



Land Care
In Desertification
Affected Areas
From Science
Towards Application

Η Κλιματική Αλλαγή

Clare Goodess

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή	1
ΠΑΡΑΤΗΡΟΥΜΕΝΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ ΚΛΙΜΑΤΟΣ	1
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΙΘΑΝΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΑΝΑΛΥΟΝΤΑΣ ΤΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΛΛΑΓΗΣ ΚΛΙΜΑΤΟΣ	3
ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΧΑΡΑΞΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ	8
ΠΗΓΕΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ	12
	14

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα μεταβαλλόμενο κλίμα είναι ένας από τους πολλούς παράγοντες που συμβάλουν στην ερημοποίηση σε περιοχές όπως η Μεσόγειος. Κατά συνέπεια, είναι σημαντικό να περιληφθεί το κλίμα σε οποιαδήποτε ομάδα δεικτών ερημοποίησης, και να εξεταστεί η δυναμική επίδραση της προηγούμενης και τρέχουσας μεταβλητότητας του κλίματος καθώς επίσης και των μελλοντικών αλλαγών. Το 2007 η τέταρτη Έκθεση Αξιολόγησης της Διακυβερνητικής Επιτροπής σχετικά με τη μεταβολή του κλίματος (IPCC) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το μεγαλύτερο μέρος της αύξησης στις παγκόσμιες μέσες θερμοκρασίες από το μέσον του 20ου αιώνα οφείλεται πολύ πιθανώς στην αύξηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου, από τις δραστηριότητες του ανθρώπου. Ως εκ τούτου, είναι ουσιαστικό να αναλυθούν οι επιπτώσεις της ανθρωπογενούς και της φυσικής κλιματικής αλλαγής και το πώς θα επηρεάσουν τα υφιστάμενα πρότυπα κλίματος σε τοπική κλίμακα στη Μεσόγειο, συμπεριλαμβανομένων των ακραίων φαινομένων όπως είναι οι ξηρασίες και οι καύσωνες.

Ο στόχος αυτού του εντύπου είναι να μεταδώσει τη γνώση για τις κλιματικές αλλαγές, που συγκεντρώθηκε από πολλά σύγχρονα Ευρωπαϊκά προγράμματα στο ευρύτερο κοινό, καθώς επίσης και τα συμπεράσματα της πρόσφατης αξιολόγησης της IPCC. Μετά από μια συνοπτική επισκόπηση των παρατηρούμενων κλιματικών αλλαγών κατά τη διάρκεια του τελευταίου μισού αιώνα το έντυπο αυτό εστιάζεται σε σενάρια μελλοντικών μεταβολών του κλίματος. Περιγράφονται οι προσεγγίσεις μοντελοποίησης του κλίματος που χρησιμοποιούνται, παράλληλα με το θεωρητικό υπόβαθρο των υποθέσεων που χρησιμοποιήθηκαν και των σημείων αστοχίας τους. Τα μελλοντικά σενάρια κλιματικών αλλαγών για τη Μεσόγειο παρουσιάζονται συνοπτικά. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στον τρόπο χρήσης των σεναρίων κλίματος για τις μελέτες των επιπτώσεων και τη λήψη αποφάσεων. Αυτό το έντυπο δίνει επίσης μερικές απαντήσεις στις δύο σημαντικές ερωτήσεις:

- (i) πόσο σοβαρή προβλέπεται να είναι η ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή και
- (ii) πώς θα επηρεάσει τους ανθρώπους;

ΠΑΡΑΤΗΡΟΥΜΕΝΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ ΚΛΙΜΑΤΟΣ

1

Η κατανόηση του πώς και γιατί το κλίμα έχει αλλάξει τις τελευταίες δεκαετίες είναι σημαντική για διάφορους λόγους συμπεριλαμβανομένων: (α) της ανίχνευσης και της καταχώρισης των επιπτώσεων που αποδίδονται στις κλιματικές αλλαγές και θα αποτελέσουν βάση για μελλοντικές προβλέψεις αλλαγής κλίματος και (β) για τη διερεύνηση της τρωτότητας της κοινωνίας στη σημερινή μεταβλητότητα κλίματος και στις μελλοντικές αλλαγές του. Η Τέταρτη Έκθεση Αξιολόγησης της IPCC συνοψίζει τα αυξανόμενα αποδεικτικά στοιχεία παρατήρησης της κλιματικής αλλαγής κατά τη διάρκεια των τελευταίων 40-50 ετών (η περίοδος για την οποία υπάρχουν αρκετά δεδομένα), καθώς επίσης σε μεγαλύτερες χρονικές περιόδους.

Στοιχεία της πρόσφατης αλλαγής κλίματος

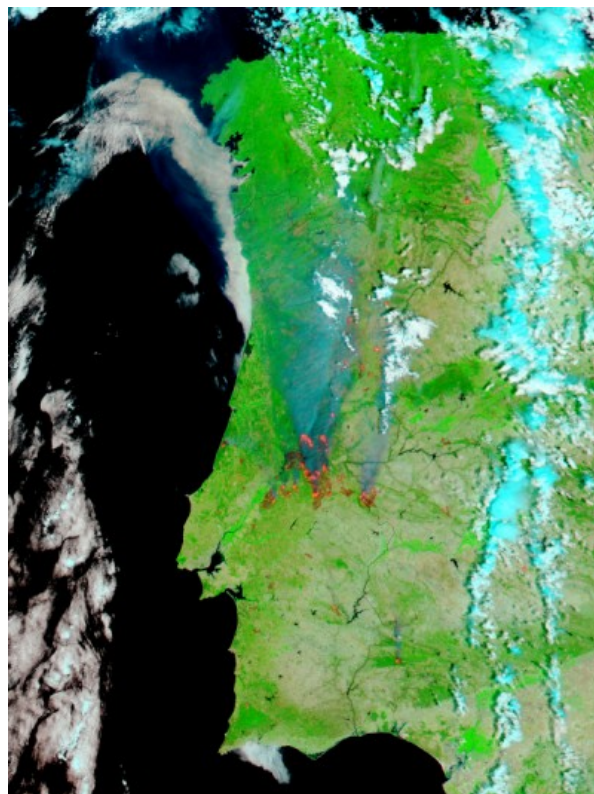
«Η θέρμανση του κλιματικού συστήματος είναι σαφής, όπως προκύπτει από παρατηρήσεις, σε παγκόσμιο επίπεδο, των αυξήσεων των μέσων θερμοκρασιών του αέρα και των ωκεανών, της εκτεταμένης τήξης χιονιού και πάγου και της ανόδου της παγκόσμιας μέσης στάθμης της θάλασσας

Έχουν παρατηρηθεί πολυάριθμες μακροχρόνιες κλιματικές αλλαγές σε κλίμακα ηπείρου, περιφέρειας και ωκεανού, Αυτές περιλαμβάνουν τις εκτεταμένες αλλαγές στην ποσότητα των βροχοπτώσεων, την αλατότητα των ωκεανών, την κατανομή των αερίων μαζών και τα ακραία καιρικά φαινόμενα συμπεριλαμβανομένων των ξηρασιών, των ραγδαίων βροχοπτώσεων, των καυσώνων και των εντάσεων των τροπικών κυκλώνων».

Από την Τέταρτη Έκθεση Αξιολόγησης της IPCC, ομάδα εργασίας I περίληψη για τους υπεύθυνους διαμόρφωσης πολιτικών αποφάσεων

Η πιο λεπτομερής πρόσφατη εκτίμηση της παρατηρηθείσας Μεσογειακής μεταβλητότητας κλίματος δημοσιεύθηκε από τους επιστήμονες που συμμετέχουν στο διεθνές πρόγραμμα MedCLIVAR το 2006. Αυτή η δημοσίευση παρέχει μια λεπτομερή ανάλυση της Μεσογειακής μεταβλητότητας του κλίματος κατά τη διάρκεια των τελευταίων αιώνων και εξετάζει επίσης τις σχέσεις με ατμοσφαιρικά συστήματα διακύμανσης όπως η Περιοδική Μεταβολή στο Βόρειο Ατλαντικό (NAO) καθώς επίσης και άλλα καιρικά συστήματα όπως το El Nino (ENSO). Το κύριο αποτέλεσμα της ανάλυσης των τελευταίων 40-50 ετών είναι η αύξηση της θερμοκρασίας συμπεριλαμβανομένων συχνότερων εμφανίσεων ακραίων υψηλών θερμοκρασιών και σπανιότερων εμφανίσεων ακραίων χαμηλών θερμοκρασιών σε όλες τις περιοχές της Μεσογείου - εκτός από μερικά μέρη της ανατολικής Μεσογείου. Για παράδειγμα, πάνω στον Ελλαδικό ηπειρωτικό χώρο εμφανίζονται κάποιες ενδείξεις προς χαμηλότερες ελάχιστες θερμοκρασίες το χειμώνα, που συνδυάζονται με αύξηση του αριθμού των ημερών παγετού και συνδέονται με την αυξανόμενη συχνότητα εμφάνισης συνθηκών αντικυκλώνα. Αναφορικά με τις επιπτώσεις στον άνθρωπο, οι παρατηρηθείσες ακραίες τιμές υψηλών θερμοκρασιών αποτελούν τη σημαντικότερη ανησυχία, ειδικά μετά από το θερμό καλοκαίρι του 2003 (Εικόνα 1), που είναι πιθανότατα

το θερμότερο των τελευταίων πεντακοσίων ετών στο μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης της Μεσογείου.

