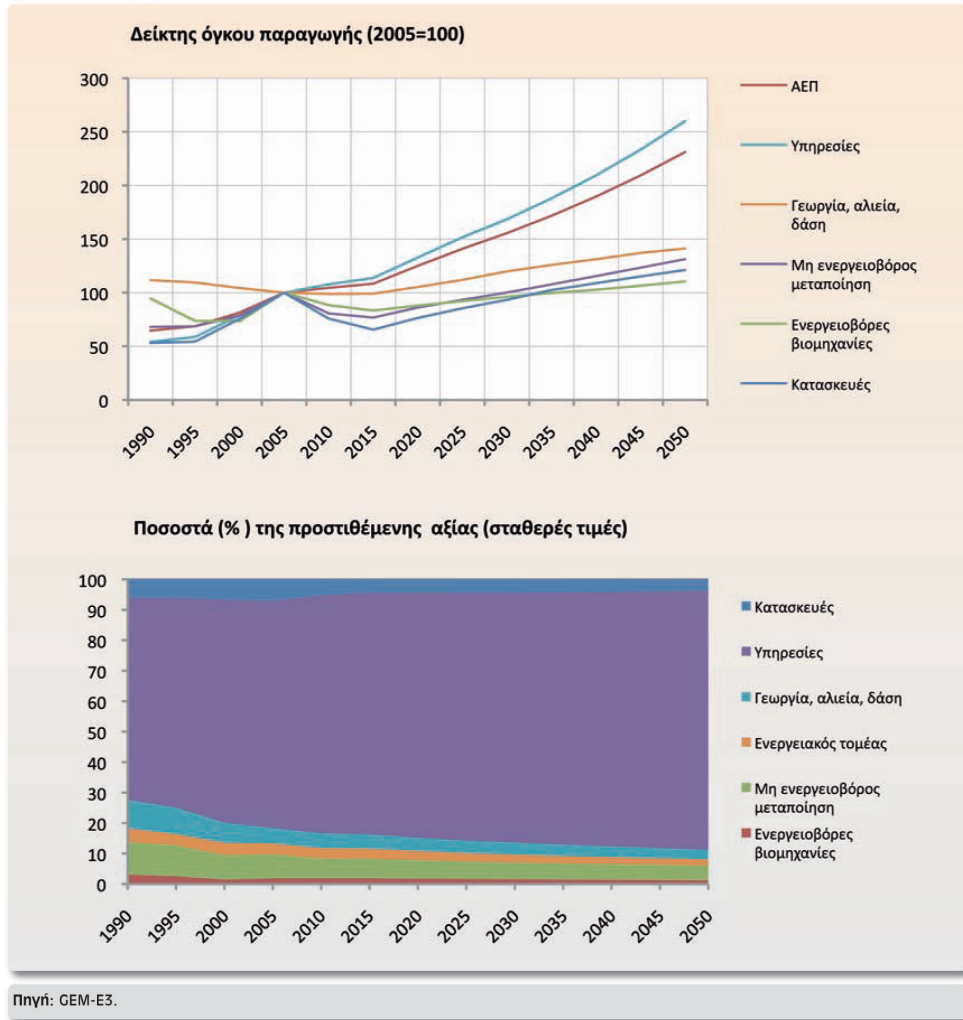
- Μακροπρόθεσμα η ανάπτυξη σταθεροποιείται στο 2% κατ' έτος, μετά από μικρή επιβράδυνση την περίοδο 2020-2030.
- Ο πληθυσμός ακολουθεί αυξητική πορεία, η οποία ανακόπτεται το 2030, και στη συνέχεια ο πληθυσμός μειώνεται σταδιακά.
- Οι βιομηχανίες υψηλής ενεργειακής έντασης παραμένουν στην Ελλάδα.
- Η ανάπτυξη καθοδηγείται κυρίως από την οικονομική δραστηριότητα του τομέα των υπηρεσιών και της μεταποίησης χαμηλής ενεργειακής έντασης.

