

## ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΕΥΑΛΩΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ – ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ – ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ

Νικόλαος Ρ. Δαλέζιος  
Καθηγητής Αγρομετεωρολογίας και Τηλεπισκόπησης  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας  
(e-mail: dalezios.n.r@gmail.com)

**Περίληψη:** Η αυξημένη μεταβλητότητα ή αλλαγή του κλίματος επηρεάζει όλους τους τομείς της οικονομίας, αλλά ο γεωργικός τομέας είναι ίσως ο πλέον ευάλωτος στις κλιματικές διακυμάνσεις. Η κλιματική αλλαγή, η ξηρασία και τα άλλα ακραία κλιματικά φαινόμενα έχουν άμεση επίδραση στην ποσότητα και ποιότητα της γεωργικής παραγωγής και σε πολλές περιπτώσεις έχουν αρνητική επίπτωση, ειδικά στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η γεωργία δεν έχει μέχρι σήμερα καταφέρει να διαχειρισθεί την τρέχουσα φυσική κλιματική μεταβλητότητα με τον καλύτερο δυνατό τρόπο λόγω των πολιτικών που ακολουθούνται, καθώς και των τεχνολογιών και πρακτικών που εφαρμόζονται. Στην εργασία αυτή, αρχικά προσδιορίζονται και περιγράφονται η κλιματική μεταβλητότητα και αλλαγή, καθώς και τα χαρακτηριστικά των γεωργικών οικοσυστημάτων και της ευάλωτης ή ευπαθούς γεωργίας. Στη συνέχεια αναλύεται το τρίπτυχο επιπτώσεις-αντιμετώπιση-προσαρμογή της γεωργίας στην αυξανόμενη κλιματική μεταβλητότητα. Η τρέχουσα έρευνα διεθνώς εστιάζεται κυρίως στον τομέα της προσαρμογής. Ωστόσο, είναι γεγονός ότι η προσαρμογή στην αυξανόμενη κλιματική μεταβλητότητα του 21<sup>ου</sup> αιώνα αποτελεί το εργαλείο που καθιστά τη γεωργία λιγότερο ευάλωτη.

### 1. Εισαγωγή

Η αυξημένη κλιματική μεταβλητότητα και η ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή, καθώς και τα άλλα υφιστάμενα περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως η υποβάθμιση εδαφών, η αυξημένη ρύπανση της ατμόσφαιρας και των υδάτων, η απώλεια βιοποικιλότητας και η μείωση του ατμοσφαιρικού όζοντος, δυσχεραίνουν τις δραστηριότητες του ανθρώπου να αντεπεξέλθει στην εξασφάλιση αποδεκτού επιπέδου ζωής για τις τρέχουσες και μελλοντικές γενιές. Αξιόλογες προσπάθειες έχουν γίνει για την παρακολούθηση και ανάδειξη των αλλαγών και για τη δημιουργία πιθανών επιλογών στη διαχείριση συστημάτων που αφορούν στη γεωργία, τα δάση και το περιβάλλον.

Η αγροτική παραγωγή παρουσιάζει υψηλή εξάρτηση από το κλίμα και επηρεάζεται αρνητικά από την αύξηση της κλιματικής μεταβλητότητας και της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής, οδηγώντας σε αύξηση των ακραίων κλιματικών φαινομένων. Έχει διαπιστωθεί ότι κατά την τελευταία χιλιετία έχει αυξηθεί η μέση ετήσια θερμοκρασία του πλανήτη, με τη δεκαετία του '90 να είναι η πιο θερμή τουλάχιστον στο Βόρειο Ημισφαίριο (IPCC, 2007; Salinger et al., 2005). Κατά τον προηγούμενο αιώνα, αλλαγές στη θερμοκρασία είχαν άμεση επίπτωση στον αριθμό των ημερών παγετού και στη διάρκεια της βλαστικής περιόδου προκαλώντας σημαντικές επιπλοκές στη γεωργία. Επιπλέον, αλλαγές στην εδαφοκάλυψη, στην κυκλοφορία υδάτων, ωκεανών και στη θερμοκρασία της επιφάνειας των θαλασσών, καθώς και αλλαγές στη σύνθεση της ατμόσφαιρας προκαλούν μεταβολές στις βροχοπτώσεις.

Η παρατηρηθείσα συνδυασμένη αύξηση της θερμοκρασίας και η μείωση του νετού σε περιοχές της Νότιας Ευρώπης (IPCC, 2001), όπου ήδη υπάρχει έλλειψη νερού, αναμένεται να έχει προφανείς επιπτώσεις στις χρήσεις γης και στην οικονομία. Ειδικά σε ημίξηρες και ξηρές περιοχές επηρεάζονται οι υδάτινες μάζες της ξηράς λόγω των

επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Κλιματικές προβολές στο χρόνο για τη λεκάνη της Μεσογείου (IPCC, 2007) δείχνουν ότι η περιοχή θα υποστεί μείωση των υδατικών πόρων λόγω κλιματικής αλλαγής. Οι εκτιμώμενες βασικές κλιματικές τάσεις για την περιοχή της Μεσογείου είναι η συνεχής αύξηση της θερμοκρασίας, η παρατεταμένη ξηρότητα του κλίματος με μείωση του υετού της τάξης του 20% και η ενίσχυση των ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως πλημμύρες, ξηρασίες, καύσωνες και δασικές πυρκαγιές. Η ικανότητα συγκράτησης υδρατμών στην ατμόσφαιρα, καθώς και η εξάτμιση στην ατμόσφαιρα αυξάνουν όσο αυξάνει η θερμοκρασία με αποτέλεσμα την αυξημένη κλιματική μεταβλητότητα με περισσότερο έντονες βροχές και ξηρασίες.

Κλιματική αλλαγή και μεταβλητότητα, ξηρασία και άλλα ακραία καιρικά φαινόμενα έχουν άμεση επίδραση στην ποσότητα και ποιότητα της γεωργικής παραγωγής, συχνά αρνητική, ειδικά σε αναπτυσσόμενες χώρες, όπου το επίπεδο της τεχνολογικής ανάπτυξης, καινοτομίας και προσαρμογής δεν επιτρέπει την αντιστάθμιση των αρνητικών επιπτώσεων των μεταβαλλόμενων περιβαλλοντικών συνθηκών (Parry et al., 2004; Dalezios et al., 2009; Δαλέζιος, 2015). Η προβλεπόμενη κλιματική αλλαγή μπορεί ακόμα να επηρεάσει τη δυναμική των πληθυσμών εντόμων και ασθενειών με επιπτώσεις στις καλλιέργειες. Η προσαρμογή της παραγωγής τροφίμων στις υπάρχουσες συνθήκες, ειδικότερα σε περιοχές μεγάλης κλιματικής μεταβλητότητας, αποτελεί τη βάση για την εξασφάλιση της τροφής για τον πληθυσμό της γης (Salinger et al., 2000; FAO, 2005). Η γεωργία δεν αποτελεί σήμερα αντικείμενο βέλτιστης διαχείρισης σχετικά με την τρέχουσα φυσική κλιματική μεταβλητότητα λόγω των πολιτικών που ακολουθούνται, αλλά και της τεχνολογίας και των πρακτικών που εφαρμόζονται. Ωστόσο, πιο επικαιροποιημένη επιλογή πολιτικών, πρακτικών και τεχνολογιών, αναμένεται να περιορίσει μακροπρόθεσμα την ευπάθεια και τρωτότητα της γεωργίας στην κλιματική αλλαγή, ειδικότερα στις αναπτυσσόμενες χώρες. Για παράδειγμα, η ενσωμάτωση εποχικών κλιματικών προγνώσεων σε αποφάσεις διαχείρισης μπορεί να περιορίσει την τρωτότητα της γεωργίας σε πλημμύρες και ξηρασίες, που προκαλούνται από τα φαινόμενα ENSO (El Nino/Southern Oscillation) και NAO (North Atlantic Oscillation).

Η εργασία περιλαμβάνει προσδιορισμό και ανάλυση της κλιματικής μεταβλητότητας και αλλαγής. Στη συνέχεια περιγράφονται τα γεωργικά οικοσυστήματα. Κατόπιν αναλύεται το τρίπτυχο επιπτώσεις – αντιμετώπιση – προσαρμογή της γεωργίας στην αυξανόμενη κλιματική μεταβλητότητα. Στη συνέχεια αναφέρονται δυνατότητες και παραδείγματα εφαρμογών στη γεωργία στο τρίπτυχο αυτό. Επισημαίνεται ακόμα ότι η τρέχουσα έρευνα διεθνώς επικεντρώνεται περισσότερο στην προσαρμογή. Είναι δε γεγονός ότι η προσαρμογή στην αυξανόμενη κλιματική μεταβλητότητα του 21<sup>ου</sup> αιώνα παρέχει τα εργαλεία για ενίσχυση του γεωργικού τομέα.

## **2. Κλιματική μεταβλητότητα και αλλαγή**

Το κλίμα αλλάζει συνεχώς και οι ενδείξεις δείχνουν πως αυτή η διαδικασία αλλαγής μπορεί να αξιολογηθεί σε ένα εύρος χρονικών και χωρικών κλιμάκων. Εδώ παρουσιάζεται η κλιματική μεταβλητότητα και τα αίτια που την προκαλούν, καθώς και μέθοδοι ανάλυσης της κλιματικής μεταβλητότητας. Το κλίμα θεωρείται η μέση κατάσταση του καιρού. Αυτό δεν σημαίνει ότι παραμένει ένα σταθερό, μη μεταβαλλόμενο φαινόμενο. Αντίθετα, το κλιματικό σύστημα χαρακτηρίζεται από σταθερή αλλαγή. Οι κλιματικές μεταβολές οδηγούν σε τροποποιήσεις των μέσων όρων, της μεταβλητότητας και της συχνότητας των ακραίων τιμών της θερμοκρασίας, του υετού, της πίεσης και άλλων μετεωρολογικών μεταβλητών. Τέτοιες αλλαγές, που μπορεί να συμβούν σε όλες τις κλίμακες χρόνου και χώρου, πέραν των μεμονωμένων

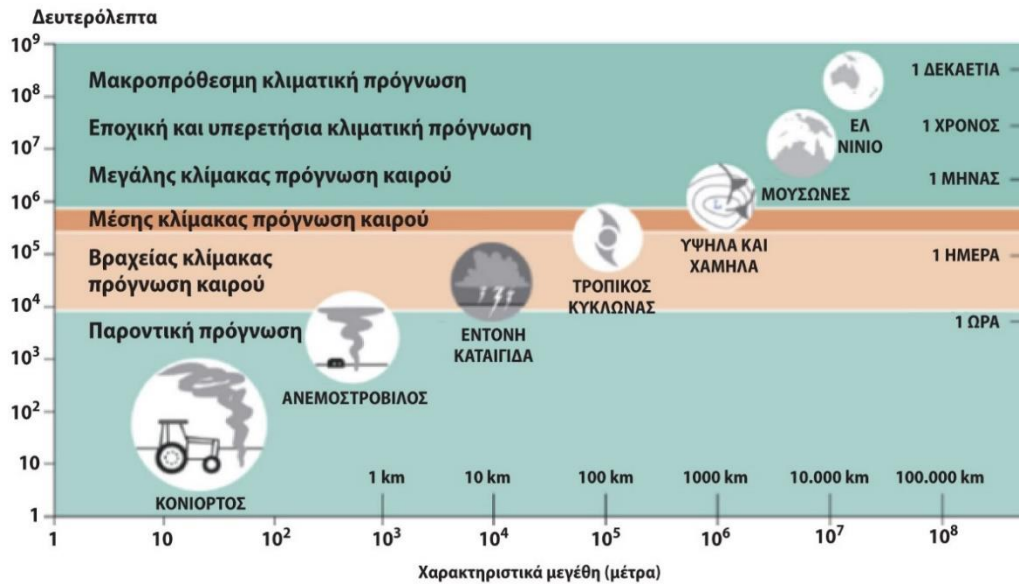
καιρικών συμβάντων, ορίζονται ως **κλιματική μεταβλητότητα** (IPCC, 2007). Αντίστοιχα, στατιστικά σημαντικές αλλαγές στη μέση κατάσταση του κλίματος ή στην αναμενόμενη μεταβλητότητα, που παρουσιάζουν εμμονή για εκτεταμένη περίοδο της τάξης δεκαετιών ή περισσότερο, αναφέρονται ως **κλιματική αλλαγή** (IPCC, 2001).

