

Η ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Υψηλές θερμοκρασίες, καλοκαίρια χωρίς μελέτεια, ξαφνικές μπόρες και πλημμύρες, συχνές πυρκαγιές (όταν δεν είναι εμπρησμοί), συναισθήματα δυσφορίας από την υγρασία κ.ά. είναι μερικές από τις αλλαγές που έχουμε βιώσει τα τελευταία χρόνια. Αποτελούν αντικείμενο έρευνας, συνεδρίων και συσκέψεων σε ανώτατο επίπεδο σε όλο τον κόσμο, αλλά και έντονων αντιπαραθέσεων: (α) ως προς τα δεδομένα και τους τρόπους μέτρησης των κλιματικών αλλαγών και, το κυριότερο, ως προς τις προβλέψεις, και (β) ως προς τα τεράστια οικονομικά και γεωστρατηγικά συμφέροντα που βρίσκονται πίσω από τις πολιτικές αποφάσεις ελέγχου των ανθρώπινων δραστηριοτήτων που συμβάλλουν στις κλιματικές αλλαγές. Κλασικό παράδειγμα είναι οι διεθνείς συγκρούσεις για τον έλεγχο κοιτασμάτων πετρελαίου της Ανταρκτικής που ήδη χρησιμοποιείται πειραματικά για τη διέλευση πετρελαιοφόρων.

Τα ερωτήματα και οι επιπτώσεις που προκύπτουν από τις κλιματικές αλλαγές είναι εξόχως πολιτικά αλλά και εξόχως γεωγραφικά. Ορισμένα από αυτά έχουν ήδη απασχολήσει τις σελίδες των *Γεωγραφιών*, πχ. η ερημοποίηση, η διαχείριση των νερών, οι αλλαγές στις χρήσεις γης και στην αγροτική παραγωγή, η διεθνική μετανάστευση, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, κ.ά. Στις σημερινές *Γεω-επικαιρότητες*, δύο συνάδελφοι σχολιάζουν μακροσκοπικά αλλά από διαφορετικές σκοπιές το φαινόμενο της ίδιας της κλιματικής αλλαγής.

Η ΕΠΙΝΟΗΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

Πέτρος Κατσαφάδος*

Ο όρος *κλιματική αλλαγή* υποδηλώνει οποιαδήποτε συστηματική μεταβολή της στατιστικής κατανομής των ατμοσφαιρικών παραμέτρων (θερμοκρασία, υγρασία, άνεμος) για εκτεταμένη χρονική περίοδο (δεκαετιών ή αιώνων ή εκατομμυρίων ετών). Την τρέχουσα χρονική περίοδο βιώνουμε τη μετάβαση του κλιματικού συστήματος από την παρούσα, μάλλον αποσταθεροποιημένη κατάσταση, σε μία νέα θέση ισορροπίας. Ωστόσο, είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη η διερεύνηση των αιτιών της αποσταθεροποίησης καθώς και η εκτίμηση της χωρικής κατανομής των επιπτώσεων, λόγω των μεγάλων βαθμών ελευθερίας του συστήματος. Με βάση την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel for Climate Change-IPCC) οι μεταβολές του κλίματος προέρχονται από διαταραχές του ενεργειακού ισοζυγίου του συστήματος ατμόσφαιρας-υδρόσφαιρας-λιθόσφαιρας και οφείλονται πρωτογενώς στην αύ-

* Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, pkatsaf@hua.gr

ξηση της συγκέντρωσης των θερμοκηπιακών αερίων διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) και μεθανίου (CH_4) στην ατμόσφαιρα. Το κλίμα του πλανήτη μεταβάλλεται από φυσικά αίτια (ηλιακή δραστηριότητα, αλλαγές της τροχιάς της γης, ηφαιστειογενή δράση), από ανθρωπογενή αίτια (αλλαγή στη σύσταση της ατμόσφαιρας, αλλαγή στις χρήσεις γης) και από την εσωτερική κλιματική μεταβλητότητα, δηλαδή τις αλλαγές του κλίματος χωρίς την παρουσία των παραπάνω αιτιών.

