

**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
ΑΠΟ ΕΡΓΑ
ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ**

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

1ο ΕΘΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΤΗΣ ΕΕΔΥΠ

18 – 20 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 1992

**ΔΙΟΡΓΑΝΩΣΗ: ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ – ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
Ε. Μ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ**

ΕΓΓΙΜΕΛΕΙΑ: Σ. ΚΑΪΜΑΚΗ

ΑΘΗΝΑ 1992

Κοινωνικές Επιπτώσεις Κλιματικής Αλλαγής

Διονυσία Παναγούλια

Επιστημονική Συνεργάτιδα Ε. Μ. Πολυτεχνείου

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.

Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών & Θαλάσσιων Εργων

Περίληψη Περιγράφονται μερικά από τα σπουδαιότερα κοινωνικά προβλήματα που προέκυψαν από τις αλλαγές στο μέγεθος και το χρονισμό των υδρολογικών διαδικασιών λεκάνης που εντοπίστηκαν σε πρόσφατες μελέτες. Τα προβλήματα αυτά αφορούν αλλαγές στη γεωργική παραγωγή, την πιθανότητα πλημμυρών και ξηρασιών, τη διαθεσιμότητα νερού και κόστος αυτού, την παγκόσμια οικονομία και συμπεριφορά. Εξετάζονται ποιοτικά οι υδρολογικές επιπτώσεις και η ανθρώπινη ευημερία σε σχέση με τα προβλήματα χρονισμού, αβεβαιότητας και προσαρμογής στις κλιματικές αλλαγές. Αναλύονται (ποιοτικά) οι επιπτώσεις στους υδατικούς πόρους περιλαμβάνοντας τα διάφορα συστήματα αυτών, τις πλημμύρες και ξηρασίες, τις συγκεντρώσεις μολυντών και τα υδατικά οικοσυστήματα. Ακόμη, γίνεται αναφορά στις επιπτώσεις στη γεωργία και τοποθετείται το πρόβλημα των κερδισμένων και των ζημιωμένων από τις επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής.

Λέξεις Κλειδιά. Κλιματική αλλαγή, κοινωνικές επιπτώσεις, διαθεσιμότητα νερού, γεωργική παραγωγή, πλημμύρες και ξηρασίες, συγκέντρωση μολυντών, υδατικά οικοσυστήματα.

Societal Impacts of Climate Change

Abstract This paper outlines some of the most significant social problems which occur from changes in size and timing of catchment hydrologic processes that were ascertained in recent studies. These problems relate to changes in agriculture production, the possibility of floods and droughts, the water availability and water cost, as well as the global economy and behaviour. In detail, the hydrologic impacts and human well-being in relation to the problems of timing, uncertainty and adaptation of climate change, are examined quality-wise. Also, water resources impacts are analysed quality-wise, including the water resource systems, floods and droughts, the pollutant concentration and aquatic ecosystems. Furthermore, the consequences in agriculture and the problem of Winners and Losers from the climate change consequences is posed.

Key words. Climate change, societal impacts, water availability, agriculture production floods and droughts, pollutant concentration, aquatic ecosystems.

1. Εισαγωγή

Πρόσφατες μελέτες για την κλιματική αλλαγή έχουν αφενός αυξήσει τις γνώσεις μας, αφετέρου βελτιώσει την αντίληψή μας όσον αφορά τη φύση των αλλαγών στο υδρολογικό καθεστώς ορεινής λεκάνης απορροής (Παναγούλια 1990, 1991γ, 1992). Διαπιστώθηκαν σημαντικές αλλαγές στο χρονισμό, το μέγεθος και τις ενδοετήσιες κατανομές της αποθήκευσης χιονιού, απορροής, πραγματικής εξατμισοδιαπνοής και εδαφικής υγρασίας για ένα μεγάλο εύρος πιθανών κλιματικών μεταβολών (υποθετικά και Goddard Institute for Space Studies σενάρια).

Θεωρείται απίθανο οι αλλαγές αυτές να οδηγήσουν από μόνες τους σε μέγιστες κυβερνητικές αποκρίσεις. Αυτό που απαιτείται για να δημιουργηθούν όντως κυβερνητικές απαντήσεις είναι να ερμηνεύσουμε τις αλλαγές στην αποθήκευση χιονιού, απορροή, εξατμισοδιαπνοή και εδαφική υγρασία σε μέτρα επιπτώσεων πάνω σε δημόσια αγαθά και υπηρεσίες, όπως είναι οι αλλαγές στη γεωργική παραγωγή, την πιθανότητα πλημμυρών και ξηρασιών, τη διαθεσιμότητα νερού και κόστος αυτού, την παγκόσμια οικονομία και ισορροπία κοκ.

Στο άρθρο αυτό αποπειρώμαστε μια σκιαγράφηση μερικών από τα σπουδαιότερα κοινωνικά προβλήματα που εγείρονται από τις αλλαγές στο χρονισμό και το μέγεθος των υδρολογικών διαδικασιών λεκάνης όπως εντοπίσαμε στις μέχρι τώρα μελέτες μας (Παναγούλια 1990, 1991γ, 1992). Οι εκτιμήσεις των επιπτώσεων πάνω στα διάφορα υδρολογικά μεγέθη και τις εποχιακές κατανομές τους είναι εξαιρετικά σημαντικές. Χωρίς αυτές, η μαρτυρία που απαιτείται για να προκαλέσει εγκαίρως κοινωνικές αντιδράσεις στις δυνάμεις που διέπουν τις κλιματικές αλλαγές θα ήταν ή ελλιπής, ή μη πειστική.

Κάθε ένα από τα θέματα που σχολιάζονται χρειάζεται εκτενή μελέτη, ιδιαίτερη προσοχή, και επισταμένη έρευνα. Θα μπορούσε άλλωστε να αποτελέσει αντικείμενο πλήρους διατριβής, ενώ εδώ -όπως είναι φυσικό- δεν περιγράφεται επαρκώς. Ωστόσο, θέτουμε τις περιοχές μέγιστου ενδιαφέροντος και υποδεικνύουμε τις τεχνικές οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πληρέστερη μελέτη τους. Οι κοινωνικές επιπτώσεις, στο άρθρο αυτό, αναλύονται ποιοτικά και έχουν περιγραφικό χαρακτήρα.