Οι αιτίες της κλιματικής μεταβλητότητας και αλλαγής περιλαμβάνουν φυσικές εσωτερικές διαδικασίες, όπως δυναμικές και θερμοδυναμικές αλληλοεπιδράσεις μεταξύ ατμόσφαιρας και ωκεανών, ηφαιστειογενείς εκρήξεις, αλλαγές στην ηλιακή ακτινοβολία, ανθρωπογενείς αλλαγές στη δομή και σύσταση της ατμόσφαιρας ή αλλαγές στη χρήση γης. Τέτοιοι παράγοντες μπορεί να επηρεάζουν άμεσα το κλίμα, αλλοιώνοντας το τοπικό ατμοσφαιρικό ισοζύγιο θερμότητας και/ή τροποποιώντας, έμμεσα, την πλανητική κυκλοφορία αέριων μαζών και ωκεάνιων ρευμάτων, απ' όπου ρυθμίζεται, σε μεγάλο βαθμό, το τοπικό κλίμα. Οι επιδράσεις της κλιματικής μεταβολής είναι πολλές και συχνά επηρεάζουν κοινωνικοοικονομικά και φυσικά συστήματα. Γεωγραφικά, οι κλιματικές αλλαγές είναι τόσο εκτεταμένες που εξετάζονται ως ένα ολοκληρωμένο πλανητικό φαινόμενο. Στην ουσία, η ημισφαιρική ή παγκόσμια θεώρηση απαιτεί να εξεταστούν οι σχέσεις αίτιου και αποτελέσματος. Σε παγκόσμια κλίμακα, μεταβολές της μέσης κατάστασης του κλίματος της επιφάνειας έχουν αρχίσει από τα μέσα του 19ου αιώνα να περιγράφονται με ικανοποιητική πιστότητα βάσει παρατηρήσεων οργάνων, ωστόσο αναλύσεις για την επιφανειακή μεταβλητότητα και τις ακραίες τιμές, καθώς και για το κλίμα της ανώτερης ατμόσφαιρας, είναι περισσότερο περιορισμένες.

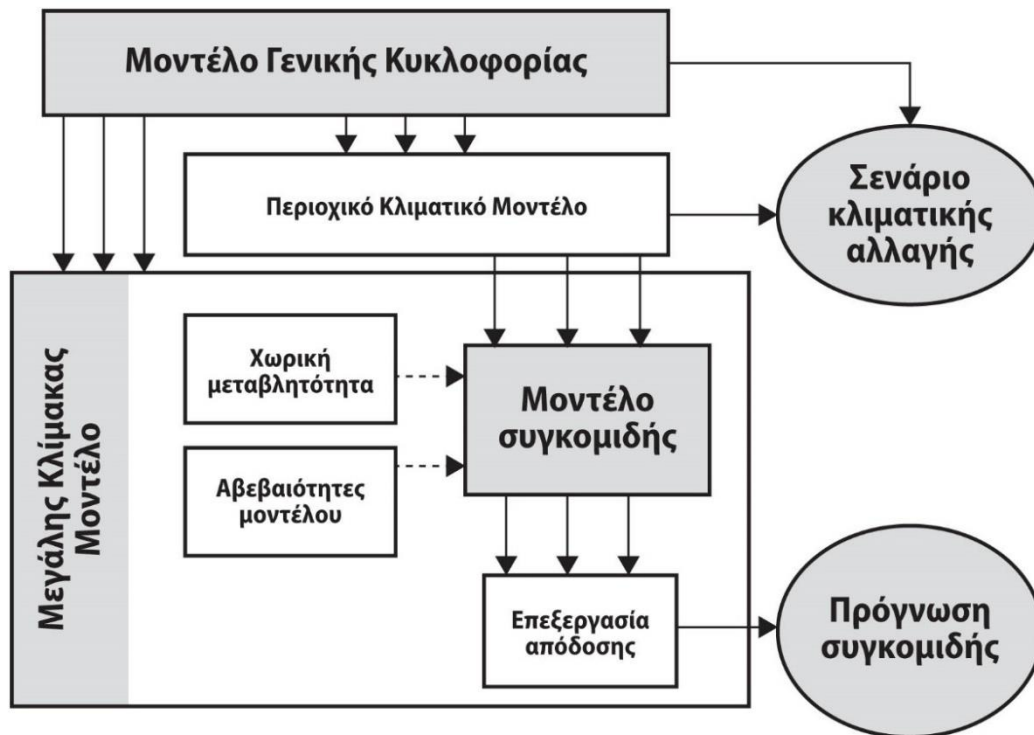
Τα διαθέσιμα δεδομένα παρατηρήσεων καλύπτουν την περίοδο της αύξησης του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), λόγω ανθρωπογενών αιτιών και άλλων συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου, καθώς και της σύγχρονης πλανητικής θέρμανσης. Η πλανητική θέρμανση έχει οδηγήσει, μεταξύ άλλων, σε ιδιαίτερα ακραίο κλίμα, αύξηση του πλανητικού υετού και του περιεχομένου των υδρατμών της ατμόσφαιρας, αύξηση της περιεχόμενης θερμότητας των ωκεανών και της στάθμης της θάλασσας, μείωση της έκτασης παγετώνων και χιονοκάλυψης στα βουνά, περιορισμό των εποχών πάγου σε λίμνες και ποτάμια, και συστηματική μείωση του εαρινού και θερινού πάγου στις αρκτικές περιοχές. Δεδομένα παρατηρήσεων συνεισφέρουν στη γνώση των παλαιοκλιματικών μεταβολών, στη βαθμονόμηση της σχέσης μεταξύ, αφενός, πληρεξούσιων (proxy) δεδομένων, όπως είναι οι δακτύλιοι δένδρων, οι πυρήνες πάγου, οι γεωτρήσεις, οι φερτές ύλες, τα κοραλλιογενή και ιστορικά δοκίμια, και, αφετέρου, μετεωρολογικών μεταβλητών. Τέλος, δεδομένα παρατηρήσεων θεωρούνται απαραίτητα επίσης σε κλιματικά μοντέλα, που μπορούν να εκτιμήσουν τη μελλοντική εξέλιξη του κλίματος και την πιστότητα των αποτελεσμάτων.

Υπάρχουν διαχρονικά χαρακτηριστικά κλιματικής μεταβλητότητας. Ως γνωστόν οι βασικοί παράγοντες που διαμορφώνουν το κλίμα της Γης είναι το μέγεθος και η κατανομή της ηλιακής ενέργειας που δέχεται η Γη, οι μεταβολές στη σύσταση και τη δομή της ατμόσφαιρας, καθώς και οι μεταβολές στις χρήσεις γης. Επίσης, είναι σκόπιμο να επισημανθεί ότι τα κύρια αίτια της κλιματικής μεταβλητότητας εντοπίζονται στην ηλιακή δραστηριότητα, την ηφαιστειακή δραστηριότητα, τη σύνθεση και τη δομή τα ατμόσφαιρας, τις συγκεντρώσεις διοξειδίου τον άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και άλλων αερίων, τη λευκαύγεια (albedo), την έκταση των πάγων στους πόλους σε σχέση με την λευκαύγεια, την κυκλοφορία της ατμόσφαιρας και των ωκεάνιων ρευμάτων, καθώς και τη χημική σύσταση ωκεανών και ατμόσφαιρας. Στο Σχήμα 1 (IPCC, 2007) παρουσιάζεται χαρακτηριστικά η κλιμάκωση της διασύνδεσης μεταξύ αγροτικής δραστηριότητας και θερμοκρασίας του πλανήτη, δηλαδή μεταξύ μικροκλίματος και πλανητικής κλίμακας, σε

σχέση τόσο με την έκταση των κλιματικών φαινομένων, όσο και με το αντίστοιχο χρονικό προγνωστικό βήμα. Τέλος, στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται μια ιεραρχική μεθοδολογική προσέγγιση μοντελοποίησης από την πλανητική κλίμακα στην κλίμακα καλλιέργειας (Δαλέζιος, 2011; UN, 2004; Nicholls, 1999). Ειδικότερα, παρουσιάζονται τα μοντέλα πλανητικής κυκλοφορίας, τα περιοχικά μοντέλα και η υποκλιμάκωση, καθώς και σύνδεσή τους με τα αγρομετεωρολογικά μοντέλα συγκομιδής καλλιεργειών.



Σχήμα 1. Χωρική και χρονική κλίμακα καιρού-κλίματος-αγρού



Σχήμα 2. Διάγραμμα ροής της κλίμακας κλίμα-συγκομιδή.

### 3. Κλιματική μεταβλητότητα και γεωργικά οικοσυστήματα

Μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις της ανθρωπότητας είναι η εξασφάλιση αποδεκτού επιπέδου ζωής για τις τρέχουσες και μελλοντικές γενιές: επαρκής τροφή, νερό, ενέργεια, ασφάλεια, στέγη και υγιεινό περιβάλλον. Η ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή και η αυξημένη κλιματική μεταβλητότητα, καθώς και τα άλλα υφιστάμενα περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως η υποβάθμιση των εδαφών, η απώλεια της βιοποικιλότητας, η αυξημένη ρύπανση της ατμόσφαιρας και των υδάτων, και η μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος, δυσκολεύουν τον άνθρωπο να ανταπεξέλθει στην ικανοποίηση των παραπάνω αναγκών. Αξιόλογες προσπάθειες έχουν γίνει για την παρακολούθηση και ανάδειξη των αλλαγών, και τη δημιουργία πιθανών επιλογών στη διαχείριση συστημάτων που αφορούν τη γεωργία, τα δάση και το περιβάλλον.

Έχει καταστεί σαφές ότι το κλίμα πάντα αλλάζει και θα συνεχίσει να αλλάζει. Επίσης, η αλλαγή του κλίματος περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, αλλαγές στη βροχόπτωση, στη θερμοκρασία και στις συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Βέβαια, η πιθανότητα να είναι η κλιματική αλλαγή φυσική ή ανθρωπογενής σχετίζεται με την πιθανή προέλευση και το της αλλαγής. Παραμένει σημαντικό θέμα η ικανότητα των αγροτών και των κτηνοτρόφων να προσαρμόσουν τη διαχείριση καλλιεργειών και αγροτικών οικοσυστημάτων σ' ένα μεταβαλλόμενο κλίμα, με στόχο την ελαχιστοποίηση των αρνητικών συνεπειών. Ωστόσο, μερικές από τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής μπορεί να είναι ευεργετικές για τη γεωργία. Για παράδειγμα, η αύξηση των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του άνθρακα μπορεί να ισοσκελίσει τις καταστρεπτικές συνέπειες ξηρότερων εποχών, μέσω της αύξησης της σοδειάς και της αποδοτικότητας στη χρήση νερού (Dalezios et al., 2009). Επίσης, η εκτίμηση του δείκτη SOI μπορεί να βοηθήσει τους παραγωγούς στην προσαρμογή των γεωργικών πρακτικών, για ικανοποιητική παραγωγή στην ανατολική Αυστραλία (Nicholls, 1999). Επιπλέον, το κλίμα μπορεί να αλλάζει και έξω από το εύρος προηγούμενης εμπειρίας και παρατηρήσεων, ειδικά σε σχέση με την ένταση και τη συχνότητα ακραίων κλιματικών φαινομένων. Τέλος, η προσαρμογή σε μεγαλύτερο χρονικό ορίζοντα απαιτεί προηγούμενη γνώση της φύσης της κλιματικής αλλαγής και όχι μόνο πρόσφατες εμπειρίες.