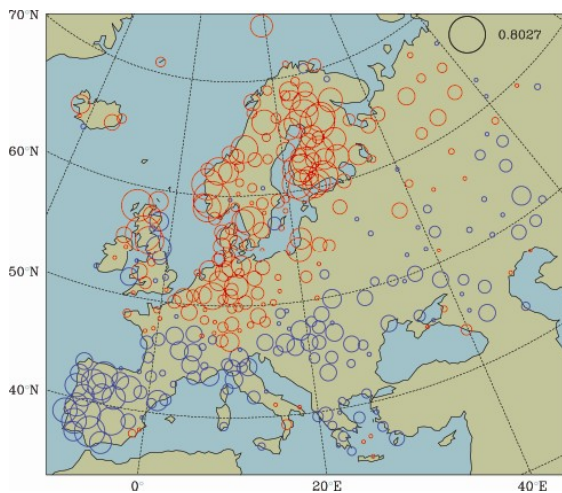


Εικόνα 1: Επεξεργασμένη δορυφορική εικόνα πυρκαγιών και καπνού στην Πορτογαλία, 3 Αυγούστου 2003. Η Ορατή Γη, NASA, <http://visibleearth.nasa.gov>.

Η γενική τάση στη Μεσόγειο είναι προς την κατεύθυνση μείωσης της βροχόπτωσης σε όλες τις εποχές κατά τη διάρκεια του τελευταίου μισού-αιώνα, που παρατηρείται ταυτόχρονα τόσο στα χαμηλότερα επίπεδα βροχοπτώσεων όσο και στις μεγαλύτερες περιόδους ξηρασίας. Οι παρατηρηθείσες αλλαγές δεν είναι πάντα στατιστικά σημαντικές – γεγονός που μπορεί εν μέρει να είναι το αποτέλεσμα της μεγάλης διαχρονικής μεταβλητότητας βροχοπτώσεων σε αυτή την περιοχή. Η χωρική και εποχιακή κατανομή της κλιματικής αλλαγής είναι επίσης πολύπλοκη. Για παράδειγμα, υπάρχουν στοιχεία αυξανόμενων βροχοπτώσεων την άνοιξη στους κόλπους της Γένοβας και της Λυών.

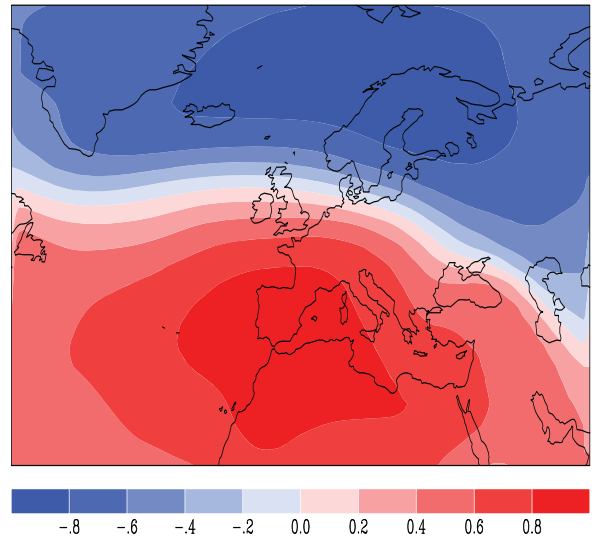
Οι παρατηρηθείσες μειώσεις στις χειμερινές βροχοπτώσεις στη δυτική και βόρεια Μεσόγειο έχουν αποδειχθεί ότι συνδέονται με το σύστημα NAO. Η τάση προς θετικότερες τιμές δεικτών NAO τα τελευταία χρόνια συνδέεται με τις χαμηλότερες βροχοπτώσεις στη Μεσόγειο και τις υψηλότερες

βροχοπτώσεις σε ολόκληρη τη βορειοδυτική Ευρώπη
(Εικόνα 2)



Εικόνα 2 - Σχέση μεταξύ των αλλαγών στον αριθμό των ημερών ισχυρών χειμερινών βροχοπτώσεων και της βαρομετρικής πίεσης στη στάθμη της θάλασσας κατά τη διάρκεια των τελευταίων 40 ετών. (α) Η κύρια (πρώτη κανονική) μορφή της αλλαγής στις ημέρες ισχυρών χειμερινών βροχοπτώσεων (οι κόκκινοι κύκλοι δείχνουν μια θετική τάση/σχέση, οι μπλε κύκλοι μια αρνητική τάση/σχέση) και (β) το συνδεδεμένο σύστημα ανωμαλίας πίεσης στο επίπεδο θαλάσσης (μονάδες χωρίς διαστάσεις, αυτό είναι θετικό του συστήματος NAO). © UEA/STARDEX.

Ενώ η έκθεση της IPCC δίδει αξιόπιστες απαντήσεις για τις ανθρώπινες αιτίες στην παρατηρούμενη παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας (βλέπε εισαγωγή), είναι πολύ δύσκολο να αποδοθούν τοπικής κλίμακας αλλαγές στην ανθρώπινη δραστηριότητα. Επίσης δεν είναι δυνατό να απαντηθεί, για παράδειγμα, εάν η θετική τάση του NAO και η σχετική μείωση στις Μεσογειακές βροχοπτώσεις (Εικόνα 2) σχετίζονται με την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας. Αυτό που είναι σίγουρο είναι ότι οι πρόσφατες περιόδους ξηρασίας έχουν ασκήσει σημαντική επίδραση στα φυσικά συστήματα και στις ανθρώπινες δραστηριότητες στην περιοχή της Μεσογείου και προκαλούν ανησυχίες ότι το φαινόμενο της ερημοποίησης θα ενταθεί και θα επεκταθεί περισσότερο με την αλλαγή κλίματος.



Εικόνα 3: Αποξηραμένη γη. (πηγή: Fotolia <http://en.fotolia.com>)

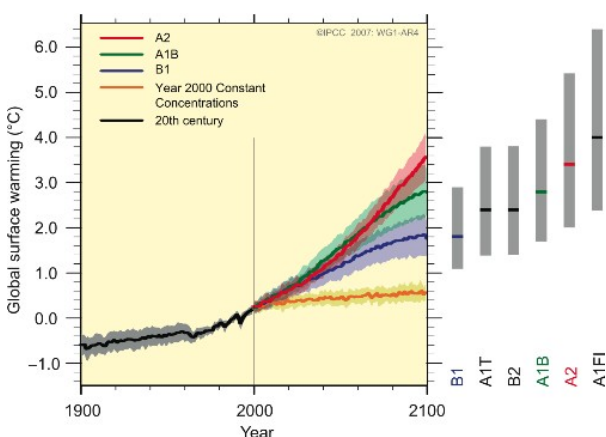
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΙΘΑΝΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ

Ένα σενάριο αλλαγής κλίματος δεν είναι μια πρόγνωση ή μια πρόβλεψη υπό την έννοια των καιρικών προγνώσεων των επόμενων ημερών, αλλά μάλλον μπορεί να θεωρηθεί ως μια συνεκτική, συνεπής και εύλογη περιγραφή μιας πιθανής μελλοντικής κατάστασης του κόσμου. Τέτοια σενάρια κατασκευάζονται με τη χρήση των παγκόσμιων μοντέλων κλίματος (GCMs). Αυτά είναι μαθηματικές απεικονίσεις του κλιματικού συστήματος, βασισμένες στους φυσικούς νόμους όπως η διατήρηση της μάζας, της ενέργειας και της ορμής. Εμφανίζουν τα δεδομένα σε τετράγωνα (κελιά) με τυπική χωρική ανάλυση των 300 χλμ. για τα μέσα γεωγραφικά υψόμετρα στη σύγχρονη γενιά μοντέλων. Οι διεργασίες που αναλύονται στην

κλίμακα αυτή, όπως η μεταφορά των νεφών και η διάταξη των βροχοπτώσεων, παραμετροποιούνται. Τα σενάρια αλλαγής κλίματος στηρίζονται σε υποθέσεις για μελλοντικές αλλαγές των εκπομπών και της επακόλουθης ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων του θερμοκηπίου. Στα τελευταία 5-10 έτη, είχαν χρησιμοποιηθεί μάλλον απλοϊκές υποθέσεις -και σενάρια-, π.χ., μια αύξηση των εκπομπών της τάξης του 1% το χρόνο. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών όλες οι εκτιμήσεις έχουν ουσιαστικά χρησιμοποιήσει τα σενάρια της IPCC SRES (ειδική έκθεση σχετικά με τα σενάρια εκπομπών). Αυτά ενσωματώνουν διάφορες υποθέσεις σχετικά με τις μελλοντικές αλλαγές στον πληθυσμό και, την οικονομική και τεχνολογική ανάπτυξη κλπ. Εκφράζονται ως τέσσερις «οικογένειες» σεναρίων:

- A1: Παγκόσμιες αγορές
- B1: Παγκόσμια αειφορία
- A2: Εθνική Δραστηριότητα
- B2: Τοπική διαχείριση

Αυτά αντικατοπτρίζουν διαφορετικές κοινωνικές ισορροπίες μεταξύ της παγκόσμιας και της τοπικής ανάπτυξης αφενός, και των οικονομικών και των περιβαλλοντικών αξιών αφετέρου. Το A2 σενάριο οδηγεί σε μια συνολική ατμοσφαιρική συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα 715 μέρη στο εκατομμύριο (ppm) το 2100, με 562 ppm για το B2 σενάριο – σε σύγκριση με τη μετρούμενη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα το 2005 που ήταν 379 ppm.