2. Υδρολογικές Επιπτώσεις και Ανθρώπινη Ευημερία

Ενας μεγάλος αριθμός από προβλήματα και ερωτήματα εγείρεται για κάθε διαφορετική μορφή υδρολογικής επίδρασης που μπορεί να προέλθει από τις κλιματικές αλλαγές.

- Ποιές είναι όμως οι χρονικές κλίμακες των υδρολογικών επιπτώσεων περιλαμβάνοντας τη διάρκεια και την ταχύτητα εξάπλωσής τους καθώς και την ταχύτητα των αποκρίσεων που είναι απαραίτητη για να βελτιώσουμε τις αρνητικές επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών;
- Ποιές είναι οι φυσικές κλίμακες των εν λόγω επιπτώσεων;
- Πόσο αβέβαιες είναι οι επιπτώσεις, και είναι δυνατόν οι αβεβαιότητες αυτές να αποτελέσουν ανασταλτικό παράγοντα για κάθε ενεργοποίηση;
- Είναι η προσαρμογή στις επιπτώσεις μια αιτιολογημένη ή αποτελεσματική απόκριση, και πώς η εμπιστοσύνη στην προσαρμογή επιδρά σε άλλες μορφές απόκρισης; Πόση εξάπλωση έχουν οι επιπτώσεις;
- Υπάρχουν περαιτέρω κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις που πρέπει να ανιχνευθούν;

Οι ερωτήσεις αυτές χρειάζονται απάντηση πριν εκτιμηθούν, λεπτομερώς, οι κοινωνικές επιπτώσεις.

2.1. Χρονισμός Κλιματικών Αλλαγών

Ο χρονισμός των φυσικών κλιματικών αλλαγών, η ταχύτητα με την οποία οι αλλαγές συμβαίνουν, η ταχύτητα με την οποία οι κοινωνικές επιδράσεις αναπτύσσονται και ο χρόνος που απαιτείται ώστε οι κοινωνικές ομάδες να προσαρμοστούν ή να αντιδράσουν, είναι σημαντικές παράμετροι των κλιματικών επιπτώσεων.

Βέβαιες αλλαγές στο παγκόσμιο κλίμα ίσως να μην ανιχνευθούν για μία ακόμη δεκαετία, αν και η διάκριση του σήματος της βαθμιαίας αλλαγής από το θόρυβο της φυσικής κλιματικής μεταβλητότητας έχει ήδη αρχίσει. Μερικές αλλαγές μπορεί να είναι απότομες και καταστροφικές προκαλώντας, για παράδειγμα, άμεση ανύψωση της στάθμης της θάλασσας γύρω στα 5m (Schneider & Chen 1980, Hughes et al. 1980, US. Environmental Protection Agency 1983, Thomas 1984). Αν όμως οι αλλαγές είναι βαθμιαίες θα υπάρξει περισσότερος διαθέσιμος χρόνος για να εκτιμήσουμε μελλοντικές επιδράσεις και να μελετήσουμε κατάλληλες

αποκρίσεις.

Αν ενδιαφερόμαστε για την εκτίμηση κοινωνικών επιπτώσεων λόγω αλλαγών στους υδατικούς πόρους, πρέπει επίσης να διερωτόμαστε πως η χρήση των υδατικών πόρων και οι πρακτικές διαχείρισής τους μπορούν να αλλάξουν με το χρόνο. Οι αλλαγές στις τεχνικές υδατικής διαχείρισης τα τελευταία 50 χρόνια είναι τεράστιες. Μελλοντικές αλλαγές στις τεχνικές άρδευσης, επεξεργασίας αποβλήτων και επαναχρησιμοποίησης του νερού, καθώς και αλλαγές στο σχεδιασμό και τη λειτουργία των συστημάτων αποθήκευσης υπόσχονται να περιπλέξουν κάθε πρόβλεψη που έχει γίνει μέχρι σήμερα γύρω από τις επιπτώσεις των μελλοντικών κλιματικών αλλαγών.

Επίσης, άλλες αλλαγές σε παγκόσμιους ή τοπικούς, κοινωνικούς, οικονομικούς και πολιτικούς παράγοντες είναι δυνατόν να περιπλέξουν τις εκτιμήσεις των επιπτώσεων. Ίσως η μεγαλύτερη και μοναδική περιπλοκή να αφορά τη μεγάλη αύξηση της παγκόσμιας μόλυνσης και τις συνακόλουθες κοινωνικές, πολιτικές και περιβαλλοντικές πιέσεις.

Μεταξύ των προβλημάτων που ίσως επιδεινώνουν τις επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών στους υδατικούς πόρους είναι η δυσκαμψία κίνησης των μεγαλύτερων πληθυσμών, η αυξημένη μόλυνση και ζήτηση για τοπική υδατική χρήση. Οι αλλαγές στα πολιτικά συστήματα (πχ πρώην ΕΣΣΔ), η δομή του παγκόσμιου εμπορίου και άλλοι κοινωνικο-οικονομικοί παράγοντες θα μπορούσαν να έχουν σημαντική συνεισφορά στους τρόπους με τους οποίους είναι δυνατόν να επέλθει μείωση στις επιδράσεις των υδατικών πόρων.

2.2. Αβεβαιότητες Κλιματικών Αλλαγών

Στο πεδίο του κλίματος και των κλιματικών αλλαγών επικρατούν αβεβαιότητες τόσο λόγω της φύσης τους, όσο και λόγω του μεγάλου εύρους των κοινωνικο-οικονομικών και κυβερνητικών αποκρίσεων. Οι αβεβαιότητες εξυπηρετούν ένα σκοπό, μας προειδοποιούν γύρω από την ελλειπή αντίληψη του προβλήματος ή τις αδυναμίες της χρησιμοποιούμενης μεθοδολογίας. Όμως οι αβεβαιότητες μπορεί να αποτελέσουν ανασταλτικό παράγοντα σε ενδεχόμενη δράση.