Η αγροτική παραγωγή παρουσιάζει υψηλή εξάρτηση από το κλίμα και επηρεάζεται αρνητικά από την αύξηση της κλιματικής μεταβλητότητας και της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής, οδηγώντας σε αύξηση των ακραίων κλιματικών φαινομένων. Η γεωργία δεν αποτελεί σήμερα αντικείμενο βέλτιστης διαχείρισης όσον αφορά την τρέχουσα φυσική κλιματική μεταβλητότητα, λόγω των πολιτικών που ακολουθούνται, αλλά και της τεχνολογίας και των πρακτικών που εφαρμόζονται. Μια πιο επικαιροποιημένη επιλογή πολιτικών, πρακτικών και τεχνολογιών αναμένεται να περιορίσει μακροπρόθεσμα την ευπάθεια της γεωργίας στην κλιματική αλλαγή (Δαλέζιος, 2015). Για παράδειγμα, η ενσωμάτωση εποχικών κλιματικών προγνώσεων σε αποφάσεις διαχείρισης μπορεί να περιορίσει την τρωτότητα και ευπάθεια της γεωργίας σε ακραία κλιματικά φαινόμενα, όπως πλημμύρες και ξηρασίες, που προκαλούνται από τα φαινόμενα ENSO και NAO.

Η παγκόσμια γεωργία αναμένεται να αντιμετωπίσει πολλές προκλήσεις τα επόμενα χρόνια, όπως είναι ο διεθνής ανταγωνισμός, η περαιτέρω απελευθέρωση τον παγκόσμιου, καθώς και η μείωση του πληθυσμού. Σε αυτές, η κλιματική αλλαγή θα προσθέσει τις πιέσεις και θα καταστήσει τις προκλήσεις δυσκολότερες και δαπανηρότερες. Οι προβαλλόμενες κλιματικές αλλαγές αναμένεται να επηρεάσουν τη συγκομιδή καλλιεργειών, τη διαχείριση του κεφαλαίου και τη χωρική κατανομή της παραγωγής, με σημαντικές αβεβαιότητες στο εισόδημα του αγρότη και την εγκατάλειψη

της γης σε ορισμένες περιοχές της Γης. Η διακινδύνευση (risk) της παραγωγής τροφίμων μπορεί να αποτελέσει σοβαρό θέμα σε ορισμένες περιοχές της Γης, καθόσον καύσωνες, ξηρασίες και προσβολές από έντομα πιθανόν να αυξήσουν το ενδεχόμενο των αποτυχιών στη σοδειά. Όσο η μεταβλητότητα της συγκομιδής αυξάνεται, τόσο το παγκόσμιο απόθεμα τροφών θα είναι σε αυξανόμενη διακινδύνευση. Στο πλαίσιο αυτό, η δυνητική επίπτωση της πιθανής αύξησης της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας στο παγκόσμιο απόθεμα τροφών πρέπει να εκτιμηθεί.

Σε συνθήκες αλλαγής κλίματος, ο ρόλος της γεωργίας, ως παροχέα υπηρεσιών στο περιβάλλον και στα οικοσυστήματα, αποκτά πρόσθετη σημασία. Η αγροτική διαχείριση διαδραματίζει μεγάλο ρόλο σχετικά, μεταξύ άλλων, με την αποτελεσματική χρήση του νερού σε ξηρές περιοχές, την προστασία υδάτινων διαδρομών ενάντια σε πλεονάζουσες εισροές νιτρικών, τη βελτίωση της διαχείρισης πλημμυρών, τη διαχείριση και αποκατάσταση πολυχρηστικών τοποθεσιών (Dalezios et al., 2009). Η υποστήριξη των τοπικών κοινωνιών στη γεωργία και στην αγροτική ανάπτυξη παίζει σημαντικό ρόλο στην παραγωγή τροφίμων, στη διατήρηση αγροτικών περιοχών και στην παροχή περιβαλλοντικών υπηρεσιών. Η πρόσφατη αναθεώρηση της κοινής αγροτικής πολιτικής (Common Agricultural Policy/CAP) αποτελεί το πρώτο βήμα προς ένα πλαίσιο για την αειφόρο ανάπτυξη της ευρωπαϊκής γεωργίας.

Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να επηρεάσει σημαντικά οικονομίες και κοινωνίες, μέσω των επιπτώσεων στα οικοσυστήματα και, ειδικότερα, στο φυτικό κεφάλαιο, στη βιοποικιλότητα και στη ροή οικοσυστημικών υπηρεσιών σε εδαφικά και θαλάσσια οικοσυστήματα, καθώς και οικοσυστήματα εσωτερικών νερών. Αυτό συμβαίνει καθόσον, για τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον άνθρωπο, μεσολαβούν σε μεγάλο ποσοστό φυσικά οικοσυστήματα. Τα υγιή οικοσυστήματα αναμένεται να είναι περισσότερο ανθεκτικά στην κλιματική αλλαγή και, επομένως, περισσότερο ικανά να διατηρήσουν την παροχή οικοσυστημικών υπηρεσιών, από τις οποίες εξαρτάται η ευημερία και η ευμάρεια του ανθρώπου. Τελικά, αποτελούν την καρδιά κάθε πολιτικής προσαρμογών. Συνεπώς, «συμβατικές» πιέσεις, που προκαλούν κατάτμηση, υποβάθμιση, υπερεκμετάλλευση και ρύπανση των οικοσυστημάτων, πρέπει να περιοριστούν.

Η κλιματική αλλαγή θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στις φυσικές και βιολογικές συνιστώσες των οικοσυστημάτων: νερό, έδαφος, αέρας και βιοποικιλότητα. Νομοθεσία και πολιτικές πρέπει να είναι διαθέσιμες προς υλοποίηση, ώστε να επιτρέπουν την έγκαιρη επέμβαση, για την ενίσχυση της αντίστασης του οικοσυστήματος στην κλιματική αλλαγή. Σημαντική συνεισφορά στη διάσωση και αποκατάσταση της βιοποικιλότητας και των οικοσυστημάτων προσφέρουν κυρίως η κατοχύρωση της ακεραιότητας, της συνοχής και της συνδετικότητας του δικτύου Natura 2000, η διατήρηση και η αποκατάσταση της βιοποικιλότητας και των οικοσυστημικών υπηρεσιών στην ευρύτερη περιοχή, η προώθηση της συμβατής με τη βιοποικιλότητα περιοχικής ανάπτυξης, καθώς και ο περιορισμός των ανεπιθύμητων επιπτώσεων από εισβάλλοντα ξένα είδη.

#### **4. Επιπτώσεις κλιματικής αλλαγής στη γεωργία**

Η κλιματική αλλαγή, ως κοινός όρος, που χρησιμοποιείται από το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού, θεωρείται πλέον η ανθρωπογενούς προέλευσης αλλαγή του κλίματος. Αυτή η αλλαγή του κλίματος μπορεί να επηρεάσει τη γεωργία με θετικό τρόπο (π.χ. λίπανση CO<sub>2</sub>, επιμήκυνση καλλιεργητικών περιόδων, περισσότερες βροχοπτώσεις) ή με αρνητικό τρόπο (π.χ. περισσότερη ξηρασία, ταχύτερη ανάπτυξη, με συνέπεια πιο μικρούς βιολογικούς κύκλους, υφαλμύρωση). Με την αλλαγή του κλίματος, αυξάνονται οι χερσαίες και θαλάσσιες θερμοκρασίες και μεταβάλλονται το ύψος και η κατανομή των βροχοπτώσεων, με συνέπεια την άνοδο της μέσης στάθμης των θαλασσών, τον κίνδυνο διάβρωσης των ακτών και τις προβλέψεις έντασης των

σχετιζόμενων με τον καιρό φυσικών καταστροφών. Η μεταβολή της στάθμης των υδάτων, η αλλαγή των θερμοκρασιών και των ροών θα έχουν, με τη σειρά τους, επιπτώσεις στην προσφορά τροφής, την υγεία, τη βιομηχανία, τις μεταφορές και την ακεραιότητα των οικοσυστημάτων. Η αλλαγή του κλίματος θα έχει σημαντικές οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις, ιδίως σε ορισμένες περιφέρειες και τομείς, που θα θιγούν περισσότερο.

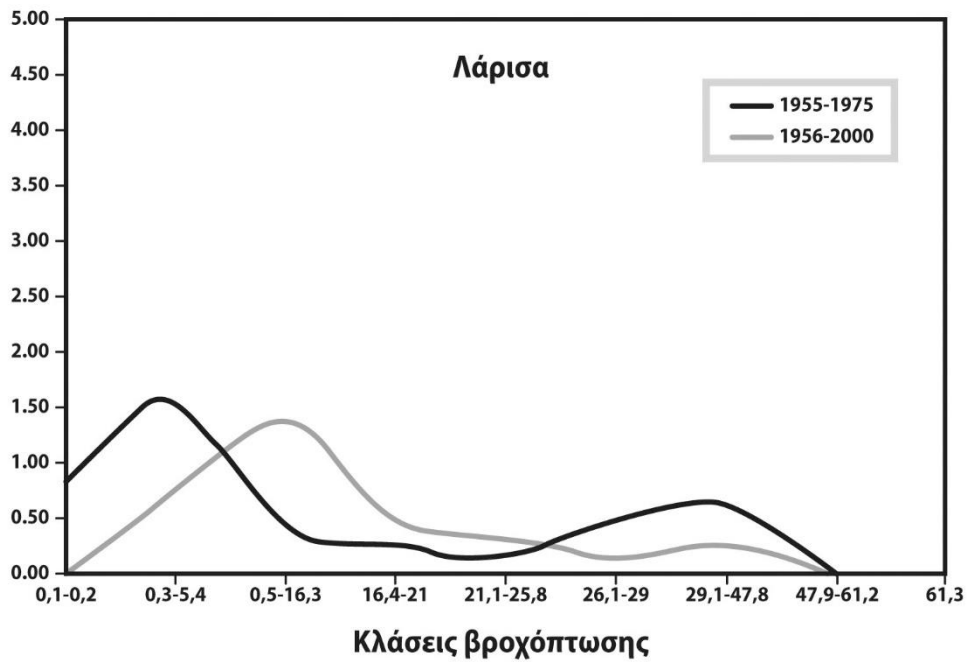
#### **4.1. Μεταβολές σε κλιματικές παραμέτρους και οικοσυστήματα**

Από τις πλέον κατανοητές τάσεις του κλίματος στον 21ο αιώνα είναι η συνεχιζόμενη απότομη αύξηση της θερμοκρασίας στα υψηλά πλάτη του βόρειου ημισφαιρίου, η περαιτέρω ξήρανση των περιοχών της Μεσογείου και σε μερικά τροπικά και υποτροπικά πλάτη, καθώς και η ενίσχυση των κλιματικών ακραίων, ως συνέπεια της αυξανόμενης κλιματικής μεταβλητότητας, ειδικά σε υποτροπικά και τροπικά πλάτη. Ενδεικτικά, παρατίθεται η ανάλυση συχνοτήτων της βροχόπτωσης του σταθμού της Λάρισας για τα διαστήματα 1950-1975 και 1976-2007, αντίστοιχα. Στο Σχήμα 3 (Dalezios, 2011) παρατηρείται ότι οι συχνότητες βροχόπτωσης στη Λάρισα της πρόσφατης περιόδου παρουσιάζουν συνολικά μικρότερο εμβαδόν, δηλαδή μείωση του συνολικού ύψους βροχής, καθώς και μετατόπιση της αιχμής προς υψηλότερες εντάσεις βροχής, δηλαδή περισσότερες καταγιδόφορες περιπτώσεις.