Με βάση δεδομένα παρατηρήσεων η μέση παγκόσμια θερμοκρασία του αέρα κοντά στην επιφάνεια της γης έχει αυξηθεί κατά $0,70^\circ\text{C}$ από τα τέλη του 19ου αιώνα. Η δεκαετία του '90 αποδεικνύεται ως η θερμότερη των τελευταίων 1.000 ετών, ενώ κατά την περίοδο 1950-1993 έχει παρατηρηθεί αύξηση των μέσων ελάχιστων θερμοκρασιών πάνω από την ξηρά κατά $0,20^\circ\text{C}$. Η συνεισφορά των ωκεανών στη θέρμανση του πλανήτη είναι περίπου η μισή σε σχέση με την αντίστοιχη της ξηράς ($0,55^\circ\text{C}$ και $0,90^\circ\text{C}$). Πρόσφατα δεδομένα από το National Climatic Data Center των ΗΠΑ καταδεικνύουν την περίοδο Ιανουαρίου-Απριλίου 2010 ως τη θερμότερη που έχει παρατηρηθεί με $1,24^\circ\text{C}$ πάνω από την αντίστοιχη μέση τιμή για τον 20ό αιώνα, ενώ το έτος 2010 αποδεικνύεται το θερμότερο των τελευταίων 131 ετών. Τα παραπάνω στοιχεία συνδυάζονται με την αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στην ατμόσφαιρα από 280 ppm (particles per million) το 1750 σε 375 ppm το 2005 και του μεθανίου (CH_4) από 715 ppb (particles per billion) το 1750 σε 1774 ppb το 2005.

Η χωρική διάσταση των επιπτώσεων εμφανίζεται και αυτή ιδιαίτερα πολύπλοκη αλλά αποκαλυπτική προβάλλοντας περιοχές του πλανήτη με έντονες πιέσεις στην επάρκεια υδάτινων πόρων, στη διαθεσιμότητα καλλιεργήσιμων εκτάσεων (ερημοποίηση), στην τρωτότητα των υποδομών και στην ποσότητα και ποιότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου θεωρείται κλιματικά ευαίσθητη και αναμένεται να δεχτεί το σύνολο των παραπάνω πιέσεων με πολλαπλές δευτερογενείς και τριτογενείς επιπτώσεις σε οικονομικό και κοινωνικό επίπεδο. Η ερημοποίηση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων της Βορείου Αφρικής θα ανέπτυξε μία μεταναστευτική πίεση προς τις χώρες του ευρωπαϊκού νότου, ενώ πιθανή ερημοποίηση περιοχών της νοτιοανατολικής ιβηρικής χερσονήσου θα είχε επιπτώσεις στην τοπική αγροτική παραγωγή και στην αλιεία, στον τουρισμό και στο σύστημα των οικισμών. Είναι προφανές πως γειτονικές περιοχές ίδιου κλιματικού τύπου (μεσογειακού) εμφανίζουν διαφορετική απόκριση (μη γραμμική) σε μία συγκεκριμένη επίπτωση της κλιματικής αλλαγής. Η συγκεκριμένη συμπεριφορά αποτελεί ταυτόχρονα το βασικό και πολύπλοκο χαρακτηριστικό του κλιματικού συστήματος. Στις ΗΠΑ, σε εκτεταμένες περιοχές της Φλόριντα, οι βάλτοι που υπήρχαν στο τέλος του 19ου αιώνα έχουν αντικατασταθεί από καλλιέργειες καλαμποκιού με αποτέλεσμα την αύξηση του ημερήσιου θερμοκρασιακού εύρους κοντά στην επιφάνεια. Στην περίπτωση των καλλιεργειών εντοπίζεται αύξηση των μέγιστων θερμοκρασιών κατά τη χειμερινή περίοδο, που προσεγγίζουν τους 3°C , δηλαδή τετραπλάσια διαφορά από τη μέση αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας.

Σε ένα μη γραμμικό δυναμικό σύστημα, όπως το κλιματικό, αρκεί μία διαταραχή ενός παράγοντα για να οδηγήσει σε αποσταθεροποίηση το σύνολο του συστήματος μέσω πολύπλοκων αναδράσεων μεταξύ ατμόσφαιρας, υδρόσφαιρας και λιθόσφαιρας. Το θερμοκρασιακό σήμα δεν αποτελεί την αιτία αλλά την απόκριση του συστήματος στη μεταβολή του ενεργειακού ισοζυγίου που έχει προέλ-