Διάγραμμα 33
Προβολή της εξέλιξης του ΑΕΠ

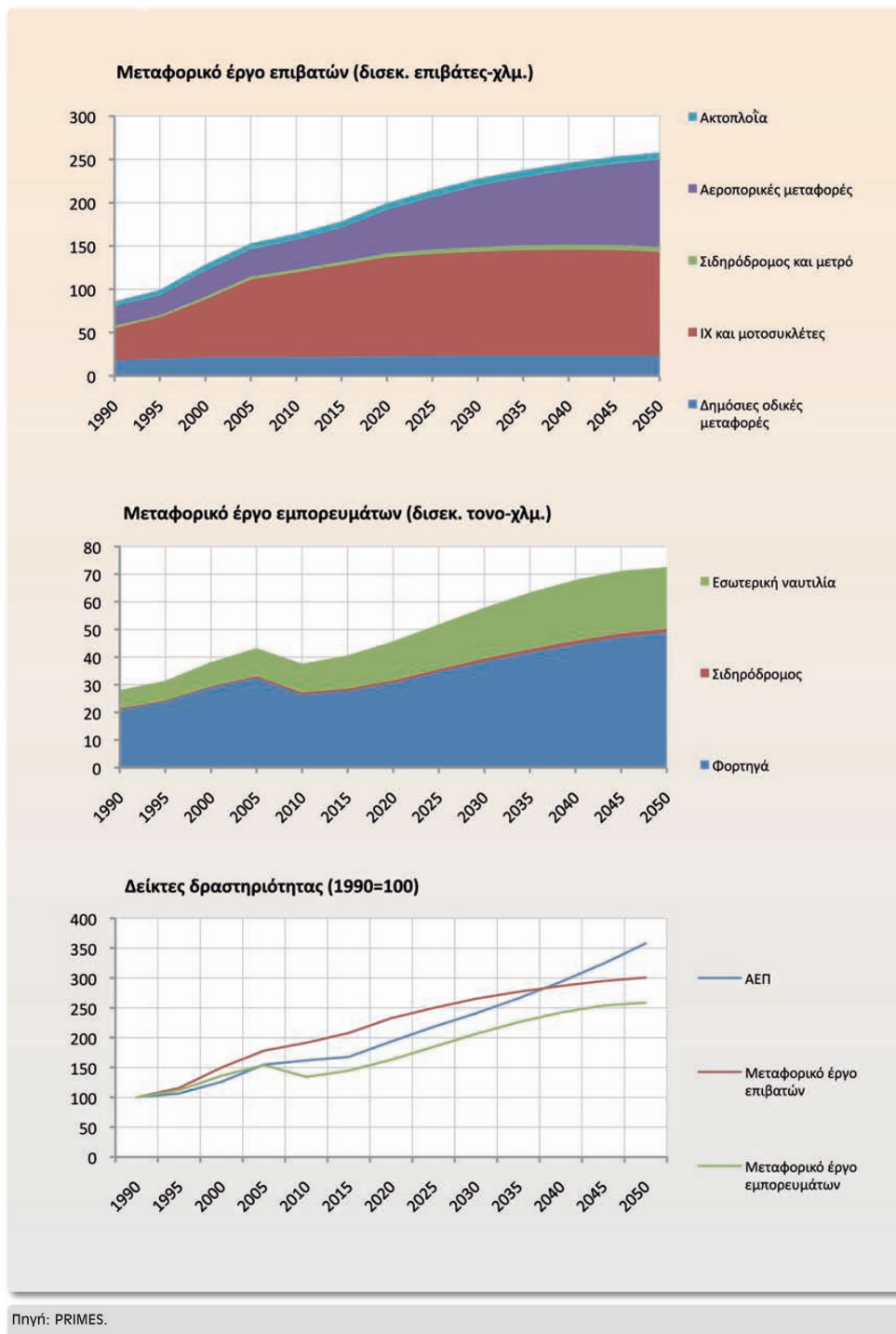


Οι προβολές για τη δραστηριότητα στον τομέα των μεταφορών (Διάγραμμα 35), που έγιναν με το μαθηματικό πρότυπο PRIMES, βασίζονται στην υπόθεση της σταδιακής αποσύνδεσης των ρυθμών μεταβολής της εν λόγω δραστηριότητας από τη μεταβολή του ΑΕΠ και της ιδιωτικής κατανάλωσης. Γίνεται δηλαδή η υπόθεση ότι θα υπάρξει σταδιακός κορεσμός της μεταφορικής συγκριτικά με την οικονομική δραστηριότητα, τάση που έχει ήδη παρατηρηθεί στη λοιπή Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ).

Διάγραμμα 34
Προβολή της κλαδικής δομής του ΑΕΠ



Διάγραμμα 35
Προβολή της μεταφορικής δραστηριότητας



4.3. Αποτίμηση τρέχουσας κατάστασης στην Ελλάδα

Ο ενεργειακός τομέας στην Ελλάδα σε σύγκριση με άλλες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης κρίνεται λιγότερο αποδοτικός και με υψηλό επίπεδο εκπομπών. Σημαντικά προβληματικός εμφανίζεται ο τομέας των μεταφορών, τόσο των αστικών όσο και των υπεραστικών. Διαπιστώνεται σειρά προβλημάτων, όπως ανεπάρκεια μέσων σταθερής τροχιάς, υπερβολική χρήση αεροπορικών μεταφορών, μειωμένη χρήση δημόσιων μεταφορών στις πόλεις, άναρχη και σπάταλη επέκταση των οδικών μεταφορών εμπορευμάτων, κ.λπ.

Η μόνη ουσιαστική πρόοδος στον τομέα της προσφοράς ενέργειας επιτεύχθηκε στο παρελθόν με την εισαγωγή του φυσικού αερίου, τόσο στις άμεσες χρήσεις όσο και στην ηλεκτροπαραγωγή. Ωστόσο, στις άμεσες χρήσεις η εισαγωγή του φυσικού αερίου γίνεται με αργούς ρυθμούς και ως εκ τούτου εξακολουθεί να είναι περιορισμένης έκτασης.

Όσον αφορά τον εκσυγχρονισμό της τεχνολογίας στην ηλεκτροπαραγωγή, αυτός έχει περιοριστεί στις μονάδες συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου, ενώ παραμένουν σε λειτουργία πολύ παλαιές, ρυπογόνες και μη αποδοτικές μονάδες στερεών καυσίμων και πετρελαίου.

Την ελληνική ενεργειακή αγορά χαρακτηρίζει και μια σειρά άλλων προβλημάτων, τα οποία πρέπει να αντιμετωπιστούν, όπως οι μεγάλες καθυστερήσεις στη διασύνδεση των νησιών, οι αργοί ρυθμοί ανάπτυξης των ΑΠΕ, αλλά και ο ελλιπής ανταγωνισμός στην αγορά ενέργειας και η περιορισμένη συνεργασία σε περιφερειακό επίπεδο.

Εάν συνεχιστούν οι σημερινές τάσεις, οι αποκλίσεις από τους στόχους και τις υποχρεώσεις της χώρας θα διευρύνονται συνεχώς σε όλους τους τομείς. Οι αρνητικές επιπτώσεις θα είναι μεγάλες, π.χ. σημαντική αύξηση των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας προκειμένου να καλυφθεί το κόστος εκπομπών που προβλέπεται από το μηχανισμό ETS.