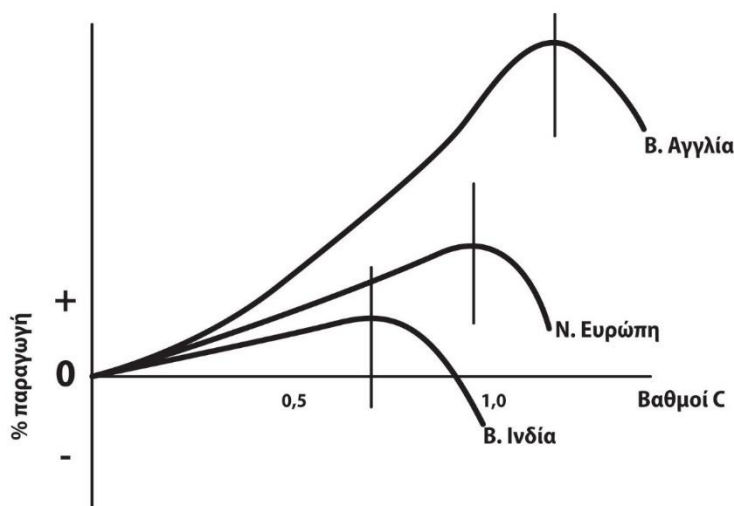
Η θερμοκρασία, η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, το νερό και η διαθεσιμότητα θρεπτικών είναι οι κύριοι παράγοντες που γενικά καθορίζουν τη γεωργική παραγωγή. Τα βιολογικά συστήματα βασίζονται κυρίως στη φωτοσύνθεση και, συνεπώς, εξαρτώνται από την προσπίπτουσα ακτινοβολία. Η δυναμική για παραγωγή, που καθορίζεται από την ακτινοβολία, τροποποιείται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία και τη βροχόπτωση. Η κύρια επίδραση της θερμοκρασίας είναι ο έλεγχος της διάρκειας της βλαστικής περιόδου. Επιπλέον, άλλες διαδικασίες, που συνδέονται με τη συσσώρευση ξηρής ουσίας, επηρεάζονται από τη θερμοκρασία. Βροχόπτωση και διαθεσιμότητα εδαφικού ύδατος μπορεί να επηρεάσουν τη διάρκεια της ανάπτυξης μέσω της διάρκειας της φυλλικής επιφάνειας και της αποτελεσματικότητας της φωτοσύνθεσης. Οι γενικοί αυτοί κλιματικοί περιορισμοί στη γεωργική παραγωγή τροποποιούνται από τοπικούς κλιματικούς περιορισμούς. Ενδεικτικά, στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην παραγωγή σιτηρών σε διαφορετικές περιοχές και, ειδικότερα, η μεταβολή (μείωση) της παραγωγής ως συνάρτηση της συνεχούς αύξησης της θερμοκρασίας.

Στις βόρειες χώρες, η διάρκεια της βλαστικής περιόδου, ο όψιμος ανοιξιάτικος και πρώιμος φθινοπωρινός παγετός και η διαθεσιμότητα ηλιακής ακτινοβολίας είναι τυπικοί κλιματικοί περιορισμοί. Στα περιβάλλοντα αυτά, η διάρκεια της βλαστικής περιόδου περιορίζει την παραγωγικότητα των καλλιεργειών. Η μικρή βλαστική περίοδος είναι η κύρια αιτία για τις χαμηλότερες σοδειές σιτηρών στις Σκανδιναβικές χώρες. Επιπλέον, οι νυχτερινοί παγετοί αυξάνουν το αγροτικό ρίσκο στα περιβάλλοντα αυτά. Οι υγρές συνθήκες στις ακτές τον Ατλαντικού και στις ορεινές περιοχές, προκαλώντας ψυχρά και βροχερά καλοκαίρια, περιορίζουν τη διαθεσιμότητα της ηλιακής ακτινοβολίας και οδηγούν σε απώλειες στη σοδειά και την ποιότητα σε πολλές αροτριαίες καλλιέργειες. Αυτή είναι η κύρια αιτία για μικρές σοδειές σιτηρών στα Βρετανικά νησιά και στις Αλπικές χώρες, σε σύγκριση με άλλες περιοχές. Στις Μεσογειακές χώρες, οι σοδειές σιτηρών περιορίζονται από τη διαθεσιμότητα νερού, την καταπόνηση λόγω καύσωνα και τη μικρή διάρκεια βασικών φαινολογικών σταδίων. Τα σιτηρά είναι, συνεπώς, λιγότερο σημαντικά στην περιοχή αυτή. Μόνιμες καλλιέργειες, όπως ελιές, αμπέλια και φρούτα, είναι ιδιαίτερα σημαντικές στη Μεσόγειο. Οι καλλιέργειες αυτές επηρεάζονται από ακραία καιρικά φαινόμενα,

όπως χαλάζι και καταιγίδες, που μπορεί να περιορίσουν ή/και να καταστρέψουν τελείως τη σοδειά. Η άρδευση είναι σημαντική για την παραγωγή καλλιεργειών σε πολλές Μεσογειακές χώρες, λόγω της υψηλής εξατμισοδιαπνοής και της περιορισμένης βροχόπτωσης. Το ηπειρωτικό κλίμα της ανατολικής Ευρώπης, που προκαλεί ξηρότερες συνθήκες και μεγαλύτερο εύρος στον κύκλο της ετήσιας θερμοκρασίας, περιορίζει το εύρος των καλλιεργειών που μπορεί να αναπτυχθούν. Οι πιο παραγωγικές περιοχές της Ευρώπης βρίσκονται στις κεντρικές, σχετικά υψηλές περιοχές. Επιπρόσθετα, υπάρχουν χαμηλές περιοχές, όπως τα ουγγρικά πεδία, με εξίσου διαθέσιμες ευνοϊκές συνθήκες.



**Σχήμα 3.** Ανάλυση συχνοτήτων της βροχόπτωσης του σταθμού της Λάρισας για τα διαστήματα 1950-1975 και 1976-2007.



**Σχήμα 4.** Επίπτωση της αύξησης θερμοκρασίας στην παραγωγή σιτηρών.



#### 4.2. Επιπτώσεις σε τομείς της οικονομίας

Κατά τα τελευταία τριάντα χρόνια, η κλιματική αλλαγή έχει ήδη αξιοσημείωτη επίδραση σε πολλά φυσικά και βιολογικά συστήματα, και σε τομείς της οικονομίας (Salinger et al., 2005· IPCC, 2007). Επισημαίνονται ενδεικτικά τα ακόλουθα:

**Γεωργία.** Οι επιπλοκές τόσο της παρελθούσας όσο και της παρούσας κλιματικής μεταβλητότητας και αλλαγής στη γεωργία αποτελούν αντικείμενο μελετών των επιπτώσεων (IPCC, 2001). Στη γεωργία, οι προβλεπόμενες κλιματικές μεταβολές θα έχουν επιπτώσεις στις αποδόσεις, στη διαχείριση του ζωικού κεφαλαίου και στον γεωγραφικό προσανατολισμό της παραγωγής. Οι αυξανόμενες πιθανότητες εκδήλωσης ακραίων φαινομένων θα αυξήσουν, με τη σειρά τους, τον κίνδυνο ζημιών στη συγκομιδή. Ακόμα, αναμένεται να υπάρχει επίπτωση στις γεωργικές πρακτικές, όπως αλλαγές στη χρήση του νερού, στις γεωργικές εισροές, στα λιπάσματα, στους ψεκασμούς και σε άλλα συναφή. Σε περιβαλλοντικό επίπεδο, οι επιπτώσεις εντοπίζονται στη συχνότητα και ένταση της στράγγισης εδαφών, στη διάβρωση των εδαφών, καθώς και στον περιορισμό της δυνατότητας αναδιάρθρωσης των καλλιεργειών. Η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει εξάλλου και το έδαφος, απομακρύνοντας τις οργανικές ύλες, που αποτελούν βασικό παράγοντα της γονιμότητας των εδαφών. Στον αγροτικό χώρο γενικά, οι επιπτώσεις παρουσιάζονται ως απώλεια καλλιεργούμενων εδαφών, αλλά και ως τάσεις για ευκαιρίες κερδοφορίας. Επιπλέον, άμεση επίπτωση στη γεωργία αποτελούν η σύνθεση της γήινης ατμόσφαιρας και η περιεκτικότητα σε διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και σε όζον (O<sub>3</sub>). Οι επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος στα **δάση** θα περιλαμβάνουν, ενδεχομένως, επιπτώσεις στην υγεία και την παραγωγικότητα των δασών, και μεταβολές στη γεωγραφική εξάπλωση ορισμένων ειδών δένδρων. Η αλλαγή του κλίματος θα ασκήσει συμπληρωματική πίεση στους τομείς της **αλιείας** και των **υδατοκαλλιεργειών**. Σοβαρές θα είναι επίσης οι επιπτώσεις στις ακτές και στα θαλάσσια οικοσυστήματα.

**Ευπάθεια της γεωργίας.** Ευπάθεια ή τρωτότητα (vulnerability) του κλίματος ορίζεται ο βαθμός στον οποίο ένα σύστημα είναι επιρρεπές ή ανίκανο να ανταποκριθεί σε αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, συμπεριλαμβανομένης της κλιματικής μεταβλητότητας και των ακραίων φαινομένων (Smith et al., 2003). Δηλαδή, η ευπάθεια αποτελεί το όριο στο οποίο ένα φυσικό ή κοινωνικό σύστημα είναι επιρρεπές σε διατηρήσιμη ζημιά, λόγω κλιματικής αλλαγής. Ειδικότερα, η ευπάθεια είναι συνάρτηση τόσο της κλιματικής αλλαγής ή μεταβλητότητας, στην οποία το σύστημα εκτίθεται, όσο και της φύσης του συστήματος, σχετικά με την ευαισθησία του σε κλιματικό έλεγχο και την ικανότητα προσαρμογής του.

Η γεωργία είναι, αναμφισβήτητα, το κοινωνικό σύστημα στο οποίο η ευπάθεια μπορεί εύκολα να προσδιοριστεί και να επισημανθεί. Διασυνδέει περιβαλλοντικά και κοινωνικά συστήματα, και σχετίζεται με τους υδάτινους πόρους. Η γεωργική παραγωγή επηρεάζεται, κατά βάση, από τη διαθεσιμότητα νερού και θρεπτικών στοιχείων, καθώς και τη θερμοκρασία. Οι ανθρώπινοι παράγοντες, δηλαδή η γενετική παρέμβαση, μπορούν να τροποποιήσουν, αλλά δεν αντικαθιστούν αυτούς τους φυσικούς περιορισμούς. Η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να επιτρέψει την καλλιέργεια σε υποπολικές περιοχές, οι οποίες είναι τώρα αφιλόξενες, λόγω του μικρού βιολογικού κύκλου που προκαλούν στις καλλιέργειες, εάν οι εδαφικές συνθήκες στις περιοχές αυτές είναι αποδεκτές για καλλιέργεια. Σε άλλες περιοχές ωστόσο, όπως στις τροπικές και τις ξηρές περιοχές, η καταπόνηση από τη ζέστη ή την ξηρασία μπορεί να αυξηθεί, με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγικότητας. Επίσης, οι υδάτινοι πόροι ελέγχονται σε μεγάλο βαθμό από τις βροχοπτώσεις και την εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία εξάτμιση. Τα σενάρια κλιματικής αλλαγής δείχνουν αύξηση των βροχοπτώσεων σε υψηλά γεωγραφικά πλάτη και σε ορισμένες περιοχές

του ισημερινού, γεγονός που μειώνει την υδατική καταπόνηση, αλλά δείχνουν επίσης μείωση σε πολλές περιοχές μέσου γεωγραφικού πλάτους, σε υποτροπικές και ημίξηρες περιοχές, γεγονός που αυξάνει την υδατική καταπόνηση. Με την αύξηση του πληθυσμού, την αστικοποίηση και τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, αναμένεται να παρατηρηθεί αυξημένη ζήτηση του νερού για αστική και δημοτική χρήση, εντείνοντας έτσι τον ανταγωνισμό για τους λιγοστούς υδάτινους πόρους, την ίδια στιγμή που η γεωργική ζήτηση αυξάνεται. Κατά συνέπεια, είναι δυνατόν να υπάρξει αύξηση της ανισότητας στην παραγωγή τροφίμων μεταξύ αναπτυσσόμενων και αναπτυσσόμενων εθνών, για διάφορα σενάρια κλιματικής αλλαγής κατά τον 21ο αιώνα (Smith et al., 2003).