Εικόνα 4: Οι συνεχείς γραμμές είναι οι παγκόσμιοι μέσοι όροι θερμοκρασίας επιφάνειας (σχετικοί με το διάστημα 1980-1999) για τα σενάρια A2, A1B και B1 σενάρια βασιζόμενοι στο SRES, που παρουσιάζονται ως συνέχειες των προσομοιώσεων του 20ού αιώνα (μαύρη γραμμή). Οι σκιασμένες περιοχές και οι

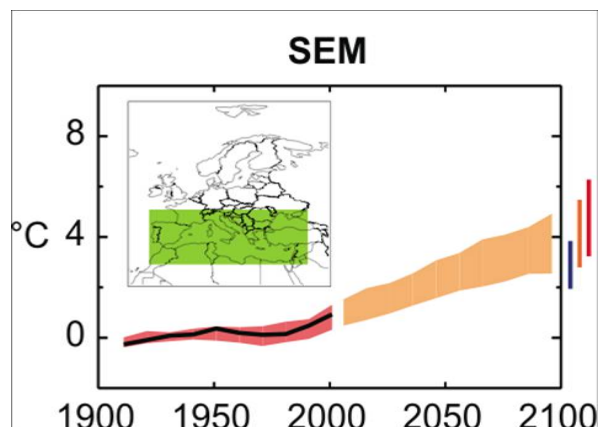
μπάρες παρέχουν μια ένδειξη της αβεβαιότητας του μοντέλου. © IPCC WGI, Εικόνα SPM.5, 2007.

Για αρκετές εκτιμήσεις των περιφερειακών επιπτώσεων της αλλαγής του κλίματος η χωρική ανάλυση που προκύπτει από το GCMs δεν είναι καθόλου λεπτομερής. Κατά συνέπεια απαιτείται μια προσαρμογή σε λεπτομερέστερη κλίμακα (λογική προβολή των πληροφοριών μεγάλης κλίμακας σε τοπική κλίμακα). Δύο κύριες προσεγγίσεις χρησιμοποιούνται για την επίτευξη του παραπάνω στόχου. Η πρώτη είναι δυναμική, κατά την οποία ένα τοπικό μοντέλο κλίματος (RCM) επεξεργάζεται τα στοιχεία του λιγότερο λεπτομερούς μοντέλου GCM. Το RCM εφαρμόζεται σε μια μικρότερη περιοχή, π.χ., Ευρώπη, με πολύ μεγαλύτερη ανάλυση ή διάσταση κελιού. Οι ακραίες καταστάσεις λαμβάνονται από το GCM, δηλαδή το τοπικό μοντέλο αναλύει τα δεδομένα κυκλοφορίας αερίων μαζών, θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας και άλλες μεταβλητές μέσα στο παγκόσμιο μοντέλο GCM. Η δεύτερη προσέγγιση είναι στατιστική, στην οποία οι σχέσεις μεταξύ των μεγαλύτερης κλίμακας μεταβλητών κλίματος (π.χ., μεγάλης κλίμακας κατανομές της πίεσης στο επίπεδο της στάθμης της θάλασσας) και των τοπικών επιφανειακών μεταβλητών κλίματος (π.χ., ημερήσιων θερμοκρασιών και βροχοπτώσεων που καταγράφονται σε συγκεκριμένους σταθμούς), προέρχονται από δεδομένα παρατηρήσεων, και στη συνέχεια εφαρμόζονται στα αποτελέσματα του GCM. Αυτή η προσέγγιση είναι βασισμένη σε δύο σημαντικές υποθέσεις: (i) ότι τα μεγαλύτερης κλίμακας δεδομένα του συστήματος GCM είναι πιο αξιόπιστα στη μοντελοποίηση από ότι τα τοπικά και (ii) ότι οι σχέσεις παραμένουν έγκυρες σε ένα μεταβαλλόμενο κλίμα.

Η πρόοδος στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και στις υποδομές κατά την τελευταία δεκαετία έδωσε τη δυνατότητα λεπτομερέστερης, από ότι προηγούμενα ανάλυσης, όπου τα υπάρχοντα μοντέλα περιορίζονταν σε χρονική διάρκεια αναφοράς λίγων ετών. Για παράδειγμα, στο χρηματοδοτούμενο από την ΕΕ πρόγραμμα PRUDENCE που τελείωσε το 2005, τα μοντέλα εφαρμόστηκαν για τα διαστήματα 1961-1990 και 2071-2100 με μέγεθος κελιού υπολογισμού τα 50 χλμ καλύπτοντας όλη την Ευρώπη. Πρόσφατα στο πρόγραμμα ENSEMBLES της ΕΕ, τα ίδια μοντέλα εφαρμόστηκαν σε διάσταση κελιού 25 χλμ για το χρονικό διάστημα 1950 έως 2050 ή, σε πολλές περιπτώσεις, έως το 2100. Αντίθετα, κατά τη

διάρκεια των εκτέλεσης των προγραμμάτων της ΕΕ MEDALUS στη δεκαετία του 90, η στατιστική προσέγγιση αλλαγής κλίμακας δεδομένων ήταν η μόνη πρακτική δυνατότητα (πίνακας 1). Σήμερα οι δύο προσεγγίσεις θεωρούνται ως συμπληρωματικές, κάθε μια με τα ιδιαίτερα πλεονεκτήματά της. Η στατιστική μέθοδος, για παράδειγμα, είναι λιγότερο απαιτητική σε υπολογισμούς επιτρέποντας έτσι περισσότερες προσομοιώσεις και παρέχοντας πληροφορίες σε κλίμακα σταθμού ή σημείου και όχι τους μέσους όρους των τιμών του κελιού που παράγονται από τα συστήματα του RCMs.

Εντούτοις, απαιτεί μακροχρόνια και αξιόπιστη σειρά δεδομένων για τη βαθμολόγηση και επαλήθευση των στατιστικών μοντέλων. Επιπλέον η υπόθεση ότι οι παρούσες μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης δεν θα αλλάξουν στο μέλλον δεν μπορεί να επιβεβαιωθεί.



Εικόνα 5: Η θερμοκρασία αλλάζει στη νοτιοανατολική Ευρώπη και τη Μεσόγειο (αναφορικά με το διάστημα 1901-1950) όπως παρατηρείται (μαύρη γραμμή) και εκτιμάται (κόκκινη ζώνη) για το 1906-2005, και επεκτείνεται για το 2001-2100 για το A1B σενάριο εκπομπών (πορτοκαλί ζώνη) με χρήση ενός συνόλου μοντέλων. © IPCC WGI, Εικόνα 11.4, 2007.

Πίνακας 1: Ανάλυση των σεναρίων κλίματος που ανεπτύχθησαν από το Πανεπιστήμιο της Ανατολικής Αγγλίας για τα προγράμματα MEDALUS.

	GCM	Μεταβλητές	Μέθοδος για εκτίμηση σε λεπτομερέστερη κλίμακα	Σενάριο εκπομπών
MEDALUS I	UK Met γραφείο και τρία από τις ΗΠΑ (GISS, GFDL, OSU)	Εποχιακή θερμοκρασία, βροχοπτώσεις και δυναμικές αλλαγές εξατμισοδιαπνοής.	Ανάλυση/παλινδρόμηση σε τιμές δεδομένων κελιού σε 250-300 Μεσογειακούς σταθμούς	1xCO2 2xCO2
MEDALUS II	UK Met γραφείο (UKTR) Καναδικό κέντρο κλίματος	Χρονοσειρές ημερήσιας μέγιστης/ελάχιστης θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για τις περιοχές: Alcantarilla, λεκάνη Guadalentin, Ισπανία	Θερμοκρασία: υπολογιστικές συναρτήσεις που χρησιμοποιούν την πίεση στο επίπεδο της θάλασσας και στα 500 hPa γεωδυναμικού ύψους. Βροχοπτώσεις: μια κατά συνθήκη παραγωγή δεδομένων καιρού	αύξηση 1% το χρόνο
MEDALUS III	UK Met γραφείο (HadCM2)	Χρονοσειρές ημερήσιας μέγιστης/ελάχιστης θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για έξι σταθμούς στη λεκάνη Guadalentin, την Ισπανία και 16 στη λεκάνη Agri, Ιταλία	Διεργασία δύο σταδίων. 1:αλληλουχία υγρών/ξηρών ημερών που παράγονται από εξισώσεις για έναν σταθμό αναφοράς. 2: πολλαπλές σειρές, που δημιουργούνται από (α) τυχαία δειγματοληψία για τις βροχοπτώσεις και (β) υπολογιστικές συναρτήσεις για τη θερμοκρασία.	αύξηση 1% το χρόνο