Πρόσφατα η ελληνική κυβέρνηση υπέβαλε στην Ευρωπαϊκή Ένωση δεσμευτικό πρόγραμμα ανάπτυξης των ΑΠΕ μέχρι το 2020, το οποίο είναι ιδιαίτερα φιλόδοξο. Η εφαρμογή του προγράμματος αυτού θεωρείται στην παρούσα ανάλυση τμήμα της όλης προσπάθειας μετασχηματισμού του ενεργειακού συστήματος προς την κατεύθυνση της δραστηκής μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Συμπεράσματα

1. Στην παρούσα μελέτη έγινε μια πρώτη καταγραφή των ποιοτικών και προκαταρκτικών ποσοτικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην ελληνική οικονομία. Η καταγραφή αυτή είναι σημαντική, επειδή οι εν λόγω επιπτώσεις παρουσιάζονται για πρώτη φορά με συστηματικό τρόπο και καλύπτουν ευρύτατο φάσμα τομέων. Μέχρι τώρα υπήρχαν μόνο αποσπασματικές μελέτες ή υπήρχε προσαρμογή και μεταφορά αποτελεσμάτων από διεθνείς μελέτες.

2. Οι επιπτώσεις για όλους τους τομείς που εξετάστηκαν είναι αρνητικές και, σε πολλές περιπτώσεις, σημαντικά αρνητικές. Υπάρχουν ορισμένες εξαιρέσεις σε επί μέρους τμήματα των τομέων της γεωργίας και την αλιείας, αλλά, παρά τις μεμονωμένες αυτές περιπτώσεις, η συνολική επίπτωση και στους εν λόγω τομείς είναι αρνητική.

3. Η εκτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων θα πρέπει να θεωρηθεί ως απλώς ενδεικτική και ως κατώτατο όριο του κόστους της κλιματικής αλλαγής κατά τομέα, επειδή σ' αυτό το στάδιο της μελέτης δεν ήταν δυνατή η οικονομική αποτίμηση πολλών και σημαντικών επιπτώσεων.

4. Υπάρχουν σημαντικοί τομείς της οικονομίας όπως ο τουρισμός και τα δάση, ως προς τους οποίους, όπως προκύπτει από τη μελέτη, η κλιματική αλλαγή μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στην εθνική οικονομία. Είναι απαραίτητο να σχεδιαστεί **συγκεκριμένη** πολιτική προσαρμογής γι' αυτούς τους τομείς.

5. Με δεδομένο ότι η Ελλάδα είναι “μικρή χώρα” στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής και επομένως αναπόφευκτα θα υποστεί τις συνέπειες από εκείνη την εξέλιξη της κλιματικής αλλαγής την οποία θα προδιαγράψουν οι διεθνείς συμφωνίες, είναι ιδιαίτερα σημαντικό η εκτίμηση των επιπτώσεων που παρατίθενται στην παρούσα μελέτη να θεωρηθεί ως το απαραίτητο υπόβαθρο για το σχεδιασμό πολιτικής για την

προσαρμογή.

6. Είναι απαραίτητο να συνεχιστεί η έρευνα, τόσο για την πληρέστερη εκτίμηση και ποσοτική απεικόνιση των επιπτώσεων όσο και, το σημαντικότερο, για το σχεδιασμό αποτελεσματικής πολιτικής για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή.

Βιβλιογραφία

Ελληνική

- Δουβής, Κ. (2009), “Μελέτη των ακραίων κλιματικών φαινομένων στην Ελλάδα με μεθόδους υποκλιμάκωσης”, Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα.
- Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων (ΕΚΒΥ) (2010), “Η βιοποικιλότητα της Ελλάδας: κατάσταση και τάσεις”.
- ΕΣΥΕ (2007), “Παραγωγή και πώληση βιομηχανικών προϊόντων (ετήσια έρευνα) - στατιστικές δευτερογενούς τομέα prodcom”, Αθήνα.
- Ζαφειρίου, Ε., Θ. Κουτρομανίδης, Γ. Αραμπατζής και Σ. Σοφίος (2007), “Μηχανισμός μεταβίβασης τιμών στον τομέα του ξύλου: Μια εμπειρική προσέγγιση. Ελληνικό Στατιστικό Ινστιτούτο”, Πρακτικά 20ού Πανελληνίου Συνεδρίου Στατιστικής, 191-200.
- Ζερεφός, Χ. (2007), “Η κλιματική αλλαγή στην Επιστήμη και στην Τέχνη”, *Πρακτικά Ακαδημίας Αθηνών*, τ. 82, τεύχος Α΄.
- Ζερεφός, Χ. (2009), “Αναφορά προόδου ομάδας κλίματος”, Επιτροπή μελέτης επιπτώσεων κλιματικής αλλαγής, Νοέμβριος.
- Ζερεφός, Χ. (2009), “Εισαγωγικά Μαθήματα στη Φυσική της Ατμόσφαιρας”, Χ. Ζερεφός, Εκδόσεις Πατάκη.
- Κανδύλης, Φ., Χ. Ρεπαπής και Στ. Κοτίνη-Ζαμπάκα (1989), “Οι κλιματικές μεταβολές κατά τα τελευταία 100 έτη, όπως εκδηλώνονται στην Ανατολική Μεσόγειο”, 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωγραφίας, Αθήνα, 147-54, Δεκέμβριος.
- Καψωμενάκης, Ι. (2009), “Εκτίμηση των προβλεπομένων από τα πρότυπα προσομοίωσης κλιματικών αλλαγών στην Ελλάδα με μεθόδους υποκλιμάκωσης”, Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα.
- Κοντογιάννη, Α. (2011), “Διερεύνηση κοινωνικής τρωτότητας και κόστος προσαρμογής από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας στην Ελλάδα”, Κείμενο Εργασίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Σχολή Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Εφαρμοσμένων Οικονομικών του Περιβάλλοντος.
- Κοτίνη-Ζαμπάκα, Στ. (1983), “Συμβολή στην κατά μήνα μελέτη του κλίματος της Ελλάδος”, Διδακτορική Διατριβή, Θεσσαλονίκη.
- Μαριολόπουλος, Η.Γ. (1938), “Το Κλίμα της Ελλάδος”, Αθήναι.
- Μαριολόπουλος, Η.Γ. (1982), “Επιτομή του Κλίματος της Ελλάδος”, *ΚΕΦΑΚ Ακαδημίας Αθηνών, Δημοσίευμα*, 7.
- Παπαναγιώτου, Ε. (2005), “Οικονομική Παραγωγής Γεωργικών Προϊόντων”, Β΄ Έκδοση, Εκδόσεις Γράφημα, Θεσσαλονίκη.
- Παπανδρέου, Α. και Μ. Σκούρτος (2000), “Βασικές Αρχές Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης, στο: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο (επιμ.), “Σχεδιασμός, Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις και Μέθοδοι Εκτίμησής τους”. Τόμος Β1, Αθήνα.
- Παπουτσόγλου, Σ. Ε. (1981, 1990), “Το υδάτινο περιβάλλον και οι οργανισμοί του”, Εκδόσεις Καραμπερόπουλος-Σταμούλης, Αθήνα.
- Πέζαρος, Π. (2004), “Σύντομη Επισκόπηση της Ελληνικής Γεωργίας”, Ιστοσελίδα: http://www.minagric.gr/greek/agro_pol/works.htm
- Ρεπαπής, Χ.Κ., Κ.Μ. Φιλάνδρας και Δ.Α. Μεταξάς (2002), “Μεταβλητότητα του