Ενώ η ανεπαρκής πληροφορία όσον αφορά τη φύση των κλιματικών αλλαγών, την πιθανότητα και τις επιπτώσεις των επιδράσεων των αλλαγών αυτών είναι ένα επίμονο πρόβλημα, αυτό δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί ως δικαιολογία για να αποφύγουμε είτε να εκτιμήσουμε τις πιθανές επιπτώσεις είτε να προσδιορίσουμε τρόπους μείωσής τους. Αντίθετα, η αβεβαιότητα είναι δυνατόν να κατευθύνει σε μελλοντική έρευνα και αντίστοιχες κυβερνητικές αποκρίσεις. Η καθυστέρηση κάθε δράσης μέχρι να επιλυθούν όλες οι αβεβαιότητες κρίνεται επικίνδυνη καθόσον η εκτίμηση όλων των αβεβαιοτήτων είναι ανέφικτη.

2.3. Προσαρμογή στις Κλιματικές Αλλαγές

Μία από τις δυσκολίες στον προσδιορισμό της έκτασης των επιπτώσεων των μελλοντικών αλλαγών είναι η διαφορετική ικανότητα των κοινωνιών να προσαρμόζονται σε αλλαγές. Μερικές κοινωνίες δείχνουν μεγάλη προσαρμοστικότητα σε μικρότερες ή μεγαλύτερες πιέσεις, ενώ άλλες κοινωνίες αποτυγχάνουν να προσαρμόζονται πλήρως. Η σύγχρονη κοινωνία θα μπορούσε να προσαρμοστεί καλύτερα από τις παλαιές, όταν η ιστορία μαρτυρεί ότι μερικές από αυτές απέτυχαν να προσαρμοστούν στις αλλαγές κλίματος;

Το ύψος της κλιματικής πίεσης που θα αναμενόταν από ανθρωπογενείς αλλαγές στην αέρια σύνθεση της ατμόσφαιρας πιθανόν να ήταν μεγαλύτερο από τις πιέσεις που έχουμε δοκιμάσει στο παρελθόν από τη φυσική κλιματική μεταβλητότητα. Υπάρχουν όρια στην ικανότητα της κοινωνίας να απορροφήσει κλιματικές πιέσεις; Είναι δυνατόν οι ανθρωπογενείς αλλαγές να υπερβούν τα όρια αυτά; Τα ερωτήματα αυτά χρειάζονται απάντηση.

Πολλά παραδείγματα δίνει η γεωργία όσον αφορά την προσαρμογή και τα όρια της. Πιθανές προσαρμοσμένες γεωργικές αποκρίσεις σε μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες περιλαμβάνουν μεταβαλλόμενα είδη καλλιεργειών με εφαρμογή τεχνολογικών νεωτερισμών (όσον αφορά μεθόδους φύτευσης, λίπανσης και άρδευσης) και αλλαγή στις τοποθεσίες των καλλιεργειών και στην κατανομή των περιοχών ανάπτυξής τους.

Η αιτιόδοξη τεχνοκρατική άποψη υποστηρίζει ότι η ευελιξία της γεωργίας θα επιτρέψει εύκολη προσαρμογή στις περιβαλλοντικές αλλαγές που προβλέπεται να συμβούν από την ανθρωπογενή κλιματική αλλαγή τον επόμενο αιώνα, και ότι οι δυσμενείς επιπτώσεις θα αντισταθμιστούν από τις θετικές βιολογικές επιπτώσεις της αυξανόμενης συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα (Wittwer 1982). Αλλά, παρά τις σημαντικές αλλαγές και προσαρμογές των αγροτικών συστημάτων το τελευταίο ήμισυ του τρέχοντος αιώνα, γείρονται

μερικά ερωτήματα γύρω από την ευαλωσιμότητα της γεωργίας στις ανθρωπογενείς κλιματικές αλλαγές, όπως:

- Οι τεχνολογικές βελτιώσεις συχνά επεκτείνονται στη γεωργική παραγωγή σε ημιπεριορισμένες περιοχές αυξάνοντας έτσι την ευαλωσιμότητα των καλλιεργειών σε ακραίες κλιματικές συνθήκες.
- Οι κλιματικές αλλαγές μπορεί να αυξάνουν την ευαλωσιμότητα των καλλιεργειών σε βλάβες εντόμων και ασθένειες.
- Η πρόσφατη ανάπτυξη διαφόρων ειδών καλλιεργειών, που μεγιστοποιούν την παραγωγή τους μέσα σε μικρό διάστημα καιρικών συνθηκών, μπορεί να δώσει μειωμένες εσοδείες όταν οι συνθήκες διακυμαίνονται έξω από το βέλτιστο εύρος (Bach et al. 1981, Ingram et al 1981, Cooper 1982).

Ερωτήσεις υπάρχουν και σχετικά με τη διαθεσιμότητα της πληροφορίας γύρω από τη φύση των κλιματικών αλλαγών, την αξιοπιστία της και την ικανότητα και προθυμία των γεωργών να αντιδράσουν σε τέτοια πληροφορία. Μέρος της ικανότητας ή του ενδιαφέροντος των κοινωνιών για προσαρμογή εναπόκειται στην κατανόηση της φύσης και του μεγέθους των κλιματικών αλλαγών και των πιθανών επιπτώσεών τους. Πληροφορίες για μια υποθετική αλλαγή στο μέλλον πρέπει να πείσει τους αγρότες ή άλλες κατηγορίες της κοινωνίας έτσι ώστε να ξεκινήσουν ουσιαστικές ενέργειες προσαρμογής.

Με βάση τις ερωτήσεις που τέθηκαν παραπάνω σχετικά με το χρονισμό και την κατανομή των πιθανών κλιματικών αλλαγών και την ικανότητα της κοινωνίας για προσαρμογή, η συνέχεια σκιαγραφεί μερικές από τις πιθανότερες κοινωνικές επιπτώσεις που μπορούν να δημιουργηθούν από τις υδρολογικές αλλαγές.