Ποιες αλλαγές προβλέπονται για τη Μεσόγειο;

Το κεφάλαιο 11.3 της Τέταρτης Έκθεσης Αξιολόγησης της IPCC συνοψίζει ταυτόχρονα την ικανότητα των μοντέλων πρόβλεψης για την Ευρώπη και την περιοχή της Μεσογείου και τις πρόσφατες μελλοντικές πιθανές μεταβολές βασισμένες σε προσομοιώσεις των μοντέλων GCM και RCM. Με βάση το A1B σενάριο εκπομπών, η προσομοιούμενη ετήσια μέση αύξηση της θερμοκρασίας από το 1980-1999 ως το 2080-2099 στη νότια Ευρώπη και στην περιοχή της Μεσογείου εκτιμάται σε 2.2°C έως 5.1°C, που προκύπτει από 21 εφαρμογές του μοντέλου GCM. Άλλα σχετικά σημεία από τη συνοπτική έκθεση αξιολόγησης της IPCC είναι:

- Η μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας στη Μεσόγειο είναι πιθανόν να παρατηρηθεί κατά την θερινή περίοδο.
- Οι ετήσιες βροχοπτώσεις είναι πολύ πιθανό να μειωθούν στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής της Μεσογείου.
- Ο ετήσιος αριθμός των ημερών βροχής είναι πολύ πιθανό να μειωθεί στη Μεσόγειο.
- Ο κίνδυνος θερινής ξηρασίας είναι πιθανό να αυξηθεί στη Μεσόγειο.

Οι ανωτέρω αναφορές της IPCC, που βασίζονται στην κρίση ειδικών επιστημόνων έχουν εγκυρότητα «πολύ πιθανόν να συμβούν» μεγαλύτερη από 90%, ενώ η εγκυρότητα «πιθανόν» να συμβούν αξιολογείται σε μεγαλύτερη του 66%. Αυτή η εκτίμηση αναφέρεται στην ικανότητα των μοντέλων να αναπαράγουν δεδομένα που έχουν μετρηθεί (ένα μέτρο αξιοπιστίας τους) και στο βαθμό που τα διάφορα μοντέλα συμφωνούν για μελλοντικές μεταβολές. (ένα μέτρο ικανότητας τους).

Γενικά, υπάρχει μεγαλύτερη αξιοπιστία σε μεγαλύτερης κλίμακας αλλαγές, π.χ., περιφερειακούς μέσους όρους, παρά σε χωρικές αναλυτικές πληροφορίες. Επίσης

υπάρχει μεγαλύτερη αξιοπιστία των μοντέλων για προβλέψεις μεταβολών θερμοκρασίας παρά για προβλέψεις μεταβολών βροχοπτώσεων, ενώ οι προβαλλόμενες μεταβολές του ανέμου είναι ιδιαίτερα αβέβαιες.

Οι προβλέψεις για αλλαγές σε ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως καύσωνες, πλημμύρες και ξηρασίες, τείνουν να είναι περισσότερο αβέβαιες από τις αλλαγές μέσω των μέσων όρων. Γενικά, υπάρχει λιγότερη αξιοπιστία στις προβαλλόμενες αλλαγές

βροχοπτώσεων σε ολόκληρη την Ευρώπη το καλοκαίρι παρά το χειμώνα. Αυτό συμβαίνει, επειδή οι χειμερινές βροχοπτώσεις συνδέονται με μεγαλύτερης κλίμακας βαρομετρικά συστήματα, ενώ οι θερινές βροχοπτώσεις συνδέονται με τις μικρότερης κλίμακας συστήματα (όπως η ανάπτυξη καταιγίδων). Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στην ερμηνεία των αλλαγών θερινών βροχοπτώσεων στη Μεσόγειο, επειδή οι υπάρχουσες βροχοπτώσεις είναι ελάχιστες και έτσι μια πολύ μεγάλη ποσοστιαία αλλαγή δεν έχει ιδιαίτερη σημασία.

Μια πρόσφατη και λεπτομερής ανάλυση των αποτελεσμάτων των μοντέλων προσομοίωσης GCM και RCM, που εστιάζονται στη Μεσόγειο, επιβεβαιώνει τα συμπεράσματα της IPCC. Το φαινόμενο της ξηρασίας αποδίδεται στην αυξανόμενη αντικυκλωνική κυκλοφορία των αερίων μαζών και συνδέεται με μια προς Βορρά μετατόπιση των καταιγίδων του Ατλαντικού. Η προβλεπόμενη χρονική μεταβολή του καιρού σε συνδυασμό με την μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας συγκλίνει σε εμφανίσεις ακραίων τιμών υψηλής θερμοκρασίας. Η ένταση των προβαλλόμενων αλλαγών σε συνδυασμό με την αξιοπιστία των μοντέλων καταδεικνύει το γεγονός ότι η Μεσόγειος είναι ιδιαίτερα ευάλωτη στις κλιματικές αλλαγές.

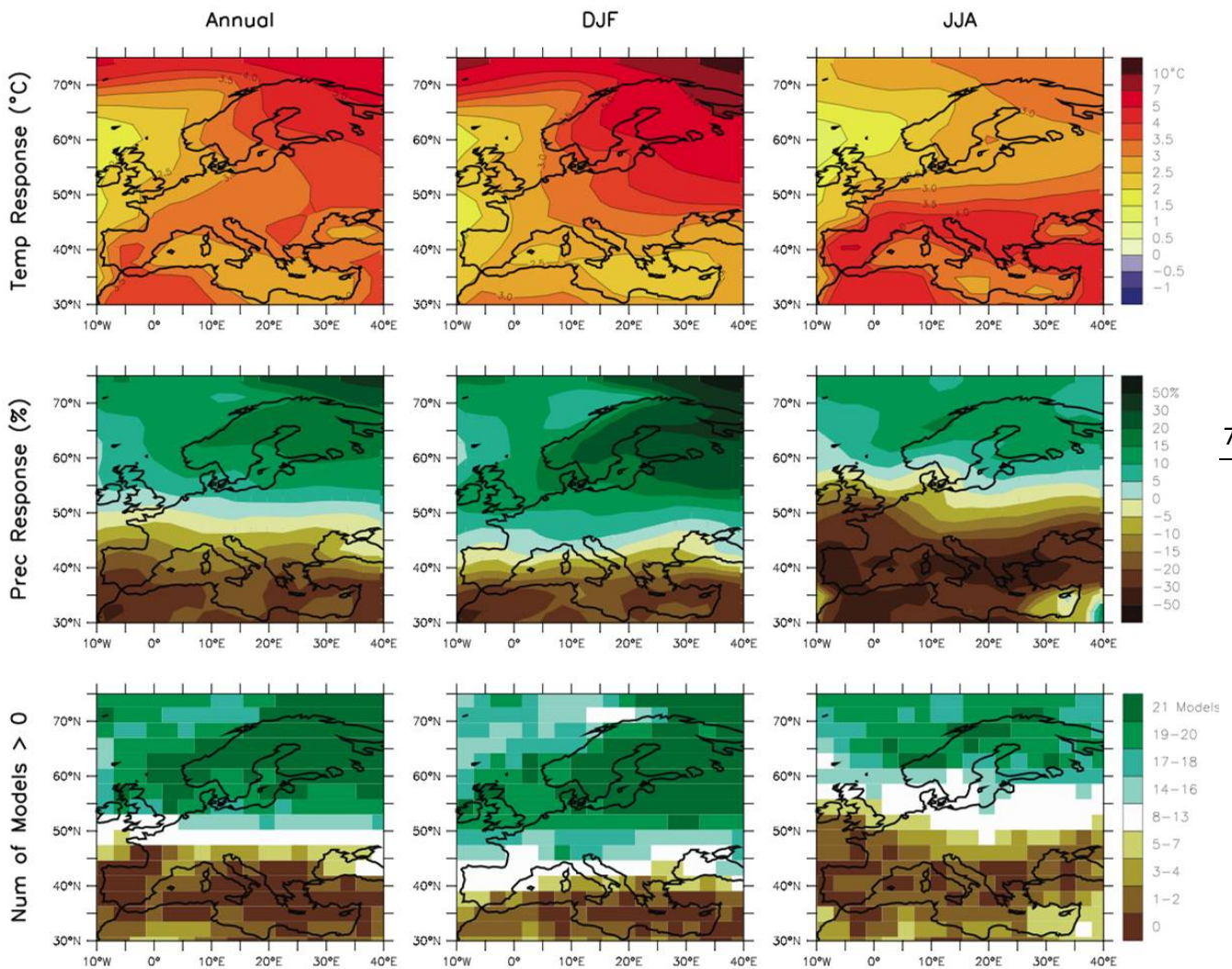


Εικόνα 6 - Πορτογαλία - ενδοχώρα νότια του Αλεντίο - Mértola Hill - ξηρασία - 2005 (από τη Μαρία Jose Roxo)



Εικόνα 7 - Πορτογαλία - ενδοχώρα νότια Αλεντέιο - Mértola Hill - Thunderstorm - Νοεμβρίου 2006 (πηγή Μαρία Jose Roxo)

Εικόνα 8: Μεταβολές θερμοκρασίας και βροχόπτωσης στην Ευρώπη που εκτιμούνται με την εφαρμογή μοντέλων για το A1B σενάριο εκπομπών. Ανώτερη σειρά: μέση ετήσια, DJF (χειμώνας) και JJA(καλοκαίρι), μεταβολή της θερμοκρασίας μεταξύ των ετών 1980-1999 και 2080-2099, που υπολογίστηκε ως μέσος όρος από 21 μοντέλα.. Μέση σειρά: όπως στην ανώτερη σειρά, αλλά για ποσοστιαία μεταβολή των βροχοπτώσεων. Κατώτερη σειρά: εκτίμηση που προβλέπει αύξηση στις βροχοπτώσεις. © IPCC WGI, Εικόνα 11.5, 2007.