θει από την αλλαγή στη σύσταση της ατμόσφαιρας (ενισχυμένο φαινόμενο θερμοκηπίου). Η αύξηση της συγκέντρωσης των θερμοκηπιακών αερίων στην ατμόσφαιρα, όπως του CO₂ και του CH₄, επιφέρει αύξηση της απορρόφησης της υπέρυθρης ακτινοβολίας και τελικά θέρμανση των κατώτερων ατμοσφαιρικών στρωμάτων. Η συγκεκριμένη μεταβολή μπορεί να αποφέρει αύξηση του ύψους της μέσης στάθμης θάλασσας κατά 28-43 εκ. ενώ ο αρκτικός θαλάσσιος πάγος θα εξαφανιστεί από το δεύτερο μισό του 21ου αιώνα. Αναμένεται επίσης αύξηση της έντασης και της συχνότητας των κυκλώνων καθώς και των ακραίων καιρικών φαινομένων (καύσωνες, ακραίες βροχοπτώσεις που οδηγούν σε πλημμυρικά φαινόμενα). Η διαταραχή του ενεργειακού ισοζυγίου της ατμόσφαιρας δεν προέρχεται αποκλειστικά από την αλλαγή στη σύσταση της ατμόσφαιρας. Οι μεταβολές στις χρήσεις γης που προκαλούνται από την εντατική καλλιέργεια, την υλοτομία, τις δασικές πυρκαγιές και την επέκταση των πόλεων αποτελούν για την IPCC παράγοντες ανάλογης επίδρασης στην κλιματική αλλαγή. Ωστόσο, η αλλαγή στις χρήσεις γης κατατάσσεται από την IPCC ως δευτερεύον αίτιο της κλιματικής αλλαγής πίσω από τη μεταβολή της σύστασης της ατμόσφαιρας και την αύξηση της συγκέντρωσης των θερμοκηπιακών αερίων. Επίσης από τα θερμοκηπιακά αέρια αξιολογούνται τα CO₂, CH₄ και N₂O και αγνοούνται συστηματικά οι υδρατμοί (H₂O), δηλαδή το νερό σε αέρια φάση, του οποίου η συνεισφορά στην κλιματική αλλαγή αποτιμάται έως 4 φορές ισχυρότερη σε σχέση με την αντίστοιχη του CO₂. Άλλοι ανθρωπογενείς παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν το κλίμα είναι τα αερολύματα, συμπεριλαμβανομένης και της σκόνης φυσικής προέλευσης, καθώς και τα νέφη που δημιουργούνται από την αεροπλοΐα (contrails). Η σημερινή γνώση για την επίδραση των συγκεκριμένων παραγόντων στη θέρμανση του πλανήτη είναι περιορισμένη.

Με δεδομένες τις αβεβαιότητες που εντοπίζονται κατά την ανάλυση των παραμέτρων που επιδρούν στην κλιματική αλλαγή έχει δημιουργηθεί ένα πολιτικό και κοινωνικό περιβάλλον περιορισμού των θερμοκηπιακών αερίων αγνοώντας το αέριο με το ισχυρότερο θερμοκηπιακό σήμα, το νερό. Για παράδειγμα, οι καταλυτικοί μετατροπείς των οχημάτων απελευθερώνουν, μεταξύ άλλων, CO₂ και H₂O ωστόσο το σύνολο των πολιτικών εστιάζεται στον αποκλειστικό περιορισμό του CO₂. Επίσης σε καμιά διακυβερνητική επιτροπή ή σύνοδο των ισχυρών κρατών του πλανήτη δεν έχει τεθεί το θέμα περιορισμού των πτήσεων ή τουλάχιστον του ελέγχου των βίαιων αλλαγών χρήσης γης. Είναι χαρακτηριστικό πως η επιστημονική κοινότητα βρίσκεται ακόμα στη φάση ανακάλυψης νέων θερμοκηπιακών αερίων με πιο πρόσφατο παράδειγμα το τριφθοριούχο άζωτο (NF₃). Το συγκεκριμένο αέριο είναι 17.200 φορές ισχυρότερο από το CO₂ και το ενδιαφέρον είναι πως αποτελεί βασικό συστατικό των οθονών πλάσμα καθώς και των ηλιακών κυψελών μορφής λεπτών φιλμ που αποτελούν το 30% των παγκόσμιων πωλήσεων. Το παράδοξο στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι πως διατάξεις που προωθούνται για την παραγωγή πράσινης ενέργειας φαίνεται να ενισχύουν την κλιματική αλλαγή!

Στα παραπάνω στοιχεία αβεβαιότητας που επικρατούν για τα αίτια της κλιματικής αλλαγής θα πρέπει να προστεθεί και η περίπτωση κατευθυνόμενης έρευνας που αποκαλύφθηκε το 2009 στο Climate Research Unit (CRU) του πανεπιστημίου East Anglia. Στη συγκεκριμένη υπόθεση, η οποία έχει χαρακτηριστεί και ως *Climate Gate*, κατηγορούνται τέσσερις επιστήμονες, μεταξύ των οποίων και ο διευθυντής του κέντρου Phil Jones, για απόκρυψη δεδομένων που αποκαλύπτουν

μείωση της παγκόσμιας θερμοκρασίας σε έκθεση που προορίζονταν για την IPCC. Σε αντίθεση με την Ελλάδα, το θέμα έχει πάρει σημαντικές διαστάσεις στο εξωτερικό ενώ υπάρχουν και επίσημες τοποθετήσεις από πλήθος κορυφαίων κλιματολόγων και επιστημονικών ενώσεων.