3. Επιπτώσεις στους Υδατικούς Πόρους

Σημαντικές αυξήσεις στη ζήτηση του πόσιμου νερού αναμένονται την επόμενη εικοσαετία (Barney 1980), ενώ σε πολλές περιοχές της υψίλειου οι πόροι πόσιμου νερού έχουν ήδη μειωθεί. Η διαχείριση των πόρων αυτών κάτω από συνθήκες αλλαγής κλίματος είναι δυνατόν να αμφισβητηθεί. Οι μέγιστες αλλαγές στις υδρολογικές μεταβλητές της λεκάνης απορροής (αποθήκευση χιονιού, απορροή, εξατμισοδιαπνοή και εδαφική υγρασία), λόγω της αλλαγής κλίματος, θα απαιτήσουν αλλαγές στο σχεδιασμό και λειτουργία των συστημάτων διαχείρισης του νερού (Παναγούλια 1986). Δυναμικές αλλαγές στη χορήγηση και μεταφορά των υδατικών παροχών πείθουν για αυξημένα μέτρα διατήρησης του νερού και προκαλούν αλλαγές στις πολιτικές πώλησής του. Πολλά από τα θέματα αυτά σχολιάζονται παρακάτω.

3.1. Συστήματα Υδατικών Πόρων

Η διαχείριση υδατικών πόρων εξαρτάται από την υδρολογική συμπεριφορά της περιοχής και το σχεδιασμό και λειτουργία των συστημάτων υδατικών πόρων της. Πυρήνες των συστημάτων αυτών είναι ο ταμιευτήρας αποθήκευσης. Οι ταμιευτήρες αποθηκεύουν επί μακρόν το νερό και ρυθμίζουν την άνιση κατανομή εισροών και εκροών έτσι ώστε να παρέχουν μερικά μέτρα αντίστασης στις ξηρασίες, ελευθερώνοντας κατά τις ξηρές περιόδους νερό που ήταν αποθηκευμένο κατά τη διάρκεια μέσων ή υγρών περιόδων.

Μέχρι και σήμερα ο σχεδιασμός των νέων ταμιευτήρων και των συστημάτων διανομής του νερού βασίζεται στην παραδοχή ότι το κλίμα θα είναι μόνιμο κατά τη διάρκεια της ζωής των σχεδιαζόμενων συστημάτων (Παναγούλια 1991γ). Ωστόσο, λόγω των σημερινών αβεβαιοτήτων γύρω από τις μελλοντικές κλιματικές συνθήκες, η παραδοχή αυτή είναι δυνατόν να οδηγήσει σε λάθη για το κατάλληλο επίπεδο αξιοποίησης υδατικών πόρων. Λάθη που κοστίζουν εκατομμύρια (χρηματικές μονάδες) σε υπερκατασκευές, χωρίς να συμφηφίζουμε τα επακόλουθα όσον αφορά γεωργία, βιομηχανική ανάπτυξη και αστική ύδρευση.

Σχετικά με την επίδραση στη μελλοντική υδατική αξιοποίηση, οι κλιματικές αλλαγές θα μπορούσαν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην αξιοπιστία και λειτουργία των υπαρχουσών διευκολύνσεων (Παναγούλια 1991α,β). Αλλαγές στις μηνιαίες και εποχιακές κατανομές της απορροής είναι δυνατόν να επιφέρουν μεταβολές στο μέγεθος και το χρονισμό των εισροών συστήματος ταμιευτήρα και ακόμη αλλαγές στο καθεστώς λειτουργίας των κατάντη εκροών του.

Το σημαντικότερο αναπάντητο ερώτημα σχετικά με αλλαγές στο κλίμα και το σχεδιασμό και λειτουργία συστημάτων αποθήκευσης είναι εάν ή όχι τα συστήματα που έχουν μελετηθεί για εξειδικευμένα υδρολογικά χαρακτηριστικά λεκάνης θα είναι προσαρμόσιμα στα νέα υδρο-

λογικά χαρακτηριστικά με αλλαγές μόνο στη λειτουργία του συστήματος. Αν οι αλλαγές αυτές είναι ανεπαρκείς να χειριστούν τα χαρακτηριστικά της νέας απορροής, τότε είναι απαραίτητες μακροπρόθεσμες αλλαγές στο σχεδιασμό των συστημάτων υδατικών πόρων. Αν κατορθώσουμε και προσδιορίσουμε επαρκώς την ανάγκη για τέτοιες αλλαγές σχεδιασμού, που θα επέτρεπαν την εκ των προτέρων ανάπτυξη και χρηματοδότηση μελετών, αυτό ίσως αποτελούσε το δυσκολότερο πρόβλημα που θα όφειλαν να αντιμετωπίσουν οι μελετητές μηχανικοί συστημάτων υδατικών πόρων.

3.2. Πλημμύρες και Ξηρασίες

Μεταξύ των ερωτήσεων που πρέπει να εγερθούν όταν προσδοκούνται μέγιστες αλλαγές στην απορροή είναι εάν ή όχι τέτοιες αλλαγές θα προκαλέσουν αλλαγή στη συχνότητα ή τη δριμύτητα των πλημμυρών και ξηρασιών. Κάθε αύξηση ή μείωση στη συχνότητα ή τη δριμύτητα των πλημμυρών και ξηρασιών θα ήταν ιδιαίτερα σημαντική λόγω του υψηλού κοινωνικού κόστους στις καταστροφές αυτές.

Υπάρχουν πολλοί ορισμοί πλημμύρας και ξηρασίας, κανένας όμως δεν επαρκεί πλήρως για όλους τους σκοπούς. Αυτό που κανείς θεωρεί ξηρασία ή πλημμύρα εξαρτάται από το αντικείμενο του μελετητή, το οποίο μπορεί να ανήκει στον οικονομικό, υδρολογικό, γεωγραφικό, γεωργικό ή βιομηχανικό τομέα, ή και ακόμη μπορεί να αφορά παραγωγή ενέργειας, οικιστική υδροδότηση, ναυσιπλοία, αναψυχή κτλ.