ΑΝΑΛΥΟΝΤΑΣ ΤΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΛΛΑΓΗΣ ΚΛΙΜΑΤΟΣ

Στην αρχή της θεματικής ενότητας 2 τονίσθηκε η διάκριση μεταξύ των σεναρίων κλιματικής αλλαγής ή προβολών και των καιρικών προγνώσεων ή προβλέψεων. Αυτή είναι μια διάκριση που οι χρήστες σεναρίων αλλαγής κλίματος πρέπει να γνωρίζουν. Είναι επίσης σημαντικό να γνωρίζουν τις διαφορετικές πηγές αβεβαιότητας που συνδέονται με τα σεναρία. Αυτές αναφέρονται μερικές φορές ως αλληλουχία αβεβαιότητας και σχετίζονται με:

- Την αβεβαιότητα των σεναρίων εκπομπών αερίου
- Διαφορετικές συμπεριφορές μοντέλων
- Εγγενή μεταβλητότητα των μοντέλων
- Φυσική μεταβλητότητα του κλίματος
- Επιλογή μεθόδου αλλαγής κλίμακας δεδομένων.

Αρκετές καλές πρακτικές οδηγίες έχουν αναπτυχθεί από την IPCC και άλλους φορείς προκειμένου να διασφαλιστεί ότι οι χρήστες συνεκτιμούν κατάλληλα αυτές τις αβεβαιότητες. Η κύρια διαπίστωση είναι ότι ένα σύνολο διαφορετικών σεναρίων εκπομπών και συστημάτων GCMs/RCMs πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Το πρόγραμμα της ΕΕ STARDEX, που προέβη σε εκτενή αξιολόγηση των στατιστικών μεθόδων αλλαγής κλίμακας δεδομένων, καταλήγει στο συμπέρασμα μετά την ολοκλήρωση του το 2005, ότι κατά τη δημιουργία ενός τοπικού σεναρίου, πρέπει να υιοθετείται μια μέθοδος που χρησιμοποιεί πολλά μοντέλα, ανεξάρτητα αν χρησιμοποιούνται στατιστικές ή/και δυναμικές μέθοδοι αλλαγής κλίμακας δεδομένων.

Ένα από τα κύρια κίνητρα δημιουργίας σεναρίων αλλαγής κλίματος είναι να αναπτυχθούν ποσοτικές εκτιμήσεις των επιπτώσεων της αλλαγής κλίματος στις διαφορετικές ανθρώπινες δραστηριότητες και στα φυσικά συστήματα. Το είδος των πληροφοριών κλίματος που απαιτείται εξαρτάται κατά ένα μεγάλο μέρος από τον τύπο της μελέτης εκτίμησης επιπτώσεων που πραγματοποιείται. Για παράδειγμα, τα υδρολογικά μοντέλα απαιτούν χωρικά και χρονικά ακριβείς πληροφορίες σε επίπεδο λεκάνης απορροής όπου οι βροχοπτώσεις είναι η βασική μεταβλητή. Τα ακραία φαινόμενα βροχοπτώσεων είναι σημαντικά, τόσο στην περίπτωση των ελάχιστων τιμών (ξηρασία) όσο και στην περίπτωση των μέγιστων τιμών (πλημμύρα). Ο προσδιορισμός των κρίσιμων ακρότατων τιμών εξαρτάται από το

μέγεθος της λεκάνης, π.χ., ισχυρή βροχόπτωση διάρκειας πέντε ημερών μπορεί να είναι μια σημαντικότερη μεταβλητή για μια μεγάλη λεκάνη απορροής από ότι η μέγιστη βροχόπτωση της ημέρας. Για τις γεωργικές εφαρμογές και τη μοντελοποίηση της ανάπτυξης των φυτών απαιτείται μεγαλύτερος αριθμός παραμέτρων όπως θερμοκρασίας, βροχόπτωσης, ηλιοφάνειας, ταχύτητας ανέμου και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής.



Εικόνα 9 - Πορτογαλία - ενδοχώρα νότια Αλεντίο - Mértola Hill - πλημμύρες - ποταμός Guadiana - 7 Νοεμβρίου 1997 (Από τη Μαρία Jose Roxo)



Εικόνα 10: Άμπελωνας - μια χαρακτηριστική Μεσογειακή καλλιέργεια. (πηγή: Fotolia <http://en.fotolia.com>).

Ένα από τα πλεονεκτήματα της χρήσης στατιστικών μεθόδων αλλαγής κλίμακας δεδομένων η/και παρεμβολή (βλέπε κατωτέρω) είναι ότι μπορούν να διορθωθούν τα συστηματικά σφάλματα στα αποτελέσματα των μοντέλων κλίματος, καθώς επίσης και να παρέχουν σωστές πληροφορίες υψηλής ανάλυσης. Αυτό σημαίνει ότι οι παραγόμενες χρονοσειρές μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας ως δεδομένα εισαγωγής στα μοντέλα εκτίμησης επιπτώσεων. Διαφορετικά, είναι απαραίτητο να εφαρμοστεί κάποια άλλη μορφή

διόρθωσης στα σφάλματα των αποτελεσμάτων των μοντέλων GCM/RCM ή να χρησιμοποιηθεί η προσέγγιση της μεθόδου «αλλαγής δέλτα» στην οποία η προβαλλόμενη αλλαγή προστίθεται σε μια παρατηρηθείσα χρονοσειρά. Η τελευταία προσέγγιση είναι σχετικά εύκολο να εφαρμοσθεί σε μηνιαία ή εποχιακή χρονική κλίμακα εκτίμησης μεταβολών μέσης τιμής, αλλά είναι δυσκολότερη η χρήση σε ημερήσια κλίμακα και στις αλλαγές στη διακύμανση και τις ακραίες τιμές. Το τελευταίο διάστημα το μοντέλο RCM θεωρείται αρκετά αξιόπιστο με κατάλληλες χωρικές αναλύσεις, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην εφαρμογή υδρολογικών μοντέλων. Σε μερικές περιπτώσεις ακολουθείται μια διπλή προσέγγιση κατά την οποία το RCM εφαρμόζεται σε διάσταση κελιού 50 χλμ σε μια μεγάλη ευρωπαϊκή περιοχή και στη συνέχεια σε μια μικρότερη περιοχή (π.χ., κεντρική Ευρώπη) με χωρική ανάλυση 12 χλμ.



Εικόνα 11: Μεσογειακό τοπίο. (πηγή: Fotolia <http://en.fotolia.com>)

Λαμβάνοντας υπόψη τη δυναμική πολυπλοκότητα των αναγκών των χρηστών και των αποτελεσμάτων των μοντέλων κλίματος μπορεί να είναι πολύ αποτελεσματικό να συνεργάζονται αυτοί που σχεδιάζουν τα σενάρια κλίματος με τους χρήστες αυτών. Τούτο, για παράδειγμα, έγινε κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης προγραμμάτων MEDALUS, που, στο βαθμό στον οποίο οι ανάγκες των χρηστών θα μπορούσαν να ικανοποιηθούν, περιορίστηκε σε σχετικά μικρή ανάπτυξη μοντέλων κλιματικών αλλαγών (πίνακας 1). Πρόσφατα, και ειδικότερα για τις ανάγκες του προγράμματος της ΕΕ DeSurvey το οποίο δημιουργεί ένα σύστημα παρακολούθησης και εκτίμησης της ερημοποίησης, οι χρήστες εξέφρασαν την ανάγκη αλλαγής της χωρικής

κλίμακας πληροφοριών σε 1 χλμ, που υπολογίζεται από το RCM. Η μέθοδος παρεμβολής που αναπτύσσεται για αυτό το λόγο ενσωματώνει τις πληροφορίες για την τοπογραφία της περιοχής και οι ακόλουθες μεταβλητές υπολογίζονται σε ημερήσια κλίμακα για τις περιοχές μελέτης του προγράμματος DeSurvey (Ισπανία/Πορτογαλία, Κορσική/Σαρδηνία, Ελλάδα, βόρεια Ιταλία, νότια Ιταλία και Τυνησία): μέση θερμοκρασία, ελάχιστη θερμοκρασία, μέγιστη θερμοκρασία, ταχύτητα ανέμου, μέγιστη ταχύτητα ανέμου, συνολική βροχόπτωση και συνολική εξάτμιση.