κλίματος στην Ανατολική Μεσόγειο, στην Ελλάδα και ειδικότερα στην Αθήνα”, *ΚΕΦΑΚ Ακαδημίας Αθηνών, Δημοσίευμα*, 16.

Τορορής, Α. (1994), “Προεδρικό Διάταγμα 126/1986”. Πρακτικά συνάντησης Ελληνικής Δασολογικής Εταιρείας, 29-43, Θεσσαλονίκη.

Ξενόγλωσση

- Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Novaky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen and A. Shvidenko (2007), “Europe. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability”, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, in Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 541-80.
- Bard, E., B. Hamelin, M. Arnold, L. Montaggioni, G. Cabioch, G. Faure and F. Rougerie (1996), “Sea level record from Tahiti corals and the timing of deglacial meltwater discharge”, *Nature*, 382, 241-4.
- Bindoff, N.L., J. Willebrand, V. Artale, A. Cazenave, J. Gregory, S. Gulev, K. Hanawa, Le Quere, S. Levitus, Y. Nojiri, C.K. Shum, L.D. Talley and A. Unnikrishnan (2007), “Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level”, in: Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds), “Climate Change 2007: The Physical Science Basis”, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
- Bowen, D.Q. (2009), “Sea level 400,000 years ago (MIS 11): analogue for present and future sea-level”, *Climate of the Past Discussion*, 5, 1853-82.
- Brower, R. (2000), “Environmental value transfer: state of the art and future prospects”, *Ecological Economics*, 32, 137-52.
- California Economic Strategy Panel (2002), “Using multipliers to measure economic impacts”.
- California Energy Commission (CEC) (2009), “The impacts of sea-level rise on the California coast - Final paper”, Paper from California Climate Change Center, prepared by: Heberger, M., H. Cooley, P. Herrera, P.H. Gleick and E. Moore, Pacific Institute.
- Church J.A, J.M. Gregory, P. Huybrechts, M. Kuhn, K. Lambeck, M.T. Nhuan, D. Qin and P.L. Woodworth (2001), “Changes in Sea Level”, in *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Houghton, J.T. and Y. Ding, (eds), Cambridge University, Press, New York, 639-93.
- Daily, G.C. (1997), “Nature’s services: Societal dependence on natural ecosystems”, Island Press, Washington, DC, 392.
- Dasgupta, P. (2007), “The stern review’s economics of climate change”, *National Institute Economic Review*, 199, 4.
- Diffenbough, N.S., J.S. Pal, F. Giorgi and X. Gao (2007), “Heat stress intensification in the Mediterranean climate change hotspot”, *Geophysical Research Letters*, 34, L11706, doi: 10.1029 / 2007GL030000.
- ECSN (1995), “European Climate Support Network”, *KNMI*, De Bilt.

- EEA (2007), Climate Change: The cost of inaction and the cost of adaptation, European Environmental Agency Report, No. 13/2007.
- Egger and Olsson (2009), "Valuing multi-attribute marine water quality", *Marine Policy*, 33, 201-6.
- FAO (2003), "State of the World's Forests 2003", United Nations Food and Agricultural Organization. Rome, Italy.
- FAO (2003-2011), "Fisheries and Aquaculture topics. Ecosystems. Topics Fact Sheets", in FAO Fisheries and Aquaculture Department [on line]. Rome. Updated (cited 3 March 2011) <http://www.fao.org/fishery/topic/13789/en>
- Feidas, H., T. Makrogiannis and E. Bora-Senta (2004), "Trend analysis of air temperature time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1955-2001", *Theoretical and Applied Climatology*, 79, 185-208, doi: 01007/s00704-004-0064-5.
- Feidas, H., Ch. Nouloupoulou T. Makrogiannis and E. Bora-Senta (2007), "Trend analysis of precipitation time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1955-2001", *Theoretical and Applied Climatology*, 87, 155-77, doi:101007/s00704-006-0200-5.
- Forestry Commission of Europe (2000), "English forestry contribution to rural economies".
- Gao, X., J.S. Pal and F. Giorgi (2006), "Projected changes in mean and extreme precipitation over the Mediterranean region from a high resolution double nested RCM simulation", *Geophysical Research Letters*, 33, L03706, doi: 10.1029/2005GL024954.
- Giannakopoulos, C., P. Le Sager, M. Bindi, M. Moriondo, E. Kostopoulou and C.M. Goodess (2009a), "Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2°C global warming", *Global and Planetary Change*, 68, 209-24.
- Giannakopoulos, C., P. Hadjinicolaou, C. Zerefos and G. Demosthenous (2009b), "Changing energy requirements in the Mediterranean under changing climatic conditions", *Energies*, 2(4), 805-15.
- Gibelin, A.L. and M. Deque (2003), "Anthropogenic climate change over Mediterranean region simulated by a global variable resolution model", *Climate Dynamics*, 20, 327-39.
- Giorgi, F. and X. Bi (2005), "Regional changes in surface climate interannual variability for the 21st century from ensembles of global model simulations", *Geophysical Research Letters*, 32, L13701, doi: 10.1029/2005GL023002.
- Giorgi, F. (2006), "Climate change hot-spots", *Geophysical Research Letters*, 33, L08707, doi: 10.1029/2006GL025734.
- Giorgi, F. and P. Lionello (2008), "Climate change projections for the Mediterranean region", *Global and Planetary Change*, 63, 90-104.
- Good, P., M. Moriondo, C. Giannakopoulos and M. Bindi (2008), "The meteorological conditions associated with extreme fire risk in Italy and Greece: Relevance to climate model studies", *International Journal of Wildland Fire*, 17, 155-65.
- Goubanova, K. and L. Li (2007), "Extremes in temperature and precipitation around the Mediterranean basin in an ensemble of future climate scenario simulations", *Global and Planetary Change*, 57, 27-42, doi: 10.1016/j.gloplacha.2006.11.012.