Είναι συνεπώς σκόπιμο να αποδίδεται οποιαδήποτε αλλαγή των χαρακτηριστικών του κλίματος σε ανθρωπογενή αίτια; Μέχρι στιγμής δεν έχει αναλυθεί η φυσική (εσωτερική) μεταβλητότητα του κλίματος, δηλαδή η εξέλιξη της ατμόσφαιρας, της λιθόσφαιρας και της υδρόσφαιρας ως ένα ενιαίο σύστημα χωρίς την επίδραση του ανθρώπινου πολιτισμού στον πλανήτη. Υπάρχει, δηλαδή, η πιθανότητα να βιώνουμε την κορυφή μίας θερμής κλιματικής περιόδου, όπως έχει υπάρξει στο παρελθόν, και η ανθρώπινη δραστηριότητα να αυτοτροφοδοτεί τη θέρμανση του πλανήτη. Σε κάθε περίπτωση, ο ανθρώπινος πολιτισμός οφείλει να σέβεται τη βιόσφαιρα στην οποία ζει και αναπτύσσεται, να διαφυλάσσει τους φυσικούς πόρους του πλανήτη και να συνειδητοποιήσει πως ένα απορρυθμισμένο κλιματικό σύστημα μπορεί να προκαλέσει τον αφανισμό του. Οι σύγχρονες όμως κοινωνίες έχουν αναπτυχθεί σε μία τελείως διαφορετική βάση όπου το περιβάλλον δεν συγκαταλέγεται στις βασικές αρχές της παιδείας και των δομών ανάπτυξής τους. Θεωρήθηκε συνεπώς αναγκαία η ανάδειξη μίας κατάστασης που θα έδινε ώθηση στον προβληματισμό και την ευαισθητοποίηση του ανθρώπου προς το περιβάλλον. Αυτός είναι και ο λόγος επινόησης του φαινόμενου της *κλιματικής αλλαγής*.

Η ΓΕΩΠΟΛΙΤΙΚΗ ΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ

Αχιλλέας Πληθάρας*

Η κλιματική αλλαγή συμβαίνει και εξελίσσεται συνεχώς με άγνωστα ακόμα τελικά αποτελέσματα. Η μεγάλη πλειονότητα των επιστημόνων έχει καταλήξει στο συμπέρασμα πως ο άνθρωπος παρεμβαίνει στο κλιματικό σύστημα του πλανήτη λόγω της διοχέτευσης στην ατμόσφαιρα τεράστιων ποσοτήτων αερίων θερμοκηπίου. Οι όποιες προσπάθειες συγκεκριμένων κύκλων να αμφισβητήσουν την «θεωρία» της κλιματικής αλλαγής στερούνται επιστημονικής βάσης, έχουν όμως την ικανότητα να διοχετεύονται εύκολα μέσω των κατάλληλων διόδων και να «επικοινωνούνται» στο ευρύ κοινό. Ειδικά μάλιστα σε χώρες-κλειδιά στο παιχνίδι των διεθνών διαπραγματεύσεων για το κλίμα, όπως οι ΗΠΑ και η Μεγάλη Βρετανία, το λόμπι των αρνητών της κλιματικής αλλαγής έχει να επιδείξει «σοβαρό έργο», με χτυπήματα κάτω από τη μέση και αστήρικτες καταγγελίες. Αποτέλεσμα της πίεσης των αρνητών της κλιματικής αλλαγής μπορεί να θεωρηθεί και η αποτυχία της Συνδιάσκεψης του ΟΗΕ στην Κοπεγχάγη. Βέβαια, η αλήθεια είναι πως υπήρξαν πολλοί άλλοι παράγοντες που συντέλεσαν στην αποτυχία της Κοπεγχάγης. Σήμερα, δέκα μήνες μετά την Κοπεγχάγη και μόλις δύο μήνες πριν την ερχόμενη συνδιάσκεψη για το κλίμα που θα γίνει στο Κανκούν, μπορούμε να κάνουμε μια πρώτη εκτίμηση για τους λόγους παγώματος των κλιματικών συζητήσεων.

* WWF Hellas, a.plitharas@wwf.gr