Εικόνα 12: Ερημοποιημένο τοπίο. (πηγή: Fotolia <http://en.fotolia.com>).

Οι ομάδες κλιματικών δεδομένων όπως εκείνες που αναπτύσσονται για το πρόγραμμα DeSurvey μπορούν να βοηθήσουν στην ανάπτυξη δεικτών ερημοποίησης και στον προσδιορισμό των περιβαλλοντικά ευαίσθητων περιοχών (βλέπε έντυπο LUCINDA A2). Εντούτοις, δεν είναι απαραίτητη αυτή η χωρική ανάλυση 1 χλμ, διότι δημιουργείται ένας τεράστιος όγκος δεδομένων που χρειάζονται στη συνέχεια επεξεργασία. Στις μελέτες επιπτώσεων είναι συχνά απαραίτητο να υπάρχει ένας συμβιβασμός μεταξύ της επιθυμητής χρονικής/χωρικής ανάλυσης των πληροφοριών και της αξιοπιστίας/ δυναμικότητας της πληροφορίας. Στην προηγούμενη ενότητα αναφέρθηκε η τάση μείωσης της αξιοπιστίας των δεδομένων με την αύξηση της ανάλυσης.

Ενώ ο διάλογος μεταξύ των αρμοδίων για την ανάπτυξη των σεναρίων κλίματος και των χρηστών είναι συχνά αμοιβαία ωφέλιμος, ο αυξανόμενος αριθμός και το εύρος των απαιτήσεων για τις πληροφορίες σεναρίων οδηγούν στην ανάπτυξη μεγάλων βάσεων κλιματικών δεδομένων και εργαλείων στα οποία οι χρήστες μπορούν να έχουν άμεση πρόσβαση. Για παράδειγμα, η IPCC, παρέχει μεγάλο όγκο αποτελεσμάτων του μοντέλου GCM σε

διάφορα αρχεία, και τα αποτελέσματα από το πρόγραμμα PRUDENCE RCM είναι διαθέσιμα στο αρχείο που υπάρχει στο Δανικό Μετεωρολογικό Ινστιτούτο (που περιέχει επίσης τα νέα αποτελέσματα του RCM από το πρόγραμμα ENSEMBLES της ΕΕ). Επίσης είναι διαθέσιμα εργαλεία για τη στατιστική μέθοδο αλλαγής κλίμακας δεδομένων. Για παράδειγμα, στα πλαίσια του προγράμματος ENSEMBLES έχει αναπτυχθεί μια διαδικτυακή προσέγγιση στατιστικής αλλαγής κλίμακας δεδομένων. Οι εξελίξεις σε διάφορους τομείς όπως στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και στις υποδομές, όπως το διαδικτυακό GRID και το OpenDAP, επιτρέπουν γρήγορη και καθαρή πρόσβαση σε βάση δεδομένων.

Η αυξανόμενη διαθεσιμότητα των πληροφοριών κλιματικών σεναρίων επιτρέπει την ανάπτυξη μεγάλης ακρίβειας εκτιμήσεων των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Η Τέταρτη Έκθεση Αξιολόγησης δίνει έμφαση σε μερικές από τις επιπτώσεις, ως επί το πλείστον αρνητικές, που αναφέρονται στη Μεσόγειο, και περιλαμβάνουν:

- Αύξηση της περιόδου πυρκαγιών και μεγαλύτερο κίνδυνο πυρκαγιών
- Μείωση στην παραγωγικότητα των καλλιεργειών (όλοι οι άλλοι παράγοντες είναι σταθεροί)
- Μεγαλύτερες πιέσεις στη χρήση του νερού
- Μείωση του υδροηλεκτρικού δυναμικού (20-50% ως το 2070)
- Εξαφάνιση πολλών εφήμερων υδρόβιων οικοσυστημάτων και συρρίκνωση πολλών άλλων.
- Μείωση των απαιτήσεων σε θέρμανση κατά τη χειμερινή περίοδο, που δεν αντισταθμίζεται με τις απαιτήσεις ψύξης κατά τη θερινή περίοδο (δύο έως τρεις λιγότερες εβδομάδες που θα απαιτούν θέρμανση δεν αντισταθμίζονται με δύο έως πέντε εβδομάδες που θα απαιτείται ψύξη μέχρι το 2050)
- Πιθανή μείωση στο θερινό τουρισμό και αύξηση στον τουρισμό της άνοιξης και του φθινοπώρου



Εικόνα 13: Προβλέπεται αύξηση της χρονικής περιόδου και της επικινδυνότητας εκδήλωσης πυρκαγιών (πηγή: Fotolia <http://en.fotolia.com>).



Εικόνα 14: Η παραγωγικότητα των μεσογειακών καλλιεργειών όπως ο ηλιάνθος προβλέπεται να μειωθεί. (πηγή: Fotolia <http://en.fotolia.com>).



Εικόνα 15: Ο παραδοσιακός θερινός μεσογειακός τουρισμός στις παραλίες είναι πιθανό να μειωθεί. (πηγή: Fotolia <http://en.fotolia.com>).

Επιπτώσεις από την αλλαγή κλίματος στη Μεσόγειο

«Σχεδόν όλες οι Ευρωπαϊκές περιοχές αναμένεται να επηρεαστούν αρνητικά από μερικές μελλοντικές επιπτώσεις της αλλαγής κλίματος, οι οποίες θα δημιουργήσουν προκλήσεις σε πολλούς οικονομικούς τομείς. Οι κλιματικές αλλαγές αναμένεται να ενισχύσουν τις περιφερειακές διαφορές στους φυσικούς πόρους και τις προτεραιότητες της Ευρώπης.....

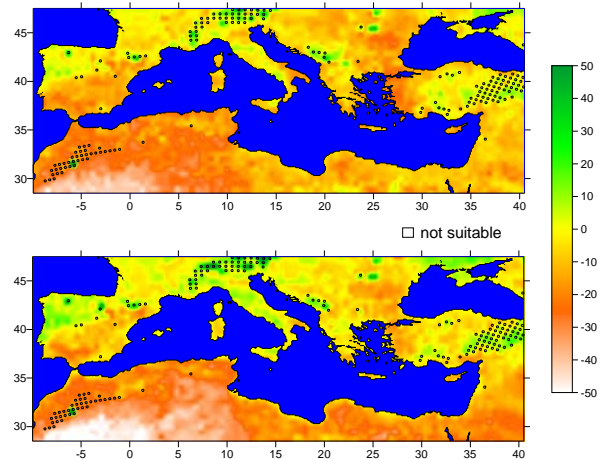
Στη νότια Ευρώπη η μελλοντική αλλαγή κλίματος αναμένεται να δημιουργήσει αρνητικές συνθήκες (υψηλές θερμοκρασίες και ξηρασία) σε μια περιοχή ήδη ευάλωτη στη μεταβλητότητα κλίματος, με μειωμένη διαθεσιμότητα υδατικών πόρων, μειωμένο υδροηλεκτρικό δυναμικό, μειωμένο θερινό τουρισμό και μειωμένη παραγωγικότητα των καλλιεργειών. Προβλέπεται επίσης ότι θα αυξηθούν οι κινδύνοι για την υγεία των ανθρώπων, λόγω του καύσωνα και της συχνότητας των πυρκαγιών.»

Από την τέταρτη έκθεση αξιολόγησης της IPCC, ομάδα εργασίας II, περίληψη για τους υπεύθυνους διαμόρφωσης πολιτικών αποφάσεων

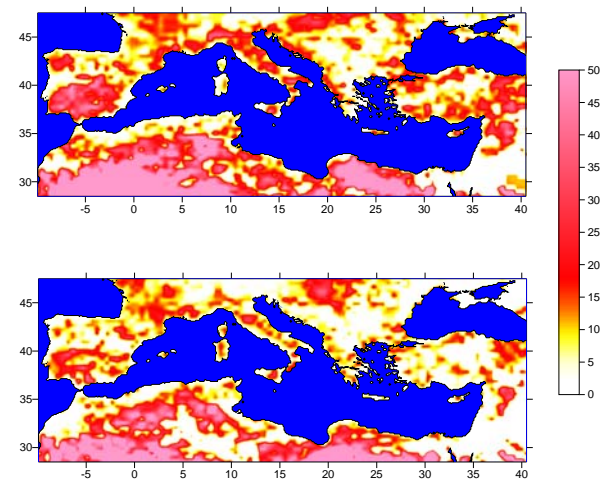
Η παραπάνω εκτίμηση της IPCC προέρχεται εν μέρει από την έρευνα του προγράμματος MICE της ΕΕ για τη Μοντελοποίηση των Επιπτώσεων των Ακραίων Κλιματικών Φαινομένων με τη χρήση αποτελεσμάτων του RCM και του προγράμματος PRUDENCE. Για τη Μεσόγειο το πρόγραμμα MICE επικεντρώθηκε στις επιπτώσεις στους υδάτινους πόρους, τη γεωργία (ηλιάνθους και χειμερινό σίτο - Εικόνα 16), τις δασικές πυρκαγιές (Εικόνα 17), τη ζήτηση ενέργειας και το θερινό τουρισμό. Οι επιπτώσεις βρέθηκαν κατά ένα μεγάλο μέρος να είναι αρνητικές και αποδίδονται στις μεγάλες αλλαγές, στα ακραία φαινόμενα, όπως: μεγαλύτερες περιόδους ξηρασίας και καύσωνα, καθώς επίσης και στη γενικότερη θέρμανση του πλανήτη. Παρόμοια συμπεράσματα προκύπτουν από το πρόγραμμα MICE σε μια μελέτη του 2005 που ανατέθηκε από το WWF και εξετάζει τις επιδράσεις αλλαγής κλίματος στη Μεσόγειο ως αποτέλεσμα μιας παγκόσμιας ανόδου της θερμοκρασίας κατά 2°C.