Ενας γενικός ορισμός της ξηρασίας, που ανταποκρίνεται στους σκοπούς της δικής μας μελέτης, είναι η εξάπλωση ενός σημαντικού υδατικού ελλείμματος στο χώρο και το χρόνο, όπου ο όρος "σημαντικός" υπονοεί ότι οι οικονομικές, κοινωνικές ή περιβαλλοντικές επιπτώσεις ξηρασίας είναι επιζήμιες για την ανθρωπότητα (Sadeghipour & Dracup 1982, Yenjevich et al. 1983).

Ενας άλλος κατάλληλος ορισμός ξηρασίας αναφέρεται στην περίοδο κατά την οποία οι παροχές είναι ανεπαρκείς για να ικανοποιήσουν τις καθιερωμένες χρήσεις κάτω από δεδομένο σύστημα αξιοποίησης υδατικών πόρων (Dracup & Painter 1979, Linsley et al. 1982). Με το ίδιο πνεύμα, οι πλημμύρες είναι βραχυπρόθεσμα πλεονάσματα νερού που υπερβαίνουν τις ικανότητες ελέγχου των συστημάτων διαχείρισής του.

Πολλοί παράγοντες είναι υπεύθυνοι για την πρόκληση ή την επιδείνωση πλημμυρών και ξηρασιών και η ανάπτυξη τους υπερβαίνει τα όρια του άρθρου αυτού. Ενώ οι αλλαγές στο χρονισμό και την κατανομή της απορροής συνεισφέρουν σημαντικά στις πλημμύρες και ξηρασίες, είναι αδύνατον να καταλήξουμε σε οριστικά συμπεράσματα όσον αφορά τον ρόλο των κλιματικών αλλαγών χωρίς να προβούμε σε κατάλληλη υδρολογική εκτίμηση των πολλών μεταβλητών που αναμειγνύονται, όπως είναι η λειτουργία ταμιευτήρα, τα εξειδικευμένα υδρολογικά χαρακτηριστικά λεκάνης, η προηγούμενη απορροή, η εδαφική υγρασία, οι συνθήκες κατακρήμνισης, κοκ.

Παρόλα αυτά, μπορούν να γίνουν βέβαιες γενικές παρατηρήσεις γύρω από πιθανές αλλαγές στις συνθήκες πλημμυρών και ξηρασιών κάτω από ευλογοφανείς κλιματικές συνθήκες στο μέλλον. Τα αποτελέσματα από τα σενάρια κλιματικής αλλαγής, που αναλύθηκαν (Παναγούλια 1990), δείχνουν ότι στη λεκάνη της Μεσοχώρας, η αιχμή της μηνιαίας απορροής για το μέσο έτος είναι δυνατόν να μετατοπιστεί από τον Απρίλιο στον Ιανουάριο, Φεβρουάριο ή Δεκέμβριο, και ότι η αιχμή της μέσης μηνιαίας απορροής κατά τους χειμερινούς μήνες θα μπορούσε επίσης να αυξηθεί κατά μέγιστο ποσοστό 57% για τα υποθετικά σενάρια κλιματικής αλλαγής (Παναγούλια 1991γ), και 35% για τα σενάρια GISS.

Αυτές οι αλλαγές δείχνουν μια αυξημένη πιθανότητα επισύμβασης πλημμύρας το χειμώνα στη λεκάνη, αν και ερωτήματα γύρω από πιθανές τροποποιήσεις στα καθεστώτα λειτουργίας αυτών των διευκολύνσεων και πιθανές αλλαγές στον προγραμματισμό αποθήκευσης και εκροής του νερού πρέπει να εξεταστούν. Αντίστοιχα οι συχνότητες και η δριμύτητα ξηρασίας πρέπει να αναλυθούν για τα δεδομένα που έχουν παραχθεί (Παναγούλια 1990) εφαρμόζοντας τυπικές υδρολογικές τεχνικές.

Οι επιπτώσεις ξηρασιών και πλημμυρών περιλαμβάνουν αλλαγές στην υδροηλεκτρική παραγωγή, τους υπόγειους υδατικούς πόρους, τη γεωργία και τη μορφολογία λεκάνης και ποταμών (αλλαγές στη διάβρωση, τη στερεοπαροχή, εναπόθεση φερτών υλικών, τις διαστάσεις ποταμών κλπ).

3.3. Άλλες Μορφές Υδατικών Πόρων

Οι αλλαγές στη διαθεσιμότητα υδατικών πόρων είναι δυνατόν να έχουν πολύ περισσότε-

ρες επιπτώσεις στα κοινωνικά και περιβαλλοντικά αγαθά και υπηρεσίες από εκείνες που περιγράφηκαν παραπάνω. Αναφέρουμε μερικές από αυτές:

Ιχθυοτροφεία. Η ιστορία αποτελεί αδιάψευστο μάρτυρα ότι συστήματα άρδευσης, ταμειυτήρες και εκτροπές υδατικής παροχής έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στα ιχθυοτροφεία. Μειωμένες ροές πόσιμου νερού ή μέγιστες αλλαγές στο χρονισμό αυτών των ροών, όπως αυτές που έχουν διαπιστωθεί (Παναγούλια 1990), είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε αυξημένες ζητήσεις άρδευσης, αλλαγές στη διαχείριση των υδατικών συστημάτων και τροποποιήσεις των εγκαταστάσεων παραγωγής ρεύματος. Αυτές οι αποκρίσεις, στη συνέχεια, μπορούν να επιδράσουν στα ιχθυοτροφεία επιδεινώνοντας τα υπάρχοντα προβλήματα και προκαλώντας καινούργια.

Αναλυτικές μελέτες για τις επιπτώσεις στην ιχθυοκαλλιέργεια από πιθανές αλλαγές στην τοπική υδρολογία που προκλήθηκαν από αλλαγές κλίματος θα ήταν πολύτιμες για δύο λόγους, πρώτον, γιατί θα βοηθούσαν στην έρευνα της υπάρχουσας κλιματικής μεταβλητότητας και δεύτερον, γιατί θα ήταν χρήσιμες για τις αναμενόμενες κλιματικές αλλαγές.