- Griffiths, A. (2002), "Indigenous forestry on private land: Present trends and future potential. MAF", Technical Paper No 01/6, Prepared for the Indigenous Forestry Unit, Ministry of Agriculture and Forestry, New Zealand.
- Grinsted, A., J.C. Moore and S. Jevrejeva (2010), "Reconstructing sea level from paleo and projected temperatures 200 to 2100 AD", *Climate Dynamics*, 34, 461-72.
- Gurjar, B.R., T.M. Butler, M.G. Lawrence and J. Lelieveld (2007), "Evaluation of emissions and air quality in megacities", *Atmos. Env.*, doi:10.1016/j.atmosenv.2007.10.048.
- Hatzioannou L., D. Retalis, S. Pasiardis, D. Nikolakis, D. Asimakopoulos and N. Lourantos (1998), "Study of the Precipitation Time Series in SE Greece and Cyprus", Proceedings of the 4th Greek Scientific Conference in Meteorology-Climatology-Atmospheric Physics, Athens, 22-25 September.
- Hertig, E. and J. Jacobeit (2007), "Assessments of Mediterranean precipitation changes for the 21st century using statistical downscaling techniques", *International Journal of Climatology*, 28, 1025-45.
- Hulme, M., J. Mitchell, W. Ingram, J. Lowe, T. Johns, M. New and D. Viner (1999), "Climate change scenarios for global impacts studies", *Global Environmental Change*, 9, S3-S19.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2007), "*Climate Change 2007: The Physical Science Basis*", Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC (1996), "Climate Change 1995: The Science of Climate Change", in Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell (eds), Contribution of Working Group I to the Second Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, and Melbourne, Australia, 572.
- IPCC (2001), "Climate Change 2001: The Scientific Basis", in Houghton, J.T., Y. Ding, J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C.A. Johnson (eds), Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, 881.
- IPCC (2007), "Climate change 2007: The physical science basis", in Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller (eds), Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, New York, 996.
- IPCC (2007a), Climate Change 2007: "Impacts, Adaptation and Vulnerability, Working Group II Contribution to the Fourth Assessment", Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, "Chapter 17: Assessment of Adaptation Practices, Options, Constraints and Capacity", Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC (2007b), Appendix I, Parry M.L. et al. (eds), "Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability", Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK, επίσης προσβάσιμο στο <http://www1.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter2.pdf>

[11/09]

IPCC (2013), in press.

Jones, P.D. and A. Moberg (2003), "Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2001", *Journal of Climate*, 16, 206-23.

Johnsen, K., L. Samuelson, R. Teskey, S. MvNulty and T. Fox (2001), "Process models as tools in forestry research and management", *Forest Science*, 47, 2-8.

Kambouroglou E., H. Maroukian and A. Sampso (1988), "Coastal evolution and archaeology north and south of Khalkis (Euboea) in the last 5000 years", in Raban, A. (ed.), *Archaeology of Coastal Changes*, BAR Int. Ser., Oxford, 404, 71-9.

Kapetanaki, G. and C. Rosenzweig (1997), "Impact of climate change on maize yield in central and northern Greece: a simulation study with ceres-maize", *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 1, 251-71.

Kopp, R.E., F.J. Simons, J.X. Mitrovica, A.C. Maloof and M. Oppenheimer (2009), "Probabilistic assessment of sea level during the last interglacial stage", *Nature*, 462, 863-7.

Kuglitsch, F.G., A. Toreti, E. Xoplaki, P.M. Della-Marta, C.S. Zerefos, M. Turkes and J. Luterbacher (2010), "Heat Wave Changes in the Eastern Mediterranean since 1960", *Geophysical Research Letters*, 37, L04802.

Lambeck, K. (1995), "Late Pleistocene and sea-level change in Greece and southwestern Turkey: a separation of eustatic, isostatic and tectonic contributions", *Geophysical Journal International*, 122, 1022-44.

Lambeck, K. (1996), "Sea-level changes and shoreline evolution in Aegean Greece since Upper Paleolithic time", *Antiquity*, 70, 588-611.

Lambeck, K. and E. Bard (2000), "Sea-level change along the French Mediterranean coast for the past 30,000 years", *Earth and Planetary Science Letters*, 175, 203-22.

Lambeck, K. and A. Purcell (2005), "Sea-level change in the Mediterranean Sea since the LGM: model predictions for tectonically stable areas", *Quaternary Science Reviews*, 24, 1969-88.

Lobell, D.B., M.B. Burke, C. Tebaldi, M.D. Mastrandrea, W.P. Falcon and R.L. Naylor (2008), "Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030", *Science*, 319, 607-10.