Ενώ ούτε το πρόγραμμα MICE ούτε η επιτροπή IPCC αναφέρονται συγκεκριμένα στην ερημοποίηση, είναι φανερό ότι και οι κλιματικές αλλαγές που προβλέπονται και οι σχετικές επιπτώσεις τους διάφορους τομείς θα έχουν αρνητικές επιδράσεις

στην ερημοποίηση. Σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία, φαίνεται ότι οι επιπτώσεις της αλλαγής κλίματος στη Μεσόγειο θα είναι μεγάλες για τα φυσικά συστήματα και τους ανθρώπους.



Εικόνα 16: Η ποσοστιαία μεταβολή της παραγωγής θερινών καλλιεργειών στην περιοχή της Μεσογείου ως αποτέλεσμα της αλλαγής κλίματος. Οι διαφορές είναι μεταξύ της παρούσας καταστασης (1961-1990) και της μελλοντικής περιόδου (2070-2099) για τα σενάρια (α) A2 και (β) B2. Το πράσινο χρώμα δείχνει ότι η παραγωγή αναμένεται να αυξηθεί, το πορτοκαλί ότι η παραγωγή αναμένεται να μειωθεί. ©Marco Bindi - παράγωγη για το MICE, 2005.



Εικόνα 17: Αλλαγές στη χρονική περίοδο κινδύνου πυρκαγιάς που ορίζεται ως DSR (ημερήσια εκτίμηση επικινδυνότητας > 6 για τουλάχιστον 5 ημέρες για τα (α) A2 και (β) B2 σενάρια της περιοχής της Μεσογείου. Οι διαφορές είναι μεταξύ της προηγούμενης περιόδου (1961-1990) και του μελλοντικού κινδύνου (2070-2099). ©MICE, 2005.

ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΧΑΡΑΞΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Το φαινόμενο των κλιματικών αλλαγών βρίσκεται σήμερα σε μεγαλύτερη προτεραιότητα, τόσο στην επιστημονική όσο και στην πολιτική κοινότητα, παρά ποτέ άλλοτε. Έχει γίνει σημαντική έρευνα στη μελέτη των επιπτώσεων της αλλαγής του κλίματος, όπως αποδεικνύεται από το μεγάλο όγκο βιβλιογραφικών αναφορών στην Τέταρτη Έκθεση Αξιολόγησης της IPCC, και η ανάγκη για την αντιμετώπιση του φαινομένου πέρα από το πρωτόκολλο του Κιότο έχει αναγνωριστεί από τη Σύμβαση Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC).

Ένα από τα ισχυρότερα μηνύματα που προκύπτουν από την τελευταία έκθεση της IPCC είναι η ανάγκη προσαρμογής στις κλιματικές αλλαγές, οι οποίες είναι πραγματικότητα, ανεξάρτητα από τις τρέχουσες προσπάθειες μετριασμού. Αυτό προκύπτει από την πρόσφατη μετατόπιση της σπουδαιότητας από τις απλές μελέτες επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών στις πιο σύνθετες εκτιμήσεις ευαισθησίας και προσαρμογής. Σε μεγάλο μέρος, αυτή η μετατόπιση προκύπτει από τα ενδιαφέροντα των υπευθύνων λήψης αποφάσεων και χάραξης πολιτικής. Η προσαρμογή θεωρείται γενικά ως μια διεργασία που συμβαίνει σε τοπική κλίμακα παρά αντιμετώπιση του φαινομένου και έτσι προκύπτει ότι απαιτούνται πιο λεπτομερείς πληροφορίες κλίματος, συμπεριλαμβανομένων των πληροφοριών για τις αλλαγές στα ακραία καιρικά φαινόμενα.

Η ανάγκη προσαρμογής στο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής έχει αναγνωριστεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, που υιοθέτησε το πρώτο πολιτικό έγγραφο προσαρμογής τον Ιούνιο του 2007. Η Πράσινη Βίβλος τονίζει ότι βρισκόμαστε αντιμέτωποι τώρα με μια διπλή πρόκληση: παράλληλα με τις μεγάλες περικοπές στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου πρέπει επίσης να προσαρμοστούμε στις μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες. Η Πράσινη Βίβλος συνοψίζει τις επιδράσεις αλλαγής κλίματος στην Ευρώπη και παρουσιάζει τις περιπτώσεις που χρειάζεται δράση και πολιτική ανταπόκριση. Η νότια Ευρώπη και ολόκληρη η λεκάνη της Μεσογείου χαρακτηρίζεται ως μια από τις πιο ευάλωτες περιοχές στην Ευρώπη, λόγω της συνδυασμένης επίδρασης των αυξανόμενων τιμών υψηλών θερμοκρασιών και της μειωμένης βροχόπτωσης σε περιοχές που ήδη

αντιμετωπίζουν προβλήματα έλλειψης νερού. Προτείνονται οι πιθανοί τρόποι δράσης σε επίπεδο ΕΕ, ενώ ο στόχος του εγγράφου είναι να δώσει το εναρκτήριο λάκτισμα για ένα πανευρωπαϊκό δημόσιο διάλογο. Ένας από τους από τους τέσσερις προτεινόμενους πυλώνες δράσης είναι η μείωση της αβεβαιότητας με την επέκταση της βάσης γνώσεων μέσω της ολοκληρωμένης έρευνας στον τομέα του κλίματος.

Παραδείγματα του τύπου της νέας έρευνας που απαιτείται αποτελούν τα προγράμματα PESETA και ADAM. Το πρόγραμμα PESETA εξετάζει τις διάφορες προσεγγίσεις για την προσαρμογή, καθώς επίσης και την περίπτωση μη-προσαρμογής, στις πολυτομεακές εκτιμήσεις του οικονομικού και κοινωνικού κόστους της αλλαγής του κλίματος. Το πρόγραμμα ADAM ερευνά τις θετικές και αρνητικές επιπτώσεις μεταξύ των πολιτικών προσαρμογής και μετριασμού του φαινομένου. Οι Ευρωπαϊκές εκτιμήσεις υποστηρίζονται από πιλοτικές μελέτες, όπως η λεκάνη Guadiana στην Ισπανία που εστιάζεται σε θέματα ξηρασίας.



Εικόνα 18: Τυνησιακή όαση. (πηγή: Fotolia <http://en.fotolia.com>).

Προσαρμογή και μετριασμός - ορισμοί γλωσσαρίου της IPCC

Προσαρμογή. Προσαρμογή των φυσικών ή ανθρώπινων συστημάτων σε ανταπόκριση στις πραγματικές ή αναμενόμενες κλιματικές τάσεις ή στις επιδράσεις τους, η οποία περιορίζει τη ζημιά ή εκμεταλλεύεται τις ευεργετικές ευκαιρίες.

Μετριασμός. Μια ανθρωπογενής παρέμβαση μείωσης των επιπτώσεων του ανθρώπου στο κλιματικό σύστημα. Περιλαμβάνει στρατηγικές μείωσης των πηγών αερίων και εκπομπών που ενισχύουν τη δεξαμενή αερίων θερμοκηπίου.



Εικόνα 19: αρδευόμενος αμπελώνας. (πηγή: Fotolia <http://en.fotolia.com>).

Μια άλλη πρόσφατη εξέλιξη είναι η αυξανόμενη έμφαση στα συστήματα λήψης απόφασης σε καταστάσεις κινδύνου. Αυτό είναι σύμφωνο με την αλλαγή από υπολογιστικές ή φανταστικές προσεγγίσεις σεναρίων, όπως αυτά που περιγράφηκαν νωρίτερα, σε πιθανολογικές προβολές κλίματος. Αυτή η αλλαγή προκύπτει (α) από την τάση να περιορισθούν οι πηγές αβεβαιότητας και (β) την ύπαρξη αποτελεσματικότερων μοντέλων πρόβλεψης κλιματικών μεταβολών. Μια πιθανολογική προσέγγιση ακολουθείται στο πρόγραμμα ENSEMBLES της ΕΕ. Τα νέα σενάρια κλίματος για το Ηνωμένο Βασίλειο (ΗΒ) θα ανακοινωθούν το Νοέμβριο του 2008 από το Βρετανικό Πρόγραμμα Κλιματικών Επιπτώσεων (UKCIP08) και θα είναι επίσης πιθανολογικά.