**Υδάτινοι πόροι.** Η αλλαγή του κλίματος θα έχει αποτέλεσμα σημαντικές αλλαγές στην ποιότητα και τη διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων, επηρεάζοντας πολλούς τομείς, όπως την παραγωγή τροφίμων, όπου το νερό διαδραματίζει καίριο ρόλο. Ποσοστό μεγαλύτερο του 80% των γεωργικών γαιών αρδεύεται από τις βροχές. Επίσης, η παραγωγή τροφίμων εξαρτάται από τους διαθέσιμους για άρδευση υδάτινους πόρους. Επιπλέον, η κλιματική αλλαγή αναμένεται να περιορίσει ακόμα περισσότερο την πρόσβαση σε ασφαλές πόσιμο νερό. Αυτό θα μπορούσε επίσης να εντείνει τις μεταναστευτικές πιέσεις. Η τήξη των παγετώνων παρέχει προς το παρόν νερό σε πάνω από ένα δισεκατομμύριο ανθρώπους, και μόλις εξαφανιστεί, οι πληθυσμοί θα βρίσκονται υπό πίεση και πιθανόν να μεταναστεύσουν σε άλλες περιοχές, προκαλώντας τοπική και ίσως παγκόσμια αναταραχή και ανασφάλεια. Η κλιματική αλλαγή θα τροποποιήσει τα πεδία της βροχόπτωσης, εξάτμισης, απορροής και αποθήκευσης υγρασίας τον εδάφους. Επίσης, αναμένεται αύξηση των επιπτώσεων των περιβαλλοντικών κινδύνων, όπως ερημοποίηση, ελλείμματα νερού, έντονες βροχοπτώσεις και πλημμύρες και συχνότητα ξηρασιών.

**Οικοσυστήματα και βιοποικιλότητα.** Περίπου το 20-30% των φυτικών και ζωικών ειδών εκτιμάται μέχρι τώρα ότι βρίσκεται μάλλον σε πιθανό ρίσκο εξαφάνισης αν οι αυξήσεις στην παγκόσμια μέση θερμοκρασία ξεπεράσουν τους 1,5-2,5° C. Η αλλαγή του κλίματος θα είναι ολοένα και περισσότερο υπεύθυνη για την απώλεια βιοποικιλότητας και την υποβάθμιση των οικοσυστημάτων, των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, γεγονός που θα βλάψει όχι μόνο τα είδη που διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στα οικοσυστήματα, αλλά και τις συνδεδεμένες με αυτά υπηρεσίες, στις οποίες στηρίζεται η κοινωνία. Τα οικοσυστήματα διαδραματίζουν άμεσο ρόλο στη ρύθμιση του κλίματος: οι τυρφώνες, οι υγρότοποι και τα πελάγη αποθηκεύουν μεγάλες ποσότητες άνθρακα. Επιπλέον, τα οικοσυστήματα των αλμυρών βάλτων και των θινών παρέχουν προστασία από τις καταιγίδες. Αναμένεται να θιγούν υπηρεσίες που παρέχουν τα οικοσυστήματα, όπως είναι η παροχή πόσιμου νερού, η παραγωγή τροφίμων και οικοδομικών υλικών, ενώ ενδέχεται να υποβαθμιστούν οι ωκεανοί, μέσω της οξίνισης. Ορισμένες πρακτικές χρήσεων γης και χωροταξικές αποφάσεις, όπως η οικοδόμηση σε πλημμυρικές ζώνες, καθώς και η μη βιώσιμη χρήση των θαλασσών (π.χ. υπεραλίευση), καθιστούν περισσότερα εκτεθειμένα στην αλλαγή του κλίματος τα οικοσυστήματα και τα κοινωνικοοικονομικά συστήματα, και, ως εκ τούτου, μειώνουν την ικανότητα προσαρμογής τους.

**Τρόφιμα.** Η ετήσια αύξηση της παγκόσμιας γεωργικής παραγωγής τις τρεις τελευταίες δεκαετίες του 20ού αιώνα έφτανε, κατά μέσο όρο, στο 2,2%, ποσοστό που αναμένεται να μειωθεί στο περίπου 0,8% από το 2040 (FAO, 2005). Αυτή η επιβράδυνση αντανάκλα τη μείωση των ποσοστών αύξησης του πληθυσμού και τα μέσα προς υψηλά ποσοστά κατανάλωσης σε πολλές χώρες, γεγονός που θα μειώσει το ρυθμό αύξησης της ζήτησης για γεωργικά προϊόντα. Την περίοδο έως το 2040, η αλλαγή του κλίματος είναι πιθανόν να επιδεινώσει τα προβλήματα παραγωγής τροφίμων, κυρίως σε τροπικές

περιοχές με ακανόνιστες βροχοπτώσεις. Και όπως συμβαίνει με τους περισσότερους φυσικούς κινδύνους, οι πιο ευάλωτοι είναι οι φτωχοί και, επίσης, όσοι έχουν περιορισμένες επιλογές προσαρμογής. Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να αυξήσει τον κίνδυνο τον λιμού για σημαντικό μέρος τον πληθυσμού. Ο συνολικός αριθμός ανθρώπων σε κίνδυνο λιμού μπορεί να φτάσει σε μερικές εκατοντάδες εκατομμύρια. Οι σοδειές καλλιεργειών επηρεάζονται από τις διακυμάνσεις κλιματικών παραγόντων, όπως η θερμοκρασία, ο υετός, καθώς και η συχνότητα και η ένταση ακραίων φαινομένων, όπως οι ξηρασίες, οι πλημμύρες, οι τυφώνες, οι ανεμοστρόβιλοι και το χαλάζι (Alexandrov and Hoogenbown, 2000). Αναμένεται αύξηση της ευαισθησίας των φυτών στις κλιματικές συνθήκες, με ενδεχόμενα χαρακτηριστικά την επιμήκυνση της βλαστικής περιόδου, τη γεωγραφική και υψομετρική μετατόπιση του εύρους των φυτών, την πρόωμη άνθιση και έξαρση των ασθενειών των φυτών, με τελική επίπτωση στην ποσότητα και την ποιότητα της γεωργικής παραγωγής.

## **5. Αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία**

Η βασική αρχή της αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία, καθώς και της αγροτικής πολιτικής σε σχέση με την κλιματική αλλαγή, στοχεύει στη διαχείριση διακινδύνευσης (ή ρίσκου) μέσω της υλοποίησης μέτρων προετοιμασίας και αντιμετώπισης. Η προετοιμασία αναφέρεται σε δράσεις που σχεδιάζονται για να βελτιώσουν το επίπεδο ετοιμότητας ή να αυξήσουν την επιχειρησιακή και θεσμική αποτελεσματικότητα για ανταπόκριση στην κλιματική αλλαγή. Αντίστοιχα, η αντιμετώπιση περιλαμβάνει μικρού και μεγάλου ορίζοντα δράσεις, προγράμματα ή πολιτικές που εφαρμόζονται για να περιορίσουν το βαθμό διακινδύνευσης από την κλιματική αλλαγή, για τον άνθρωπο, την παραγωγική αποδοτικότητα και τα οικοσυστήματα. Κύριος στόχος εθνικών σχεδίων αγροτικής πολιτικής για την κλιματική αλλαγή παραμένει η βελτίωση της προετοιμασίας και της αποτελεσματικής ανταπόκρισης, μέσω έγκαιρων προειδοποιήσεων και παρακολούθησης, εκτίμησης επιπτώσεων, καθώς και αντιμετώπισης. Σήμερα, η τάση βρίσκεται στην αντιμετώπιση ως βασικό στοιχείο κάθε σχεδίου.

### **5.1. Παράγοντες αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής**

Όταν γίνεται αξιολόγηση των πιθανών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και της προετοιμασίας για τις επιπτώσεις της, διάφοροι παράγοντες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό δράσεων αντιμετώπισης, όπως:

- α. Η ευπάθεια της κοινωνίας. Εξετάζεται η επισιτιστική ασφάλεια, η αυτάρκεια αγαθών, η δυνατότητα διάθεσης χρηματικών πόρων για τη διαφοροποίηση της παραγωγής και, γενικά, η διατήρηση της βιωσιμότητας μιας κοινότητας.
- β. Η πιθανή αβεβαιότητα της φύσης της κλιματικής αλλαγής. Οι αλλαγές αποτελούν σταδιακή μετατόπιση των μέσων κλιματικών τιμών, με μικρή αλλαγή στα άκρα και στο εύρος τους, ή αναμένονται περισσότερα ακραία καιρικά φαινόμενα; Σε περιοχές στις οποίες τα μόνα διαθέσιμα στοιχεία είναι τα αποτελέσματα των ΜΓΚ, οι όποιες εκτιμήσεις δε μπορεί να είναι ιδιαίτερα λεπτομερείς. Αντίστοιχα, τα ΠΚΜ και η στατιστική υποκλιμάκωση επιτρέπουν μια λεπτομερέστερη χωρική εκτίμηση.
- γ. Η πιθανή κοινωνικοπολιτική κατάσταση της περιοχής. Η κοινωνική και οικονομική αβεβαιότητα είναι πιθανώς εξίσου σημαντική με την αβεβαιότητα της κλιματικής αλλαγής, κατά την ερμηνεία των δεδομένων που συλλέγονται για τη μελέτη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.
- δ. Η διαθεσιμότητα κατάλληλων μοντέλων για την προσομοίωση της πρωτογενών και δευτερογενών επιπτώσεων στα γεωργικά συστήματα. Τα μοντέλα επισιτιστικών ή

τροπικών καλλιεργειών τείνουν να είναι ελλιπή, ενώ η προσομοίωση των επιδράσεων του CO<sub>2</sub> και οι σύνθετες αλληλεπιδράσεις μπορεί να είναι προβληματικές.

ε. Η αβεβαιότητα που συνδέεται με την παραμετροποίηση και βαθμονόμηση μοντέλων για την αξιολόγηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Υπάρχει ίσως μια υπόθεση για την απλοποίηση των ποσοτικών μοντέλων και την ανάπτυξη ενός συνολικού, αλλά ποιοτικά ερμηνευτικού πλαισίου, αντί να ενσωματώνονται όλες τις αλληλεπιδράσεις σε ένα σύστημα προσομοίωσης.

Οι προβλεπόμενες συνέπειες των δράσεων εξαρτώνται από το συνδυασμό και την αλληλεπίδραση της ευπάθειας, του φυσικού και κοινωνικού περιβάλλοντος και του κινδύνου, που στην περίπτωση αυτή είναι η αλλαγή του κλίματος. Όταν ευπάθεια και κίνδυνος συμπίπτουν σε ένα περιβάλλον που αντιστέκεται στην προσαρμογή, αναμένονται αρνητικές επιπτώσεις.