Αλλαγές στις ελάχιστες ροές κατά τους ξηρούς μήνες και κατά τα έτη χαμηλής ροής έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Οι αλλαγές στο χρονισμό της απορροής από καλοκαίρι σε χειμώνα, όπως αυτές που έχουν διαπιστωθεί, είναι δυνατόν να επιδεινώσουν τα προβλήματα ποιότητας και ποσότητας του νερού, ενώ οι αυξήσεις θερμοκρασίας θα μπορούσαν να επωξηθούν τα προβλήματα αυτά τη χρονική στιγμή που είναι ήδη έντονα. Οι επιπτώσεις στη διατροφή και την ωτοκία είναι επίσης σημαντικές. Μειωμένες ροές κατά τις περιόδους των χαμηλών ροών είναι δυνατόν να επηρεάσουν δυσμενώς τη θερμοκρασία και τις συνθήκες αλμυρότητας των παράκτιων ιχθυοτροφείων.

Συγκεντρώσεις μολυντών. Η μειωμένη απορροή (μία από τις επιπτώσεις των σεναρίων κλιματικής αλλαγής που μελετήθηκαν) είναι δυνατόν να μειώσει την ικανότητα των ποταμών να μεταφέρουν φορτία μολυντών. Εκτιμήσεις της ικανότητας μεταφοράς μολυντών μπορεί να γίνει με τα υπάρχοντα για το σκοπό αυτό προσομοιώματα έτσι ώστε να προσδιοριστεί η ευαισθησία των συγκεντρώσεων των μολυντών σε κλιματικές αλλαγές.

Η υπάρχουσα μεθοδολογία είναι επαρκής για το είδος αυτής της έρευνας (Coutant 1981), και δεν απαιτούνται καινούργιες τεχνικές.

Υδατικά Οικοσυστήματα. Αλλαγές στην υδατική παραγωγικότητα, την κατανομή των ειδών, τα χαρακτηριστικά των ιχθυοτροφείων κοκ, είναι οι πιθανές αποκρίσεις στο αυξανόμενο CO₂ και τις αλλαγές των υδατικών πόρων (Coutant 1981). Η εκτίμηση των αποκρίσεων αυτών εξαρτάται από τα μεμονωμένα χαρακτηριστικά των εξειδικευμένων οικοσυστημάτων, την εξειδικευμένη ευαισθησία των ειδών σε θερμοκρασία και αλμυρότητα, τη χημική σύνθεση των ποταμών και λιμνών και από τη φύση των κλιματικών αλλαγών και αυτών των υδατικών πόρων.

4. Επιπτώσεις στη Γεωργία

Περισσότερο από κάθε άλλη δραστηριότητα, η παραγωγή τροφής και φυτικής ίνας, κυβερνώνται από το κλίμα και τον καιρό. Επίσης η αγροτική παραγωγή, που είναι ευάλωτη στην κλιματική αλλαγή, έχει αμφισβητηθεί και συζητηθεί για πολλά χρόνια, καθόσον το κλίμα αποτελεί έναν μόνον παράγοντα μέσα από το πλήθος των αλληλοσυνδεδεμένων φυσικών και κοινωνικών παραγόντων που επηρεάζουν την παραγωγή τροφής. Άλλοι τέτοιοι παράγοντες σχετίζονται με διαφορές στην ποιότητα του εδάφους, τα είδη καλλιέργειας, τη διαθεσιμότητα εργασίας, τις τεχνολογικές εισόδους, τις αγροτικές τεχνικές, και τα κοινωνικά και πολιτικά συστήματα.

Η σχετική σημασία αυτών των παραγόντων στον προσδιορισμό των γεωργικών και συνοδευόμενων κοινωνικών επιπτώσεων των κλιματικών πιέσεων έχει σχολιαστεί ευρέως. Οι απόψεις που διατυπώνονται είναι ότι

- * οι μακροπρόθεσμες τοπικές κλιματικές πιέσεις συνεισφέρουν τα μέγιστα στην ανθρώπινη δυστυχία (Bryson & Murray 1977)
- * οι κλιματικές πιέσεις συνήθως υπερνικούνται από την ανθρώπινη κοινωνία μέσω της προσαρμογής (Biswas 1979)
- * αν και τα κλιματικά ακρότατα και η κλιματική μεταβλητότητα επηρεάζει αναμφίβολα την ευημερία των μεμονωμένων ατόμων σε συγκεκριμένο χρόνο και χώρο, τέτοιες επιπτώσεις είναι, συχνά, περισσότερο συνάρτηση κοινωνικο-πολιτικών και τεχνικών παραγόντων παρά κλιματικών (Giantz 1977).

Οι επιρροές διακυμάνσεις στην παγκόσμια παραγωγή τροφίμων, λόγω των μεταβολών στον καιρό και το κλίμα, είναι της τάξης μερικών ποσοστιαίων μονάδων. Οι τοπικές ξηρασίες είναι ικανές να επηρεάσουν την τιμή της τροφής σε εθνικό επίπεδο, και ίσως και σε παγκόσμιο, εάν η ξηρασία είναι διαρκής (Dracup & Painter 1979). Σε περιορισμένο τοπικό επίπεδο και από έτος σε έτος διακυμάνσεις στην παραγωγή τροφίμων, που προκαλούνται από το μεταβλητό καιρό, μπορεί να φθάσουν το 10% (Bach et al 1981).