Όπως το ΗΒ, έτσι και άλλες Ευρωπαϊκές χώρες, όπως η Ολλανδία και η Ισπανία, έχουν προωθήσει τελευταία τα δικά τους εθνικά σενάρια κλίματος, για καλύτερη προσέγγιση των επιπτώσεων και της προσαρμογής και για να ικανοποιηθούν οι αυξανόμενες ανάγκες των χρηστών. Έχοντας δημοσιευμένη μια πρόσφατη προκαταρκτική

εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην Ισπανία η κυβέρνηση έχει αναθέσει τώρα την ανάπτυξη ενός νέου συνόλου λεπτομερών σεναρίων και μελετών αξιολόγησης.



Εικόνα 20: Ισπανικό τοπίο. (πηγή: Fotolia <http://en.fotolia.com>).

Κατά συνέπεια όλο και περισσότερο η εκτίμηση των μεταβολών κλίματος χρησιμοποιείται από τους φορείς λήψης απόφασης και χάραξης πολιτικής. Αυτές οι εκτιμήσεις αποτελούν βασικά εργαλεία για την υποστήριξη των αποφάσεων, αν και πρέπει να αναφερθεί ότι η αλλαγή κλίματος είναι μόνο ένας από τους πολλούς παράγοντες που πρέπει να συνεκτιμηθούν και ενδεχομένως να μην είναι ο σημαντικότερος. Εν τούτοις, αυτά τα εργαλεία είναι απαραίτητα για να υποστηριχτεί η Σύμβαση UNFCCC και η πολιτική για τις κλιματικές αλλαγές της ΕΕ, που αφορά την προσαρμογή και το μετριασμό του φαινομένου. Αναμένεται ότι θα επεκταθεί η χρήση τους για την υποστήριξη της Σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών κατά της Ερημοποίησης και άλλων πολιτικών πρωτοβουλιών που εστιάζουν στην ερημοποίηση. Αυτό θα απαιτήσει την συνεχή έρευνα για την ανάπτυξη των κατάλληλων πληροφοριών. Για παράδειγμα, η Ευρωπαϊκή έρευνα μέχρι σήμερα έχει επικεντρωθεί περισσότερο στη βόρεια Μεσόγειο παρά στη νότια Μεσόγειο και τη Μέση Ανατολή (αν και μια παμμεσογειακή εκτίμηση της αλλαγής κλίματος διεξάγεται στο πρόγραμμα CIRCE της ΕΕ). Η έρευνα μέχρι σήμερα εστιάζεται στη θερμοκρασία και τη βροχόπτωση, ενώ οι μελέτες ερημοποίησης χρειάζονται επιπρόσθετες πληροφορίες για μεταβλητές όπως ο άνεμος, η εξάτμιση και η εδαφική υγρασία. Πρόσφατες μελέτες συστημάτων RCM δείχνουν τη δυναμική σημασία της εδαφικής υγρασίας στην εμφάνιση ακραίων τιμών θερμοκρασίας. Αυτές οι σχέσεις και οι παράγοντες που σχετίζονται με τις αλλαγές στις χρήσεις γης

χαρακτηρίζονται ως πολύ σημαντικές για την ερμηνεία και καταδεικνύουν την ανάγκη για συνεχείς βελτιώσεις σε υψηλής ανάλυσης μοντελοποιήσεις του κλίματος.



Εικόνα 21: Δασική πυρκαγιά στην Ελλάδα. (πηγή: Fotolia <http://en.fotolia.com>).

ΠΗΓΕΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

14

ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΟΥΜΕΝΑ ΕΥΡΩΠΑΪΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

MICE, PRUDENCE, STARDEX

These three Framework Programme V projects ran from 2002-2005, addressing climate change and extreme events in Europe.

MICE (Modelling the Impact of Climate Extremes) focused on climate change impacts. A twenty-page summary report can be downloaded from the project website:

<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/projects/mice/>

PRUDENCE (Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining European Climate change risks and Effects) focused on dynamical downscaling (RCM simulations) and impacts. The web site provides access to the final technical report as well as the RCM data archives: <http://prudence.dmi.dk/>. The May

2007 special issue of *Climatic Change* comprises an overview from the guest editors together with 20 scientific papers on PRUDENCE.

STARDEX (STATistical and Regional dynamical Downscaling of EXtremes for European regions) undertook a rigorous inter-comparison of different statistical downscaling methods and also compared statistical and dynamical approaches. The web site provides access to a twenty-page summary report as well as to more detailed reports, software for calculating indices of extremes and guidance for developers and users of statistical downscaling: <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/projects/stardex/>

ENSEMBLES

This project on ENSEMBLE based predictions of climate changes and their impacts is an ambitious and large integrated project in the 6th Framework Programme, running from 2004-2009. A major aim is to quantify the uncertainty in long-term projections of climate change. Information about all ENSEMBLES activities is available on the main web page - <http://www.ensembles-eu.org/> - while the ENSEMBLES regional scenarios web portal provides briefing material for developers and users of regional climate information, together with links to relevant datasets and tools, including the ENSEMBLES web-based statistical downscaling service and GCM/RCM data archives.

CIRCE

This 6th Framework Programme integrated project started in April 2007 and focuses on Climate Change Impact Research: the Mediterranean Environment - <http://www.circeproject.eu/> - encompassing both the Southern and Northern Mediterranean as well as Middle Eastern case-study regions.

CLIMATE CHANGE ADAPTATION

ADAM: ADaptation And Mitigation strategies: Supporting European climate policy <http://www.adamproject.eu/>

PESETA: Projection of Economic impacts of climate change in Sectors of the European Union based on bottom-up Analysis <http://peseta.jrc.es/>

CEC Green paper on Adapting to Climate Change in Europe – Options for EU Action

http://ec.europa.eu/environment/climat/adaptation/index_en.htm

MEDITERRANEAN DESERTIFICATION

The MEDALUS projects on Mediterranean Desertification and Land Use: 1991-1999 - <http://www.medalus.demon.co.uk/>

DeSurvey: A Surveillance System for Assessing and Monitoring of Desertification, 2005-2010 - <http://www.desurvey.net/>



Εικόνα 22: Γη με ρωγμές. (πηγή: Fotolia <http://en.fotolia.com>).

Η ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ (IPCC)

The Fourth Assessment Report from the Intergovernmental Panel on Climate Change - <http://www.ipcc.ch/> - provides the most authoritative and up-to-date review of climate change science and policy issues. The two most relevant chapters for this booklet cover regional climate projections and European impacts respectively:

Christensen, J.H., Hewitson, B., Buisoni, A., Chen, A., Gao, X., Held, I., Jones, R., Kolli, R.K., Kwon, W.-T., Laprise, R., Magaña Rueda, V., Mearns, L., Menéndez, C.G., Räisänen, J., Rinke, A., Sarr, A. and Whetton, P., 2007: Regional Climate Projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. and Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Alcamo, J., Moreno, J.M., Novláky, B., Bindi, M., Corobov, R., Devoy, R.J.N., Giannakopoulos, C., Martin, E., Olesen, J.E. and Svidenko, A., 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*, Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. and Hanson, C.E., Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 541-580.

The IPCC also maintains climate model data archives: <http://www.ipcc-data.org/> and http://www-pcmdi.llnl.gov/ipcc/about_ipcc.php.

ΕΘΝΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

Portugal

Climate change in Portugal. Scenarios, impacts and adaptation measures <http://www.siam.fc.ul.pt/SIAMExecutiveSummary.pdf>

The SIAM project <http://www.siam.fc.ul.pt/email.php>

Spain

Preliminary Assessments of the Impacts in Spain due to the Effects of Climate Change http://www.mma.es/portal/secciones/cambio_climat/ico/areas_tematicas/impactos_cc/eval_pre_imp_esp_cc.htm

Oficina Española del Cambio Climático http://www.mma.es/portal/secciones/cambio_climat/ico/contacto.htm Evaluación de los Impactos del Cambio Climático en España <http://ecce.uclm.es/>

United Kingdom

UK Climate Impacts Programme <http://www.ukcip.org.uk/>
UK 21st Century Climate Scenarios - UKCIP08 http://www.ukcip.org.uk/index.php?option=com_content&task=view&id=163&Itemid=293

ΔΙΑΦΟΡΑ

European Environment Agency, 2004: *Impacts of Europe's Changing Climate. An indicator-based assessment*. EEA Report No 2/2004, 107pp. Office of Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Giannakopoulos, C., Bindi, M., Moriondo, M., LeSager, P. and Tin, T., 2005: *Climate Change Impacts in the Mediterranean Resulting from a 2°C Global Temperature Rise*, A report for WWF. http://www.panda.org/about_wwf/where_we_work/europe/what_we_do/mediterranean/publications/index.cfm?uNewsID=21632

Giorgi, F. and Lionello, P., 2008: Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change*, Special issue on Mediterranean climate variability, in press.

Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P. and Boscolo, R. (eds.), 2006: *Mediterranean Climate Variability*, Developments in Earth and Environmental Sciences, 4., Elsevier, 421pp.

Palutikof, J.P., Goodess, C.M., Watkins, S.J. and Holt, T., 2002: Generating rainfall and temperature scenarios at multiple sites: Examples from the Mediterranean. *Journal of Climate*, **15**, 3529-3548.

MedCLIVAR – Mediterranean CLimate VARIability - <http://www.medclivar.eu/>