Οι κυριότεροι αναμενόμενοι κίνδυνοι για το κλίμα και η φύση των επιπτώσεων αυτών εξετάζονται στη συνέχεια, προκειμένου να δοθεί ένα πλαίσιο για τον αρχικό σχεδιασμό των δράσεων αντιμετώπισης. Ωστόσο, η αύξηση του CO<sub>2</sub> και άλλες περιβαλλοντικές μεταβλητές αλληλοεπιδρούν με αυτούς τους παράγοντες. Οι ενότητες αυτές περιλαμβάνουν ειδικές επιδράσεις, που συνδέονται με τον καιρό, τις επιδράσεις της θερμοκρασίας, τη διαθεσιμότητα υδάτινων πόρων, την επίδραση του ανέμου, τη φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία, καθώς και τις αυξημένες επιδράσεις CO<sub>2</sub>.

## 5.2. Δράσεις της αντιμετώπισης

Η αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος πρέπει να γίνει σε δύο επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο θα πρέπει να αφορά την ανάγκη δράσεων αντιμετώπισης, για τη σταθεροποίηση και τον περιορισμό των Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου (ΕΑΘ) στην ατμόσφαιρα. Η γεωργία προσφέρει ευκαιρίες για αντιμετώπιση των ΕΑΘ. Απομάκρυνση CO<sub>2</sub> και πιθανή αύξηση N<sub>2</sub>O επιτυγχάνονται με διαχείριση του αγρού, όπως όργωμα, διαχείριση άρδευσης και λίπανσης, κάλυψη καλλιεργειών και κατάργηση αγρανάπαυσης, καθώς και με αλλαγή χρήσεων γης σε λιβάδια και δάση. Ακόμα, μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O και μεθανίου επιτυγχάνεται με ενεργειακές εκπομπές, ζωοτεχνία, προϊόντα βιοενέργειας και ανανεώσιμες πηγές.

Στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται η δυνατότητα συμβολής της γεωργίας στην αντιμετώπιση των ΕΑΘ, μέσω συγκεκριμένων πρακτικών διαχείρισης της γεωργικής γης. Επίσης, στο σχήμα 6 απεικονίζεται το πλαίσιο των απαραίτητων δράσεων γεωργικής διαχείρισης των ΕΑΘ. Ωστόσο, ακόμα και εάν επιτευχθούν η συγκράτηση και, στη συνέχεια, ο περιορισμός των εκπομπών ΕΑΘ σε παγκόσμιο επίπεδο, θα χρειαστεί χρόνος, για να ανανήψει ο πλανήτης από τις επιπτώσεις των αερίων του θερμοκηπίου, που βρίσκονται ήδη στην ατμόσφαιρα. Αυτό σημαίνει ότι οι επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος θα είναι αισθητές για 50 τουλάχιστον χρόνια. Επομένως, είναι αναγκαίο να ληφθούν μέτρα προσαρμογής. Το δεύτερο επίπεδο αφορά τη λήψη μέτρων προσαρμογής, για να αντιμετωπιστούν οι αναπόφευκτες επιπτώσεις, που εξετάζονται στην επόμενη ενότητα.

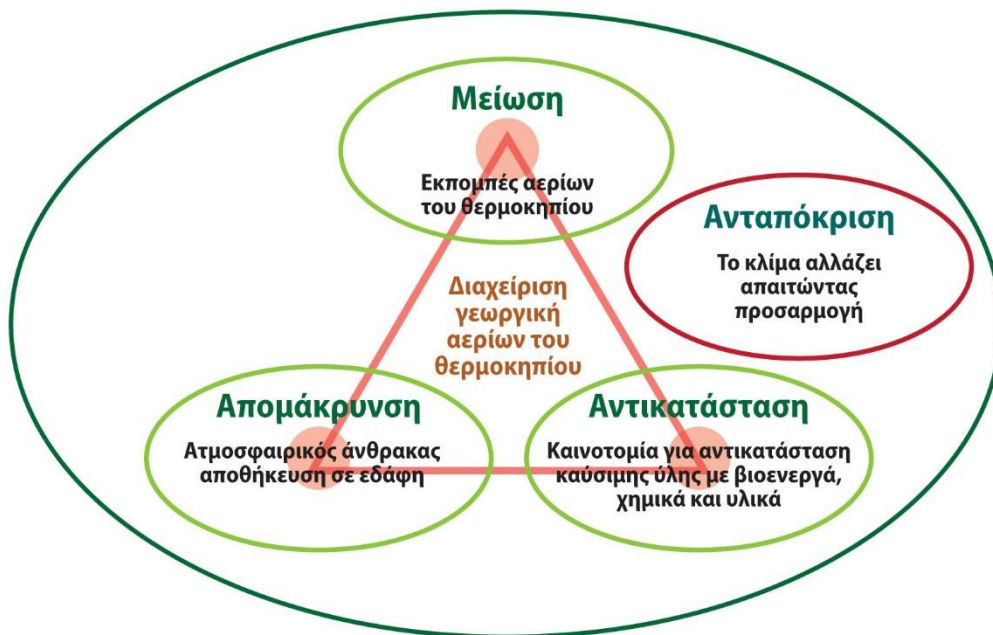
**Σχέδια αντιμετώπισης.** Τα σχέδια αντιμετώπισης των αρνητικών ή των δυσμενών συνθηκών της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία στηρίζονται σε τρεις βασικές συνιστώσες, σε συστήματα έγκαιρων προειδοποιήσεων, σε εκτιμήσεις ρίσκου και σε δράσεις ή μέτρα αντιμετώπισης, είτε αυτά εφαρμόζονται σε περιφερειακό, εθνικό ή ευρύτερης περιοχής επίπεδο (IPCC, 2007· Salinger et al., 2005).

Πρώτον, ένα σύστημα έγκαιρων προειδοποιήσεων για περιβαλλοντικούς κινδύνους αποτελεί τη βάση για τη λήψη αποφάσεων πριν από την εκδήλωση του φαινομένου. Υπάρχει επίσης ανάγκη για ένα σύστημα διάχυσης της πληροφορίας, ώστε αυτή να κατανέμεται αξιόπιστα και έγκαιρα. Σε εθνικό επίπεδο, λόγω κλιματικής αλλαγής, η

συχνότητα και η ένταση των μεγάλων και μεγάλης κλίμακας καταστροφών, όπως πυρκαγιές δασών, κατολισθήσεις, ξηρασίες, καύσωνες, πλημμύρες ή ασθένειες, αναμένεται να αυξηθούν. Πρόληψη καταστροφών, προετοιμασία σε διάφορα επίπεδα ετοιμότητας, ανταπόκριση και αποκατάσταση αποτελούν πλέον κύριες προτεραιότητες σε εθνικό επίπεδο.



Σχήμα 5. Συμβολή της γεωργίας στην αντιμετώπιση των ΕΑΘ.



Σχήμα 6. Απαραίτητες δράσεις για ΕΑΘ.

Δεύτερον, είναι σημαντικό να γίνει εκτίμηση ρίσκου, για να προσδιοριστούν το υποκείμενο και οι αιτίες του ρίσκου, με μελέτες επιπτώσεων των κινδύνων. Κύριος στόχος των σχεδίων αντιμετώπισης παραμένει ο περιορισμός της ευπάθειας σε κινδύνους και καταστροφές. Επομένως, σήμερα προωθείται περισσότερο η προσέγγιση της διαχείρισης ρίσκου, ώστε η διαχείριση κινδύνων να στοχεύει στην πρόληψη και τη βελτίωση της συνολικής προετοιμασίας. Ωστόσο, υπάρχουν ακόμα μέτρα

ανταπόκριση στην εμφάνιση καταστροφών που ανήκουν στην προσέγγιση της διαχείρισης κρίσεων.

Τρίτον, είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν κατάλληλα μέτρα αντιμετώπισης, για να περιοριστεί το ρίσκο της κάθε επίπτωσης για μελλοντικά ακραία φαινόμενα. Η αντιμετώπιση των αρνητικών επιπτώσεων στη γεωργία, όπως η διαθεσιμότητα ελλειμματικών υδατικών πόρων, συνδυάζεται τόσο με τις επιπτώσεις όσο και με την προσαρμογή της γεωργίας στην κλιματική αλλαγή. Η ορθολογική διαχείριση της γεωργίας και του γεωργικού χώρου μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στο μέλλον. Η αποτελεσματική χρήση του νερού σε ξηρές περιοχές, η βελτίωση της διαχείρισης πλημμυρών, η προστασία των υδατορευμάτων από ανεπιθύμητες εισροές, η συντήρηση και αποκατάσταση ειδικών τοποθεσιών, η προώθηση της διαχείρισης ανθεκτικών στο κλίμα οικοσυστημάτων, τα μέτρα διαχείρισης εδαφών, καθώς και η προστασία μόνιμων λιβαδότοπων, αποτελούν μέτρα αντιμετώπισης που επίσης συμβάλλουν στην προσαρμογή της γεωργίας στους κινδύνους της κλιματικής αλλαγής.

Οι δράσεις αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία περιλαμβάνουν προγράμματα εκτίμησης, όπως ανάπτυξη κριτηρίων ειδικών δράσεων αντιμετώπισης, δημιουργία νέων δικτύων δεδομένων, καθώς και ανάπτυξη συστημάτων έγκαιρων προειδοποιήσεων και παρακολούθησης του κλίματος. Νομοθετικές δράσεις αφορούν μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος, χαμηλότοκα δάνεια σε αγρότες, φραγμούς στην αστική επέκταση, καθώς και καθιέρωση δικαιωμάτων νερού σε ελλειμματικές περιόδους. Επισημαίνεται ακόμα η ανάγκη ενημέρωσης του κοινού, των συναντήσεων και θεματικών ημερίδων, καθώς και παροχής τεχνικής βοήθειας. Οι δράσεις αντιμετώπισης περιλαμβάνουν ακόμα και προγράμματα συντήρησης και διαχείρισης, καθώς και προγράμματα ανταπόκρισης σε επείγουσες ανάγκες. Επιπλέον, η δυνατότητα άμεσης ανταπόκρισης στην κλιματική αλλαγή χρειάζεται να συνοδεύεται από μια στρατηγική για αποφυγή καταστροφών και εγρήγορση, τόσο σε εθνικό, όσο και σε διεθνές επίπεδο. Πρέπει να ενισχυθούν τα εργαλεία διαχείρισης διακινδύνευσης (ή ρίσκου) και να προωθηθούν νέες τεχνικές και μεθοδολογίες. Για παράδειγμα, η χαρτογράφηση ευπαθών περιοχών, σε συνδυασμό με τους τύπους των επιπτώσεων, η ανάπτυξη μεθόδων και μοντέλων, η εκτίμηση και πρόγνωση κινδύνων, η εκτίμηση των επιπτώσεων σε υγεία, περιβάλλον, οικονομία και κοινωνία, το σύστημα δορυφορικών και επίγειων παρατηρήσεων και το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών/ΓΣΠ (GIS: Geographical Information System), προς υποστήριξη των τεχνολογιών διαχείρισης ρίσκου αποτελούν πλέον εφικτές και εφαρμοζόμενες τεχνικές. Άλλα παραδείγματα μέτρων αντιμετώπισης σε περιφερειακό ή τοπικό επίπεδο, με στόχο την καλύτερη προσαρμογή της γεωργίας στην κλιματική αλλαγή, περιλαμβάνουν χωρική σχεδίαση χρήσεων γης και αλλαγές χρήσεων γης, πρωτοβουλίες για συστήματα διανομής νερού για άρδευση καλλιεργειών, που μπορεί να υλοποιηθούν σε διάφορες κλίμακες.