Σε οριακά εδάφη η γεωργία είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη σε περιορισμούς θερμοκρασίας και υδατικών πόρων και οι κοινωνίες που εξαρτώνται από μικρό αριθμό καλλιεργειών για εισόδημα ή τροφή ίσως δοκιμάσουν ισχυρές διακυμάνσεις στην παραγωγικότητα. Την περίοδο των ξηρασιών, τα οριακά εδάφη και οι άνθρωποι που κατοικούν σε αυτά είναι οι πρώτοι που θα δεχθούν τα αποτελέσματα των υδατικών ελλείψεων. Ακόμη, σε ξηρές και ημίξηρες περιοχές, στην ουσία, όλο το χρησιμοποιήσιμο επιφανειακό νερό έχει υπάρξει κατάλληλο για άρδευση καλλιεργειών και οι υπόγειες παροχές έχουν συνεισφέρει σημαντικά σε αυτές τις περιοχές.

Οι Ingram κ.α. (1981) και Rosemberg (1982) δίνουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στις οριακές ή γεωργικές περιοχές παγκοσμίως καθότι:

- τέτοιες περιοχές έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να δοκιμαστούν σε μέγιστες ωφέλειες ή απώλειες από σημαντικές κλιματικές αλλαγές και
- οι επιπτώσεις στις οριακές περιοχές είναι περισσότερες αναγνωρίσιμες.

Να αναγνωρίσουμε τις οριακές αγροτικές περιοχές θα ήταν πολύτιμο, όπως εξίσου σημαντικό είναι να γνωρίσουμε την ευαλωσιμότητα του παγκόσμιου αγροτικού συστήματος.

Ποιές είναι τα κύρια σημεία ευαλωσιμότητας της γεωργικής παραγωγής σε αλλαγές υδατικών πόρων και ποιές είναι οι περιοχές που χρειάζονται περισσότερο λεπτομερείς και εκτεταμένες αναλύσεις;

Αλλαγές στη γεωργική παραγωγικότητα, λόγω της αύξησης του CO₂ της ατμόσφαιρας, είναι δυνατόν να προκύψουν από τρεις φυσικούς μηχανισμούς:

- τις άμεσες βιολογικές επιπτώσεις των αυξανόμενων συγκεντρώσεων CO₂,
- τις αλλαγές στις κλιματικές μεταβλητές, όπως είναι η θερμοκρασία και η κατακρήμνιση και τα συνεπακόλουθα αποτελέσματά τους πάνω στη διάρκεια των εποχών των καλλιεργειών
- τις αλλαγές στη διαθεσιμότητα του νερού, είτε άμεσα από αλλαγές στη διαθέσιμη εδαφική υγρασία είτε από αλλαγές στο διαθέσιμο νερό για άρδευση.

Και οι τρεις αυτοί μηχανισμοί αποτελούν αντικείμενο ευρείας έρευνας που ούτε περιγραφικώς αναφέρεται στο άρθρο αυτό.

5. Κερδισμένοι & Ζημιωμένοι

Επιπτώσεις μεγαλύτερης σημασίας από αυτές που προαναφέρθηκαν περιλαμβάνουν επιπτώσεις αλλαγών κλίματος σε ένα μεγάλο εύρος από διεθνή ζητήματα όπως είναι η διεθνή ασφάλεια, οικονομία και το εμπόριο. Ακόμη, παρά την αναπτυσσόμενη αντίληψή μας γύρω από τις αιτίες των κλιματικών αλλαγών εξακολουθούμε να έχουμε περιορισμένη ή καμία κατανόηση γύρω από τις πολιτικές επιπτώσεις που μπορεί να προκύψουν διεθνώς. Αν και η διεθνής οικονομία και πολιτική μπορεί να φαίνεται πολύ απομακρυσμένη από το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής, υπάρχουν πολλές άμεσες και έμμεσες ενδείξεις που καθιστούν το πρόβλημα των διεθνών επιπτώσεων και αποκρίσεων πολύ σημαντικό. Μερικά παραδείγματα υποστηρίζουν ισχυρά τη σπουδαιότητα της κλιματικής μεταβλητότητας και αλλαγής στα διεθνή ενδιαφέροντα και τη διεθνή συμπεριφορά.

Η σύνδεση κλίματος και γεωργίας έχει συζητηθεί παραπάνω (σε συντομία). Για πολλές χώρες η ικανότητα παραγωγής επαρκούς τροφής συχνά αποκτά διεθνείς οικονομικές και πολιτικές αναμίξεις. Πολλές φορές, τα γεωργικά προβλήματα θέτουν σε κίνδυνο την εσωτερική σταθερότητα, την εθνική ασφάλεια και την οικονομική ανάπτυξη (Gustafson 1981). Ο ρόλος του κλίματος στην αλλαγή του διεθνούς εμπορίου γεωργικών προϊόντων δεν είναι πλήρως κατανοητός προς τον παρόν, αλλά το θέμα αξίζει πρόσθετης έρευνας.

Για να κατανοηθούν οι διεθνείς αναμίξεις των μέγιστων αλλαγών στους παγκόσμιους και τοπικούς υδατικούς πόρους απαιτείται τόσο η λεπτομερής αναθεώρηση των παρόντων διεθνών υδατικών θεμάτων και διαμαχών, όσο και η εκτίμηση των σπουδαιότερων σημείων ευαλωσιμότητας της διαθεσιμότητας των υδατικών πόρων. Υπάρχουν αυξανόμενοι αριθμοί πολυεθνικών έργων υδατικών πόρων. Οι σπουδαιότεροι ποταμοί στην Ευρώπη και Αφρική ρέουν μέσω διαφο-

ρετικών χωρών, όπου σημαντικές αλλαγές στους ρυθμούς και όγκους της απορροής και στην ποιότητά του νερού θα μπορούσαν να προκαλέσουν διεθνές ενδιαφέρον και πιθανές διαμάχες.

Τελικά, η αυξανόμενη τάση για την ανάπτυξη μεταλλευτικών και ενεργειακών πόρων σε σκληρά κλιματικά περιβάλλοντα, όπως η Βόρεια Θάλασσα και η Σιβηρία, δείχνουν ότι η κλιματική ευαλωσιμότητα της εξεύρεσης πόρων μπορεί να αυξηθεί. Όμως, κάθε αύξηση στην ευαλωσιμότητα των πόρων θα έχει επιπτώσεις στις διεθνείς οικονομικές και πολιτικές ισορροπίες.