Luterbacher, J. et al. (2006), "Mediterranean climate variability over the last centuries: a review", in Lionello, P., P. Malanotte-Rizzoli and R. Boscolo (eds), "The Mediterranean climate: an overview of the main characteristics and issues", *Elsevier*, Amsterdam, 27-148.

Luterbacher, J, S.J. Koenig, J. Franke, G. van der Schrier, E. Zorita, A. Moberg, J. Jacobeit, P.M. Della-Marta, M. Kuttel, E. Xoplaki, D. Wheeler, T. Rutishauer, M. Stossel, H. Wanner, R. Brazdil, P. Dobrovolny, D. Camuffo, C. Bertolin, A. van Engelen, F.J. Gonzalez-Rouco, R. Wilson, C. Pfister, D. Limanowka, O. Nordli, L. Leijonhufvud, J. Soderberg, R. Allan, M. Barriendos, R. Glaser, D. Riemann, Z. Hao and C.S. Zerefos (2010), "Circulation dynamics and its influence on European and Mediterranean January-April climate over the past half millennium: results and insights from instrumental data, documentary evidence and coupled climate models", *Climatic Change*, 101, 201-34.

- Luterbacher, J., R. Garcia-Herrera, A. R. Allan, M. C. Alvarez-Castro, G. Benito, J. Booth, U. Buntgen, D. Colombaroli, B. Davis, J. Esper, T. Felis, D. Fleitmann, D. Frank, D. Gallego, Garcia-Bustamante, J. F. Gonzalez-Rouco, H. Goosse, T. Kiefer, M. G. Macklin, S. Manning, P. Montagna, L. Newman, M. J. Power, V. Rath, P. Ribera, N. Roberts, S. Silenzi, W. Tinner, Valero-Garces, G. van der Schrier, C. Tzedakis, B. Vanniere, H. Wanner, J. P. Werner, G. Willett, E. Xoplaki, C. S. Zerefos and E. Zorita (2011) "A review of 2000 years of paleoclimatic evidence in the Mediterranean", in Lionello, P. et al. (eds), "The Mediterranean Climate: from past to future", *Elsevier*, Amsterdam, The Netherlands, in press.
- Maheras, P., K. Tolika, C. Anagnostopoulou, M. Vafiadis, I. Patrikas and H. Floca (2004), "On the relationship between circulation types and changes in rainfall variability in Greece", *International Journal of Climatology*, 24, 1695-1712.
- Mantis, H.T., C.C. Repapis, C.M. Philandras, A.G. Paliatsos and G.T. Amanatidis (1997), "The spatial and temporal structure of precipitation in the Eastern Mediterranean: Background for climate change", Proc. of the Eastern Europe and Global Change Symposium, 3-10 October 1994, Kassandra, Halkidiki, Greece, 125-31.
- Masterton, J.M. and F.A. Richardson (1979), "Humidex. A method of quantifying human discomfort due to excessive heat and humidity", Downsview, Ontario, Canada, AES, Environment Canada, CL11-79.
- McCulloch, M.T. and T. Esat (2000), "The coral record of last interglacial sea levels and sea surface temperatures", *Chemical Geology*, 169, 107-29.
- Meehl, G.A., W.M. Washington, W.D. Collins, J.M. Arblaster, A. Hu, L.E. Buja, W.G. Strand and H. Teng (2005), "How much more global warming and sea-level rise?", *Science*, 307, 1769-72.
- Mendelsohn R. and A. Dinar (2009), "Climate Change and Agriculture: An Economic Analysis of Global Impacts, Adaptation and Distributional Effects", Edward Elgar, Cheltenham, UK.
- Metaxas, D.A. (1973), "Air-Sea interaction in the Greek seas and resulted Etesians wind characteristics", Univ. Ioannina, Greece, Tech. Report, 5.
- Metaxas, D.A. and C.C. Repapis (1977), "Evaporation in the Mediterranean", *Riv. Meteor. Aeron.*, 37, 311-22.
- Milly, P. C. D., K. A. Dunne and A. V. Vecchia (2005), "Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate", *Nature* 438: 347-50.
- Ministry of the Environment, Physical Planning and Public Works (2006), "Report of Greece on Coastal Zone Management", submitted to the European Commission/DG Environment, in the context of the recommendation on integrated coastal zone management (2002/413/EC).
- Monks, P. (2005), "Gas-phase radical chemistry in the troposphere", *Chem. Soc. Rev.*, 34, 376-95.
- Moriondo, M., P. Good, R. Durao, M. Bindi, C. Giannakopoulos and J. Corte-Real (2006), "Potential impact of climate change on fire risk in the Mediterranean area", *Climate Research*, 13, 85-95.
- Nakicenovic, N., J. Alcamo, G. Davis, B. de Vries, J. Fenhann, S. Gaffin, K. Gregory, A. Grubler, T.Y. Jung, T. Kram, E.L. La Rovere, L. Michaelis, S. Mori, T. Morita, W. Pepper, H. Pitcher, L. Price, K. Raihi, A. Roehrl, H.-H.