## **6. Προσαρμογή της γεωργίας στην κλιματική αλλαγή**

Η γνώση της κλιματικής μεταβλητότητας μπορεί να βοηθήσει στην προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Το κλίμα μπορεί επίσης να αλλάξει πέρα από κάθε προηγούμενη εμπειρία, κυρίως ανάλογα με τη δριμύτητα και τη συχνότητα των ακραίων συνθηκών. Μακροπρόθεσμα, η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή θα απαιτήσει κάποια προηγούμενη γνώση της φύσης της και όχι απλώς στήριξη στην πρόσφατη εμπειρία. Η προσαρμογή της γεωργίας στην κλιματική αλλαγή, σε συνδυασμό και με τις άλλες δυο συνιστώσες, δηλαδή τις επιπτώσεις και την αντιμετώπιση (Σχήμα 7), αντίστοιχα, στοχεύει να μειώσει το ρίσκο της ζημιάς από τρέχουσες ή μελλοντικές επιβλαβείς

επιπτώσεις, στη βάση κόστους-αποτελεσματικότητας, και, συγχρόνως, να εκμεταλλευτεί και να αξιολογήσει πιθανά οφέλη (Δαλέζιος, 2015). Η εκτίμηση και η προσαρμογή των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής απαιτούν εξισορρόπηση μεταξύ των κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών παραγόντων, στο πλαίσιο ενός συνεχώς διευρυνόμενου πεδίου στόχων, αβεβαιοτήτων και διαχειριστικών επιλογών (Pyke et al., 2007). Η προσαρμογή στοχεύει τελικά στην ανάπτυξη εννοιολογικών και ολοκληρωμένων μεθοδολογιών, για την εκτίμηση των επιπτώσεων, της ευπάθειας και της αποτελεσματικής προσαρμογής σε σχέση με το κόστος. Συνέργειες μεταξύ μέτρων προσαρμογής και αντιμετώπισης είναι βασικές, υπό την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχουν αντικρουόμενες επιπλοκές μεταξύ των αντίστοιχων μέτρων και της επίδρασής τους σε διάφορους τομείς.



Σχήμα 7. Διάγραμμα αλληλεπίδρασης επιπτώσεων, αντιμετώπισης και προσαρμογής. (IPCC, 2007).

### 6.1. Επιλογές προσαρμογής

Η προσαρμογή έχει ήδη αρχίσει, πλην όμως γίνεται με αποσπασματικό τρόπο. Χρειάζεται να διαμορφωθεί μια στρατηγική προσέγγιση που θα προωθή την έγκαιρη και αποτελεσματική λήψη μέτρων προσαρμογής, διασφαλίζοντας τη συνοχή μεταξύ των διαφόρων τομέων και επιπέδων διακυβέρνησης. Η προσαρμογή της γεωργίας στην κλιματική αλλαγή περιλαμβάνει επιλογές, εκ των οποίων οι πιο σημαντικές είναι:

- **Ανάπτυξη και αποδοχή νέων τεχνολογιών:** Τεχνολογικές βελτιώσεις, όπως άρδευση, όργωμα και ολοκληρωμένα στραγγιστικά συστήματα. Γενετική βελτίωση καλλιεργειών με ποικιλίες «κλιματικά» ανθεκτικές σε μεταβαλλόμενες συνθήκες ασθeneιών, εχθρών, καύσωνα και ξηρασίας, καθώς και επενδύσεις σε τράπεζες γενετικού υλικού. Αξιοποίηση βιοτεχνολογίας.
- **Προώθηση συμβουλευτικών υπηρεσιών στη γεωργία:** Έχει ρόλο-κλειδί στην προώθηση της αγροτικής παραγωγικότητας σε αναπτυσσόμενες χώρες.
- **Βελτίωση διαχείρισης υδάτων:** Καλύτερες στρατηγικές κατανομής νερού. Αλλαγές στη σχεδίαση της άρδευσης των καλλιεργειών, για αποτελεσματική αξιοποίηση της βροχόπτωσης. Βελτίωση των τεχνολογιών άρδευσης. Ανακύκλωση νερού και συνδυασμένη χρήση υπόγειου νερού. Τιμολογιακή πολιτική νερού.

- **Βελτίωση διαχείρισης αγρού:** Αλλαγή στις πρακτικές στον αγρό. Εναλλαγή ποικιλιών σε καλλιέργειες. Αντικατάσταση τύπων φυτών με «κλιματικά» ανθεκτικές νέες ποικιλίες. Ορθολογική χρήση λιπασμάτων και εντομοκτόνων. Εκσυγχρονισμός και βελτίωση της διαχειριστικής ικανότητας σε επίπεδο αγρού. Εφαρμογή γεωργίας ακριβείας.
- **Εναλλαγή στις ευκαιρίες απασχόλησης:** Ανάγκη ενθάρρυνσης εναλλακτικών επιλογών αγροτικής παραγωγής. Δραστηριότητες εκτός αγρού, όπως αγαθά και υπηρεσίες, που γίνονται στο σπίτι.
- **Θεσμική σχεδίαση και υλοποίηση:** Θεσμικές αναμορφώσεις, που υποστηρίζουν τη μακροπρόθεσμη σχεδίαση και ενισχύουν τις προσαρμογές σε βραχείας και μακράς κλίμακας κλιματικές επιπτώσεις, π.χ. αγροκλιματική ζωνοποίηση για ενδεχόμενη αναδιάρθρωση καλλιεργειών. Οι κυβερνήσεις χρειάζεται να αντιστρέψουν τις μειούμενες επενδύσεις στην αγροτική έρευνα και τις υπηρεσίες. Βελτιωμένη επιμόρφωση και γενική εκπαίδευση του πληθυσμού εξαρτώμενου από τη γεωργία.
- **Βελτίωση υποδομών και προσαρμοστικής ικανότητας:** Η προσαρμογή εισροών κεφαλαίου και εργασίας μπορεί να βοηθήσει τους αγρότες να προβούν στις αναγκαίες προσαρμογές. Εξάλειψη των επιδοτήσεων, με διατήρηση, κατά το δυνατόν, των τιμών, μπορεί να επικαλύψει το σήμα κινδύνου της κλιματικής αλλαγής στις αγορές. Προγράμματα τροφίμων και άλλα προγράμματα κοινωνικής ασφάλισης, ώστε να παρέχουν εξασφάλιση ενάντια στις αλλαγές σε προσφορές.

Η προσαρμογή στην αυξανόμενη κλιματική μεταβλητότητα παρέχει, τελικά, εργαλεία για να μειωθεί και να περιοριστεί η ευπάθεια της γεωργίας (Dalezios et al., 2009). Μερικά γεωργικά συστήματα με ενδογενή ανθεκτικότητα μπορεί να προσαρμοστούν με περισσότερη ετοιμότητα στις κλιματικές πιέσεις, επιτυγχάνοντας μακροπρόθεσμες προσαρμογές σε μεταβαλλόμενες συνθήκες. Άλλα συστήματα μπορεί να χρειάζονται παρεμβάσεις για προσαρμογή. Παραδοσιακή γνώση και συμβατικές τεχνολογίες δεν πρέπει να αγνοούνται. Διαχρονικές τεχνολογίες, ημερολόγια σποράς, όργωμα, αγρανάπαυση περιορίζουν την ευπάθεια στα κλιματικά ακραία φαινόμενα.

## 6.2. Μέτρα προσαρμογής

Το μεγάλο εύρος των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής απαιτεί διαφορετικά μέτρα προσαρμογής, ειδικά για κάθε περίπτωση. Γενικά, τα μέτρα προσαρμογής ταξινομούνται σε **μαλακά**, δηλαδή χαμηλής έντασης και κόστους, και **σκληρά**, δηλαδή τεχνικά μέτρα υψηλού κόστους (Hallegate, 2009). Όσον αφορά στις ελλείψεις σε νερό σε ξηρές περιοχές, τα σκληρά μέτρα περιλαμβάνουν κατασκευή φραγμάτων και ταμιευτήρων, ανύψωση αναχωμάτων, δίκτυα παροχής νερού, σύγχρονα αρδευτικά δίκτυα, υποδομές διόδευσης νερού και εγκαταστάσεις αφαλάτωσης. Αυτά αποτελούν μακροπρόθεσμες επενδύσεις, με μεγάλη δυνατότητα αντιμετώπισης της έλλειψης νερού σε ξηρές περιοχές, αλλά είναι δαπανηρές και η επιτυχία τους εξαρτάται από το επίπεδο ολοκλήρωσης των κλιματικών προγνώσεων και της κλιματικής αβεβαιότητας στα στάδια σχεδίασης και ανάπτυξης.

Έτσι, οι τεχνικές λύσεις δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελούν τον μοναδικό τρόπο προσαρμογής σε μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες, εφόσον μέτρα μαλακής προσαρμογής μπορεί να είναι επίσης αποτελεσματικά θεσμικά και οικονομικά εργαλεία. Με έμφαση στη γεωργία, η παραγωγή καλλιεργειών είναι, ως γνωστόν, πολύ ευαίσθητη στη διαθεσιμότητα νερού. Ωστόσο, όταν η ετήσια βροχόπτωση μειώνεται, τα προβλήματα στον τομέα της γεωργίας μπορεί να προέλθουν αρχικά από ακραία



φαινόμενα στην έλλειψη νερού (π.χ. μακράς διάρκειας ξηρασίες), παρά από τη μείωση του μέσου διαθέσιμου νερού. Στην περιοχή της Μεσογείου, οι μέσες σοδειές αναμένεται να μειωθούν, αλλά το πρωτεύον θέμα είναι η επανεμφάνιση ακραίων ξηρασιών με καταστροφικές συνέπειες. Ωστόσο, η κατασκευή ταμιευτήρων μπορεί να θεωρηθεί αποτελεσματική, αν, για παράδειγμα, η κλιματική αλλαγή διατηρείται στο χρόνο και παραμένει έντονη, αλλιώς δεν μπορεί να χαρακτηριστεί θετική λύση, με εκτιμήσεις για μείωση της κλιματικής αλλαγής.

Μέτρα μαλακής προσαρμογής για τη διαθεσιμότητα νερού στη γεωργία περιλαμβάνουν την αποτελεσματική χρήση του ελλειμματικού νερού σε ξηρές περιοχές (Dalezios et al., 2016a; Dalezios et al., 2016b), την ανάπτυξη και ενίσχυση συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης ξηρασίας (Dalezios et al., 2012b; Dalezios et al., 2014), την ολοκλήρωση της προετοιμασίας για ξηρασία στις σχετικές πολιτικές στους διάφορους τομείς και επίπεδα της κοινωνίας, και την ανάπτυξη και εισαγωγή καλλιεργειών ανθεκτικών στην ξηρασία. Με βάση τα αποτελέσματα από πρόσφατες έρευνες στην Ελλάδα (Tsiros et al., 2009; Domenikiotis et al., 2006), προτείνεται ένα πλαίσιο προσαρμογής της γεωργίας για αγροτικές περιοχές που περιλαμβάνει μαλακά μέτρα. Αρχικά, προτείνονται αλλαγές στις ημερομηνίες σποράς και φυτρώματος, με βάση τη φαινολογία της καλλιέργειας και τις αναλύσεις τάσεων της θερμοκρασίας, σύμφωνα με την οποία η πρόωμη σπορά παρέχει γενικά μεγαλύτερης διάρκειας βλαστική περίοδο. Προτείνονται επίσης αναδιάρθρωση και εναλλαγή καλλιεργειών, καθώς και επιλογή και εισαγωγή καλλιεργειών ανθεκτικών στην ξηρασία, με βάση τη σύγχρονη αγροκλιματική ζωνοποίηση (Tsiros et al., 2009). Ακόμα, προτείνονται αλλαγές στις απαιτήσεις αρδεύσεων, για εκλογίκευση των αναγκών σε νερό, μέσω της εκτίμησης και παρακολούθησης της εξατμισοδιαπνοής με σύγχρονες τεχνικές, όπως γεωργία ακριβείας (Dalezios et al., 2017; Stamatiadis et al., 2017; Dalezios et al., 2012a). Τέλος, προτείνονται αλλαγές στην προσφορά θρεπτικών στοιχείων και μείωση των εισροών, με την ενσωμάτωση περιβαλλοντικών δεικτών.