6. Συμπεράσματα

Στο άρθρο αυτό περιγράφηκαν συνοπτικά όλα τα κοινωνικά θέματα που αξίζουν λεπτομερούς έρευνας και εκτίμησης. Το επόμενο βήμα είναι να αρχίσουμε την εκτίμηση της σημασίας των διαφορετικών υδρολογικών επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών, την ανάπτυξη ενδοπειθαρχικών μεθόδων για τον υπολογισμό τέτοιων επιπτώσεων, και την επέκταση της έρευνας του κλίματος, των αλλαγών υδατικών πόρων και της κοινωνικής ευαισθησίας.

7. Βιβλιογραφικές αναφορές

- Bach, W., Prankrath, J., Schneider S.H. (editors), 1981, "Food-Climate Interactions", *D. Reidel Publishing Company*, Holland.
- Barney, G.O., 1980, "The Global 2000 Report to the President of USA: Entering the 21st Century. Pergamon Studies, Pergamon Press, New York.
- Biswas, A.K., Biswas M.R. (editors), 1979, "Food, Climate and Man", *Wiley and Sons*, New York.
- Bryson R.A., Murray T.J., 1977, "Climates of Hunger", The University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin.
- Cooper C.F., 1982, "Food and Fiber in a World of Increasing Carbon Dioxide", In W.C. Clark, *edition Carbon Dioxide Review*: Oxford University Press, New York.
- Coutant C.C., 1981, "Foreseeable Effects of CO₂-Induced Climatic Change: Freshwater Concerns", *Environmental Conservation*, 8(4), pp 285-297.
- Dracup J.A., Painter P.A., 1979, "Drought Planning and Management", *Water Resources Center*, prepared for the Water Policy Conference, Asilomar, California, February 28-March 2.
- Glantz M.H., 1977, "Nine Fallacies of Natural Disaster: The Case of the Sahel", *Climatic Change*, 1, pp 76-89.
- Gustafson T., 1981, *Reform in Soviet Politics*, Cambridge University Press, Cambridge, England.
- Hughes T., Fastook J.L., Denton, G.H., 1980, "Climatic Warming and Collapse of the West Antarctic Ice Sheet" In *Carbon Dioxide and Assessment Program: Workshop on Environmental and Societal Consequences of a Possible CO₂-Induced Climate Change*, U.S. Department of Energy, CONF-7904143, October.
- Ingram M.J., Farmer G., Wigley T.M.L., 1981, "Past Climates and Their Impact on Man: A Review", In Wigley T.M.L., Ingram M.J., G. Farmer editions, *Climate and History: Studies in Past Climates and Their Impact on Man*, Cambridge University Press, Cambridge, England, pp 3-50.
- Linsley R.K., Kohler M.A., Paulhus J.L.H., 1982, *Hydrology for Engineers*, Third Edition, Mc Graw Hill, New York.
- Παναγούλια Δ., 1986, "Επίδραση Κλιματικών Αλλαγών σε Υδατικούς Πόρους και Έργα Αξιοποίησης τους", Σεμινάριο Έργων Εγγείων Βελτιώσεων, Πανελλήνιος Σύλλογος Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, σελ. 309-319.
- Παναγούλια Δ., 1990, "Ανάλυση Ευαισθησίας Υδρολογικής Απόκρισης Λεκάνης σε Κλιματικές Αλλαγές", Τομέας Υδατικών Πόρων-Υδραυλικών & Θαλάσσιων Έργων ΕΜΠ.
- Παναγούλια Δ., 1991α, "Κλιματική Αλλαγή: Ρυθμιστής της Διατήρησης και Ανάπτυξης των Υδατικών Πόρων", *Ημερίδα : Αξιοποίηση Υδατικών Πόρων σε Ελλειμματικές Περιοχές*, ΕΕΔΥΠ, Αθήνα, Φεβρουάριος 1991.
- Παναγούλια Δ., 1991β, "Πολιτική διαχείρισης υδατικών πόρων και κλιματική αλλαγή", *Π Συνέδριο Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας*, Πανεπιστήμιο Αιγαίου - Τμήμα Περιβάλλοντος, Μόλυβος-Μυτιλήνη, σελ 254-261, Σεπτέμβριος 1991.
- Panagoulia D., 1991γ, "Hydrological response of a medium-sized mountainous catchment to climate changes", *Hydrological Sciences Journal*, 36(6), pp 525-547.

- Panagoulia D., 1992, "Impacts of GISS-modelled climate changes on catchment hydrology", *Hydrological Sciences Journal*, 37(2), pp 141-163.
- Rosemberg N.J., 1982, "Commentary on Food and Fiber in a World of Increasing Carbon Dioxide", In W.C. Clark, edition *Carbon Dioxide Review*, Oxford University Press, New York, pp 324-328.
- Sadeghipour J., Dracup J.A., 1982, "Regional Frequency Analysis of Hydrologic Multi-Year Droughts", UCLA-ENG-82-35, University of California, Los Angeles.
- Schneider S.H., Chen, R., 1980, "Carbon Dioxide Warming and Coastline Flooding: Physical Factors and Climatic Impact", *Annual Review of Energy*, 5, pp. 107-140.
- Thomas R.H., 1984, "Ice Sheet Margins and Ice Shelves." In J.E. Hansen and T. Takahashi, editions, *Climate Processes and Climate Sensitivity*. American Geophysical Union Monograph 29, Maurice Ewing, 5, American Geophysical Union, Washington D.C., pp 265-274.
- U.S. Environmental Protection Agency, 1983, "Projecting Future Sea Level Rise", *Office of Policy and Resource Management*, EPA 230-09-007. Washington D.C., October.
- Wittwer, S.H., 1982, "Commentary on Food and Fiber in a World of Increasing Carbon Dioxide", In W.C. Clark, edition *Carbon Dioxide Review* 1982, Oxford University Press, New York, pp 320-324.
- Yevjevich V., da Cunha L., Vlachos E., 1983, *Coping with Drought*, Water Resources Publications, Colorado.