- Rogner, A. Sankovski, M. Schlesinger, P. Shukla, S. Smith, R. Swart, S. van Rooijen, N. Victor and Z. Dadi (2000), "IPCC Special Report on Emissions Scenarios", Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Navrud, S. and R. Ready (eds) (2007), "Environmental Value Transfer: Issues and Methods", Springer, The Netherlands.
- Newell, R.G. and W.A. Pizer (2003), "Discounting the distant future: How much do uncertain rates increase valuations?", *Journal of Environmental Economics and Management*, 46, 52-71.
- Nordhaus, W. (2007a), "Economics: Critical assumptions in the Stern review on climate change", *Science*, 317, 5835: 201.
- Nordhaus, W. (2007b), "A review of the Stern review on the economics of climate change", *Journal of Economic Literature*, 45, 686-702.
- OECD (2006), "Metrics for assessing the economic benefits of climate change policies: Sea level rise", ENV/EPOC/GSP(2006)3/FINAL, Paris.
- Oko Inc. (2001), "Agricultural Water Management Policies in Bulgaria, Hungary, Romania and Slovakia", Final Report, oKo Inc., Budapest, in Easter K. and Yang Liu (eds) *Cost Recovery and Water Pricing for Irrigation and Drainage Projects, Agriculture and Rural Development Discussion Paper 26* (2005), The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington, DC.
- Pal, J.S., F. Giorgi, X. Bi (2004), "Consistency of recent European summer precipitation trends and extremes with future regional climate projections", *Geophysical Research Letters*, 31, L13202, doi: 10.1029/2004GL019836.
- Parry, M.L., N.W. Arnell, A.J. McMichael, R.J. Nicholls, P. Martens, R.S. Kovats, M.T.J. Livermore, C. Rosenzweig, A. Iglesias and G. Fischer (2001), "Millions at risk: defining critical climate change threats & targets", *Global Environmental Change*, 11, 181-83.
- Pavlopoulos, K., M. Triantaphyllou, E. Karymbalis, P. Karkanis, K. Kouli and T. Tsourou (2007), "Landscape evolution recorded in the embayment of Palamari (Skyros Island, Greece) from the beginning of the Bronze Age until recent times", *Geomorphologie: relief, processus, environment*, 1, 37-48.
- Paz, S., H. Kutiel and E. H. Steinberger (1998), "Variations in rainfall along the eastern Mediterranean coast", *Proceedings of the 4th Pan-Hellenic Symposium on Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics*, Athens, Greece, Vol. 2, 299-304, September 22-25.
- Peltier, W.R. and R.G. Fairbanks (2006), "Global glacial ice volume and last glacial maximum duration from an extended Barbados sea level record", *Quaternary Science Reviews*, 25, 3322-37.
- Pfeffer, W.Y., J.T. Harper and S. O'Neel (2008), "Kinematic constraints on Glacier Contributions to 21st-Century Sea-Level Rise", *Science*, 321, 5894, 1340-3.
- Pirazzoli, P.A. and J. Pluett (1991), "World atlas of Holocene sea-level changes", *Elsevier Oceanography Series*, 58.
- Poulos, S.E., G. Ghionis and H. Maroukian (2009a), "The consequences of a future eustatic sea-level rise on the deltaic coasts of Inner Thermaikos Gulf (Aegean Sea) and Kyparissiakos Gulf (Ionian Sea), Greece", *Geomorphology*, 107 (1-2), 1-17.
- Poulos, S.E., G. Ghionis and H. Maroukian (2009b), "The consequences of a future eustatic sea-level rise on the deltaic coasts of Inner Thermaikos Gulf (Aegean

- Sea) and Kyparissiakos Gulf (Ionian Sea), Greece”, *Geomorphology*, 107 (1-2), 18-24.
- Rabineau, M., S. Berne, J.-L. Olivet, D. Aslanian, F. Guillocheau and P. Joseph (2006), “Paleo sea levels reconsidered from direct observation of paleoshoreline position during Glacial Maxima (for the last 500,000 yr)”, *Earth and Planetary Science Letters*, 252, 119-37.
- Rahmstorf, S. (2007), “Sea-Level Rise: A semi-Empirical Approach to Projecting Future”, *Science*, 315, 368-70.
- Ready, R. and S. Navrud (2006), “International benefit transfer: Methods and validity tests”, *Ecological Economics*, 60: 429-34.
- Remoundou, K., F. Adaman, P. Koundouri and P. A. L. D. Nunes (2010), “Are Stated Preferences Sensitive to Funding Sources? A Tax Reallocation Scheme to Value Marine Restoration in the Black Sea”, Working Paper.
- Repapis, C.C. and C.M. Philandras (1988), “A note on the air temperature trends of the last 100 years as evidenced in the Eastern Mediterranean time series”, *Theor. Appl. Climatol.*, 39, 93-107.
- Repapis, C.C., C.J.E. Schuurmans, C.S. Zerefos and J. Ziomas (1989), “A note on the frequency of occurrence of severe winters as evidenced in monastery and historical records from Greece, during the period 1200-1900 A.D” *Theor. Appl. Climatol.* 39, 213-7.
- Repapis, C.C., C.M. Philandras, P.D. Kalabokas, P. Zanis and C.S. Zerefos (2007), “Is the last years abrupt warming in the National Observatory of Athens records a climate change manifestation?”, *Global Nest*, v. 9, No 2, 107-16.
- Roberts, G., P. Artaxo, J. Zhou, E. Swietlicki and M.O. Andreae (2002), “Sensitivity of CCN spectra on chemical and physical properties of aerosol: A case study from the Amazon Basin”, *J. Geophys. Res.*, 107, 10.1029/2001JD000583.
- Rohling, E.J., K. Grant, Ch. Hemleben, M. Siddall, A. Hoogakker, M. Bolshaw and M. Kucera (2008), “High rates of sea-level rise during the last interglacial period”, *Nature Geoscience*, 1, 38-42.
- Rohling, E.J., K. Grant, M. Bolshaw, A.P. Roberts, M. Siddall, Ch. Hemleben and M. Kucera (2009), “Antarctic temperature and global sea level closely coupled over the past five glacial cycles”, *Nature Geoscience*, 2, 500-4.
- Rohling, E.J., K. Braun, K. Grant, M. Kucera, A.P. Roberts, M. Siddall and G. Trommer (2010), “Comparison between Holocene and Marine Isotope Stage-11 sea-level histories”, *Earth and Planetary Science Letters*, 291, 97-105.
- Saaroni, H., B. Ziv, J. Edelson and P. Alpert (2003), “Long term variations in summer temperature over the Eastern Mediterranean” *Geophysics, Research Letters*, 30, No 18, 1946, doi:10.1029/2003GL017742.
- Shackleton, N.J. (2000), “The 100,000-year ice-age cycle identified and found to lag temperature, carbon dioxide, and orbital eccentricity”, *Science*, 289, 1897-1902.
- Siddall, M., E. J. Rohling, A. Almogi-Labin, Ch. Hemleben, D. Meischner, I. Schmelzer and D.A. Smeed (2003), “Sea-level fluctuations during the last glacial cycle”, *Nature*, 423, 853-8.
- Siddall, M., E.J. Rohling, W.G. Thompson and C. Waelbroeck (2008), “Marine isotope stage 3 sea level fluctuations: Data synthesis and new outlook”, *Reviews of Geophysics*, 46, RG4003.