## 7. Σύνοψη

Τα ιστορικά στοιχεία δείχνουν ότι το κλίμα μας έχει αλλάξει από το παρελθόν και θα συνεχίσει να μεταβάλλεται και να αλλάζει στη διάρκεια των επόμενων εποχών και δεκαετιών. Το βασικό πρόβλημα της ανθρωπογενούς πλανητικής θέρμανσης είναι πιθανόν να προκαλέσει αυξήσεις στη θερμοκρασία και στα ακραία κλιματικά φαινόμενα, όπως καύσωνες, με κλιματικά σενάρια αλλαγών στα πεδία των βροχοπτώσεων τον 21ου αιώνα, πλημμύρες και ξηρασίες. Αυτά αποτελούν πρόκληση χωρίς προηγούμενο στην ιστορία των κοινωνιών για τη γεωργία.

Η αλλαγή του κλίματος επηρεάζει όλους τους τομείς της οικονομίας, αλλά ο γεωργικός τομέας είναι ίσως ο πλέον ευάλωτος και ευπαθής στις κλιματικές διακυμάνσεις. Η κλιματική αλλαγή, η ξηρασία και τα άλλα ακραία κλιματικά φαινόμενα έχουν άμεση επίδραση στην ποσότητα και την ποιότητα της γεωργικής παραγωγής, και σε πολλές περιπτώσεις έχουν αρνητική επίδραση, ειδικά στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η γεωργία δεν έχει μέχρι σήμερα καταφέρει να διαχειριστεί την τρέχουσα φυσική κλιματική μεταβλητότητα με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, εξαιτίας των πολιτικών που ακολουθούνται, καθώς και των πρακτικών και τεχνολογιών που εφαρμόζονται.

Η τρέχουσα έρευνα διεθνώς εστιάζεται περισσότερο στο σκέλος της προσαρμογής, η οποία, στην αυξανόμενη κλιματική μεταβλητότητα τον 21ου αιώνα, παρέχει τα εργαλεία για να ενδυναμωθεί ο γεωργικός τομέας και να γίνει η γεωργία λιγότερο ευπαθής. Μερικά γεωργικά συστήματα μπορεί να είναι πιο έτοιμα να προσαρμοστούν στις κλιματικές πιέσεις και να ενισχυθούν έτσι μακροπρόθεσμα απέναντι στις μεταβαλλόμενες συνθήκες. Άλλα συστήματα μπορεί να χρειάζονται

παρεμβάσεις για να προσαρμοστούν, ωστόσο παραδοσιακή γνώση και τεχνολογίες δεν πρέπει επίσης να αγνοούνται. Η αυξανόμενη κλιματική μεταβλητότητα και αλλαγή απαιτεί την εισαγωγή περισσότερο προηγμένων τεχνολογιών και μεθόδων. Η εποχική έως υπερετήσια κλιματική πρόγνωση είναι σχετικά νέος κλάδος στην επιστήμη του κλίματος, που υπόσχεται μείωση της ευπάθειας στη γεωργία. Βελτιωμένες εποχικές προγνώσεις συνδυάζονται τώρα με συστήματα καλλιεργειών, αναπτύσσοντας πρακτικές κλιματικού ρίσκου, για τη βελτίωση των εφαρμογών της κλιματικής πληροφορίας στη γεωργική διαχείριση, με στόχο την αύξηση της παραγωγικότητας. Η εφαρμογή της κλιματικής γνώσης στη βελτίωση των διαχειριστικών ρίσκου αναμένεται να αυξήσει την ανθεκτικότητα των γεωργικών συστημάτων. Συνεπώς, η εμφάνιση εποχικής μέχρι υπερετήσιας κλιματικής μεταβλητότητας και τα ακραία της μπορεί να προβλεφθούν με μεγάλο βαθμό ακρίβειας. Η διαθεσιμότητα τέτοιας κρίσιμης πληροφορίας προκαταβολικά μπορεί να βοηθήσει σημαντικά να ληφθούν αποτελεσματικά μέτρα στο τρίπτυχο επιπτώσεις-αντιμετώπιση-προσαρμογή, ώστε να προληφθούν απώλειες και να μειωθεί η τρωτότητα της γεωργίας. Άρα, οι συνεπαγόμενες καταστροφικές συνέπειες μπορεί να μειωθούν σημαντικά, με κατάλληλη σχεδίαση και περισσότερο αποτελεσματική προετοιμασία. Ειδικά, η ευπάθεια που συνδυάζεται με το κλίμα μπορεί να ελεγχθεί με ακριβείς και έγκαιρες προγνώσεις, καθώς και με τη λήψη μέτρων που να μειώνουν τις επιπτώσεις στους διάφορους τομείς της γεωργίας. Συμπερασματικά, είναι σκόπιμο να επισημανθεί ότι η επιστημονική κοινότητα θα πρέπει να βοηθήσει τους αγρότες, ώστε να αποκτήσουν τα εφόδια για τη μετάβαση από την παθητική αποδοχή της κλιματικής αλλαγής προς την ενεργητική ανταπόκριση. Τόσο οι αγρότες, όσο και οι επιστήμονες, πρέπει να συνειδητοποιήσουν όσο το δυνατόν πιο σύντομα ότι το παρελθόν δεν αποτελεί πλέον καλό οδηγό για το μέλλον και ότι η προσαρμογή δεν αποτελεί υποκατάστατο της αντιμετώπισης.

### **Βιβλιογραφικές αναφορές**

- Alexandrov, V.A. and Hoogenboom, G. (2000). The impact of climate variability and change on crop yield in Bulgaria. *Agricultural and Forest Meteorology*, 104:315-327.
- Dalezios N.R., Z. Gkagkas, C. Domenikiotis, E. Kanellou and A. Mplanta, 2009: Climate Change and Water for Agriculture: Impacts-Mitigation-Adaptation. Proceedings, EWRA Conference on Water Resources Conservancy and Risk Reduction Under Climatic Instability, Techn. Univ. of Cyprus (TUC), sponsored by EWRA and TUC, Limassol, Cyprus, 25-27 June (in the CD).
- Δαλέζιος, Ν.Ρ. (2011). Κλιματική αλλαγή και γεωργία: Επιπτώσεις-Αντιμετώπιση-Προσαρμογή. Επιστημονικό Περιοδικό του ΓΕΟΤΕΕ. Τόμος 27, Ιανουάριος, 13-28.
- Dalezios, N.R., N.V. Spyropoulos, A. Blanta and S. Stamatiades, 2012a. Agrometeorological remote sensing of high resolution for decision support in precision agriculture. 11<sup>th</sup> International Conference on Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics. Athens, 29 May – 1 June 2012, 51-56.
- Dalezios, N.R., A. Blanta, and N. V. Spyropoulos, 2012b. “Assessment of remotely sensed drought features in vulnerable agriculture”. *NHESS*, 12, 3139-3150.
- Dalezios, N.R., A. Blanta, N.V. Spyropoulos and A.M. Tarquis, 2014. Risk Identification of Agricultural Drought in Sustainable Agroecosystems. *NHESS*: 14, 2435-2448.
- Δαλέζιος, Ν.Ρ., 2015. ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ: Ανάλυση και Προσομοίωση. KALLIPOS: Ένωση βιβλιοθηκών Ελληνικών Πανεπιστημίων (και e-book), ISBN: 978-960-603-134-2, 481 σελ, Νοε 2015.
- Dalezios, N.R., A.N. Angelakis and S. Eslamian, 2016a. Water Scarcity Management: Part 1: Methodological Framework. *I.J.H.S.T.* (accepted, in press).
- Dalezios, N.R., N. Dercas and S. Eslamian, 2016b. Water Scarcity Management: Part 2: Satellite-based Composite Drought Analysis. *I.J.H.S.T.* (accepted, in press).

- Dalezios, N.R., N. Dercas, N.V. Spyropoulos and M. Psomiadis, 2017. Water availability and requirement for precision agriculture in vulnerable agroecosystems. *European Water* (accepted, in press).
- Domenikiotis C., E. Tsiros, M. Spiliotopoulos and N.R. Dalezios, 2006: Zoning of cotton production areas based on NOAA/AVHRR images. *International Symposium in GIS and Remote Sensing: Environmental Applications*, Univ. of Thessaly (UTH), Volos, 7-9 Nov 2003, sponsored by EC, Dalezios and Dobesch (eds.), 119-132.
- Eitzinger J., Thaler, S., Orlandini, S., Nejedlik, P., Kazandjiev, V., Vucetic, V., Sivertsen, T.H., Mihailovic, D.T., Lalic, B., Tsiros, E., Dalezios, N.R., Susnik, A., Kersebaum, C.K.C., Holden, N.M. and Matthews, R. (2008). Agroclimatic Indices and Simulation Models. In P. Nejedlik and S. Orlandini (Eds.). *Survey of Agrometeorological Practices and Applications in Europe Regarding Climate Change Impacts*, COST Action 734, EU, 15-114.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2005). *World Agriculture: Towards 2050 – Highlights*. Rome: FAO.
- Giorgi, F. (2005). Climate change prediction. *Climatic Change*, 73:239-265.
- Hallegatte, S. (2009). Strategies to adapt to an uncertain climate change. *Global Environmental Change*, doi: 10.1016/j.gloenvcha.2008.12.003.
- Hurrell, J.W. (1995). Decadal trends in the North Atlantic oscillation regional temperatures and precipitation. *Science* 269:676-679. from [http://www.ecmwf.int/products/forecasts/seasonal/τεκμηρίωση/ch1\\_2.html](http://www.ecmwf.int/products/forecasts/seasonal/τεκμηρίωση/ch1_2.html).
- IPCC (2001). *Climate Change 2001: The scientific basis*. Houghton: J.H.Y (Editor).
- Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC). (2007). *Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report to the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- Nicholls, N. (1999). Cognitive illusions, heuristics, and climate prediction. *Bulletin of American Meteorology Society*. 80:1385-1397.
- Parry, M., Rosenzweig, M., Iglesias, A., Livermore, C. and Fischer, C. (2004). Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environ. Change*, 14:53-67.
- Pyke, C.R., Bierwagen, B.G., Furlow, J., Gamble, J., Johnson, T., Julius, S. and West, J. (2007). A decision inventory approach for improving decision support for climate impact assessment and adaptation. *Environmental Science and Policy*, 10:610-621.
- Smith, J.B., Schellnhuber, H.-J., and Mirza, M.M.Q. (2001). Vulnerability to climate change and reasons for concern: a synthesis. In McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J., and White, K.S., (Eds), *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Salinger, M. J., Stigter, C. J. and Das, H. P. (2000) Agrometeorological adaptation strategies to increasing climate variability and change, *Agriculture and Forest Meteorology*. 103:167-194.
- Salinger, M.J., Sivakunan, M.V.K. and Motha, R.P. (Eds.). (2005). *Increasing climate Variability and change*. Springer.
- Stamatiadis S., Schepers J. S., Evangelou L., Tsadilas C., Glampedakis A., Glampedakis M., Dercas N., Holland K. H., Spyropoulos N., Dalezios N. R. and Eskridge K. (2017). Variable-rate nitrogen fertilization of winter wheat under high spatial resolution. *Precision Agriculture* (submitted for possible publication).
- Tsiros E., Domenikiotis, C. and Dalezios, N.R. (2009). Sustainable production zoning for agroclimatic classification using GIS and remote sensing, *IDOJARAS*, 113(1-2): 55-68.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2004). *The Evidence from Climate Models*. Climate Change Information Sheet 7, from [http://unfccc.int/essential\\_background/background\\_publications\\_htmlpdf/climate\\_change\\_information\\_kit/items/277.php](http://unfccc.int/essential_background/background_publications_htmlpdf/climate_change_information_kit/items/277.php)