- Stern, N.H. (2007), *"The economics of climate change: The Stern Review"*, Cambridge University Press.
- Stern, N. (2008), "The economics of climate change", *American Economic Review*, 98, 1-37.
- Stern, N., S. Peters, V. Bakhshi, A. Bowen, C. Cameron, S. Catovsky and D. Crane (2006), "Stern review: The economics of climate change".
- Stern, N. and G. Treasury (2007), "The economics of climate change: The Stern review", Cambridge Univ. Pr.
- Stirling, C.H., T.M. Esat, K. Lambeck and M.T. McCulloch (1998), "Timing and duration of the Last Interglacial: Evidence for a restricted interval of widespread coral reef growth", *Earth and Planetary Science Letters*, 160, 745-62.
- Thorpe, T. (1998), "Investment in indigenous forestry", *New Zealand Journal of Forestry*, 43, No 2.
- Tibbetts, J. (2002), "Coastal Cities: Living on the Edge", *Environ Health Perspect*, 110, 674-81.
- Tubiello, F.N., Soussana, J.F., Howden, M., & Eaterling, W. (2007), "Fundamental advances in the understanding of crop and pasture response to climate change". *Proceed. Nat. Acad. Sciences*, Accepted.
- Tubiello, F.N., J.F. Soussana and M.S. Howden, (2007), "Crop and pasture response to climate change". *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 104, 19686-90.
- Turner, R.K., I.J. Bateman and W.N. Adger (2001), "Economics of Coastal and Water Resources: Valuing Environmental Functions", Dordrech: Kluwer Academic Publishers.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2007), "Climate Change: Impacts, Vulnerabilities & Adaptation In Developing Countries", <http://unfccc.int/resource/docs/publications/impacts.pdf>.
- Varian, H. (2006), "Recalculating the costs of global climate change", *The New York Times*.
- Vott, A. (2007), "Relative sea level changes and regional tectonic evolution of seven coastal areas in NW Greece since the mid-Holocene", *Quaternary Science Reviews*, 26, 7-8, 894-919.
- Vrekoussis, M., M. Kanakidou, N. Mihalopoulos, P. J. Crutzen, J. Lelieveld, D. Perner, H. Berresheim and E. Baboukas (2004), "Role of the NO₃ radicals in oxidation processes in the eastern Mediterranean troposphere during the MINOS campaign", *Atmos. Chem. Phys.*, 4, 169-82.
- Vrekoussis, M., F. Wittrock, A. Richter and J.P Burrows (2009), "Temporal and spatial variability of glyoxal as observed from space", *Atmos. Chem. Phys.*, 9, 4485-504.
- Vrekoussis, M., F. Wittrock, A. Richter and J.P Burrows (2010), "GOME-2 observations of oxygenated VOCs: What can we learn from the ratio glyoxal to formaldehyde on a global scale?", *Atmos. Chem. Phys.*, 10, 10145-10160, doi:10.5194/acp-10-10145-2010.
- Waelbroeck, C., L. Labeyrie, E. Michel, J.C. Duplessy, J.F. McManus, K. Lambeck, E. Balbon and M. Labracherie (2002), "Sea-level and deep-water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records", *Quaternary Science Reviews*, 21, 295-305.

- Weitzman, M. (2007), "A review of the Stern review on the economics of climate change", *Journal of Economic Literature*, 45, 703-24.
- Weitzman, M.L. (2009a), "Additive Damages, Fat-Tailed Climate Dynamics, and Uncertain Discounting", in *Economics E-Journal*, <http://www.economics-ejournal.org/economics/journalarticles/2009-39> [accessed June 12, 2010].
- Wigley, T.M.L. (1995), "Global-Mean Temperature and Sea Level Consequences of Greenhouse Gas Concentration Stabilization", *Geophysical Research Letters*, 22, 45-8.
- Williams, J. (2004), "Organic trace gases in the atmosphere, an overview", *Environ. Chem.* 2004, 1, 125-36, doi:10.1071/EN04057.
- WMO (2006), "Statement on the status of the global climate in 2005", World Meteorological Organization, 998, Geneva.
- Woodworth, P.L., N. J. White, S. Jevrejeva, S.J. Holgate, J.A. Church and W.R. Gehrels (2009), "Evidence for the accelerations of sea level on multi-decade and century timescales", *International Journal of Climatology*, 29, 777-89.
- Xoplaki, E., J.F. Gonzalez-Rouco, J. Luterbacher and H. Wanner (2004), "Wet season Mediterranean precipitation variability: influence of large-scale dynamics", *Climate Dynamics*, 23, 63-78.
- Zanis, P., I. Kapsomenakis, C. Philandras, K. Douvis, D. Nikolakis, E. Kanellopoulou, C. Zerefos and C. Repapis (2009), "Analysis of an ensemble of present day and future regional climate simulations for Greece", *International Journal of Climatology*, 29, 1614-33, doi: 10.1002/joc.1809.
- Zerefos, C., K. Philandras, C. Douvis, I. Kapsomenakis, G. Tselioudis and K. Eleftheratos (2010), "Long term changes of precipitation in Greece", 12th Plinius Conference on Mediterranean Storms, MedCLIVAR session, Corfu, September 3.