



Κλίμα και Υδατικοί Πόροι

Η Κλιματική αλλαγή και οι επιπτώσεις της στους Υδατικούς Πόρους και τη διαχείρισή τους*

της Μ.Α. Μιμίκου**

Εισαγωγή

Η αύξηση της ποσότητας των αερίων θερμοκηπίου (CO₂ κ.λπ.) στην ατμόσφαιρα δημιουργεί συνθήκες αυξήσεως της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας του πλανήτη μας, η οποία προβλέπεται να φτάσει στους $3 \pm 1,5^\circ$ C κατά μέσο όρο, ως αποτέλεσμα ενδεχόμενου διπλασιασμού του ατμοσφαιρικού CO₂ μέσα στις επόμενες δεκαετίες.

Δεδομένου ότι δεν υπάρχουν αυτή τη στιγμή σαφή ιστορικά στοιχεία που να αποδεικνύουν μια τέτοια κλιματική αλλαγή ή έστω την έναρξή της, παρά μόνον ενδείξεις θερμάνωσης ή και ανωμαλίας του κλίματος σε τοπική κλίμακα, οι οποίες όμως δεν είναι δυνατόν με οριστικό και σαφή τρόπο να διακριθούν ως συστηματικές αλλαγές έξω από τη φυσιολογική μεταβλητότητα του κλίματος, είναι φανερό ότι το σχήμα θεωρία-πείραμα με το οποίο προοδεύει η επιστημονική γνώση, δεν μπορεί να εφαρμοσθεί εν προκειμένω. Στη θέση του πειράματος αναζητούνται άλλοι τρόποι παρατηρήσεως της πραγματικότητας, όπως π.χ. η αναζήτηση παλαιών κλιματικών αλλαγών με τη βοήθεια της παλαιοκλιματολογίας ή η προσομοίωση του τωρινού κλίματος και της εξελίξεώς του, μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών. Τα ομοιώματα που κυρίως χρησιμοποιούνται

για το σκοπό αυτό, λέγονται Ομοιώματα Γενικής Κυκλοφορίας (GCM).

Είναι φανερό ότι αυτή η πράγματι φιλόδοξη προσπάθεια των GCM να περιγράψουν και να προβλέψουν ποσοτικά ένα τόσο πολύπλοκο και πολυμεταβλητό σύστημα, δεν είναι δυνατόν να συνοδεύεται από μεγάλη ακρίβεια. Αυτό οφείλεται στην ως ένα βαθμό ανεπάρκεια και έλλειψη αντιπροσωπευτικότητας των παρατηρήσεων που διαθέτουμε, καθώς και στις ατελείς γνώσεις μας όσον αφορά στην κατανόηση των μηχανισμών που διαμορφώνουν το κλίμα, στο ρόλο που παίζουν οι ωκεανοί κ.λπ. Ωστόσο, η διεθνής επιστημονική κοινότητα καταβάλει συνεχώς προσπάθειες βελτιώσεως των στοιχείων και των γνώσεών μας, έτσι ώστε να αυξηθεί η ακρίβεια των προβλέψεων αυτών των ομοιωμάτων. Πάντως έστω και αν οι προβλέψεις των διαφόρων ομοιωμάτων δεν είναι ακριβείς και εν μέρει είναι και αντιφατικές, συμπιπτουν στην εκτίμηση ότι βρισκόμαστε μπροστά σε μια επερχόμενη κλιματική αλλαγή με αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας. Παράλληλα, θα επηρεασθεί και η ποσότητα και ο τρόπος κατανομής της βροχής που πέφτει στη γη. Πώς και με ποιό τρόπο; Κανείς δεν μπορεί να απαντήσει με ακρίβεια στο ερώτημα. Μόνο γενικά συμπεράσματα εξάγονται

με μέσους όρους σε μεγάλες περιοχές, όπως π.χ. αύξηση των βροχών παγκοσμίως, μετατόπιση της ζώνης χαμηλών βροχών από τα μικρά στα μεσαία πλάτη κ.λπ. Βέβαιο πάντως είναι ότι θα υπάρξουν επιπτώσεις στους υδατικούς πόρους της γης. Όμως, τα GCM μπορούν μόνο να κάνουν προβλέψεις εκφρασμένες σε μέσους όρους πάνω από μεγάλες περιοχές της γης. Για το πώς θα εκδηλωθούν αυτές οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σε τοπική κλίμακα, που ενδιαφέρει και ιδιαίτερα, τα GCM αδυνατούν να δώσουν αξιόπιστες απαντήσεις.

Οι επιπτώσεις λοιπόν της κλιματικής αλλαγής στον υδρολογικό κύκλο, εξεταζόμενες σε τοπική (regional) κλίμακα, οι προκύπτουσες χωροχρονικές μεταβολές στην ποσότητα και την ποιότητα των υδατικών πόρων, αλλά και η επάρκεια και ασφάλεια των έργων διαχείρισεως των υδατικών πόρων ενός τόπου, είναι καίρια θέματα που ζητούν άμεσες απαντήσεις.

Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στους υδατικούς πόρους και στα έργα διαχείρισεως τους

Η αναμενόμενη κλιματική αλλαγή είναι φανερό ότι θα έχει σημαντικό-

(*) Το άρθρο αυτό δημοσιεύτηκε στην εφημερίδα **Το Βήμα**, στις 7 Ιουνίου 1992

(**) Η Μ.Α. Μιμίκου είναι αναπληρώτρια καθηγήτρια στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του ΕΜΠ



τατες επιπτώσεις στους υδατικούς πόρους, δεδομένου ότι επηρεάζει όλες τις μεταβλητές του υδρολογικού κύκλου. Είναι γνωστοί σε όλους μας οι φόβοι που εκφράζουν οι επιστήμονες για την άνοδο της στάθμης των θαλασσών που θα προέλθει από το λιώσιμο των πάγων των πόλων, λόγω της αυξήσεως της θερμοκρασίας. Ένα γεγονός, που θα επηρεάσει καθοριστικά χώρες όπως π.χ. η Ελλάδα, λόγω του μεγάλου μήκους των ακτών της, όπου πολλά τετ. χιλιόμετρα χρήσιμης γης πιθανόν να χαθούν στη θάλασσα, ενώ θα υπάρξουν και περιοχές π.χ. νησιά, που μπορεί να εξαφανισθούν τελείως. Τέτοιου είδους γενικές προβλέψεις υπάρχουν και απασχολούν άλλους επιστημονικούς κλάδους. Το κυρίως ζητούμενο της Υδρολογίας είναι να μπορέσει να προβλέψει τη μεταβολή που θα επέλθει στην δίαιτα διαφόρων μορφών υδατικών πόρων ή διαφόρων εξαιρετικών γεγονότων, όπως π.χ. πλημμυρών και ξηρασιών σε εντοπική βάση, δηλαδή στην κλίμακα μιας συγκεκριμένης περιοχής, τόπου ή χώρας, έτσι ώστε να ληφθούν και συγκεκριμένα μέτρα, στο βαθμό που κάτι τέτοιο θα είναι δυνατό.

Οι επιπτώσεις πάνω σε διάφορες μορφές υδατικών πόρων, όπως η επιφανειακή απορροή, η εδαφική υγρασία κλπ, για μια συγκεκριμένη περιοχή, εκτιμώνται συνήθως με τη βοήθεια υδρολογικών ομοιωμάτων συνολικής προσομοιώσεως, με πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενα τα ομοιώματα υδατικού ισοζυγίου (water balance models), τα οποία έχουν βρεθεί ότι διαθέτουν την κατάλληλη ευρωστία, έτσι ώστε,

να προσομοιώνουν καταστάσεις κάτω από μεταβαλλόμενο κλιματικό καθεστώς με ικανοποιητική επάρκεια και προβλεπτική ικανότητα, δεδομένης μάλιστα και της χρησιμοποίησής από αυτά ενός μεγάλου αριθμού μεταβλητών του υδρολογικού κύκλου.

Το ερώτημα όμως που τίθεται εδώ είναι: Τα αποτελέσματα αυτών των εκτιμήσεων αποτελούν προβλέψεις ή μήπως είναι υποθέσεις του τί θα συμβεί στα νερά πάνω και κάτω από το έδαφος αν υπάρξει τούτο ή το άλλο κλιματικό καθεστώς; Με δεδομένη σήμερα την αδυναμία των ομοιωμάτων προσομοιώσεως και προβλέψεως κλίματος να δώσουν λεπτομερέστερες και ακριβέστερες προβλέψεις των αλλαγών της θερμοκρασίας, των βροχών, των χιονοπτώσεων κ.λπ., σε μικρότερες γεωγραφικές περιοχές και σε μικρότερα χρονικά βήματα, είναι φανερό ότι η απάντηση στο προηγούμενο ερώτημα είναι ότι αυτοί οι εκτιμήσεις των επιπτώσεων στους υδατικούς πόρους μιας περιοχής, δεν αποτελούν προβλέψεις αλλά σενάρια επιπτώσεων, δοσμένων κάποιων γενικών υποθέσεων, όσον αφορά κυρίως στο βαθμό αύξησής της θερμοκρασίας και στις μεταβολές της κατακρήμνισης στη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης.

Στην Αμερική κυρίως αλλά και στην Ευρώπη, έχουν γίνει κάποιες έρευνες εκτιμήσεως των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, εκφραζόμενης με διάφορα υποθετικά σενάρια αύξησεως της θερμοκρασίας κατά 1 έως 4,5°C και μεταβολής της κατακρήμνισης κατά $\pm 10\%$, $\pm 20\%$, $\pm 30\%$ κ.λπ. με τη

μορφή αναλύσεων ευαισθησίας των υδατικών πόρων σ' αυτές τις υποθετικές αλλαγές.

Μία τέτοια έρευνα έχουμε κάνει και στην Ελλάδα και αφορά σε μία πολύ ευαίσθητη και σημαντική από πλευράς υδατικού ενδιαφέροντος περιοχή, που είναι αυτή της εκτροπής του Αχελώου προς τη Θεσσαλία, και στην οποία προβλέπεται να κατασκευασθούν 4 ταμειώτες πολλαπλού σκοπού (παραγωγή ενέργειας, άρδευση, ύδρευση).

Τα κυριότερα συμπεράσματα αυτής της μελέτης, όσον αφορά στις επιπτώσεις στους υδατικούς πόρους και τα έργα διαχειρίσεώς τους, μπορούν να συνοψισθούν στα ακόλουθα:

Κάτω από συνθήκες αυξήσεως της θερμοκρασίας, οι υδρολογικές λεκάνες της περιοχής μειώνουν την εδαφική τους υγρασία γενικά, με ιδιαίτερα σοβαρή μείωση το καλοκαίρι, που μπορεί να φτάσει έως 80% με μόνον 1°C αύξηση της θερμοκρασίας. Υφίστανται επίσης μειώσεις της μέσης ετήσιας απορροής τους και ακόμη σοβαρότερες μειώσεις της μέσης θερινής απορροής τους (έως και 30% για 1°C αύξηση της θερμοκρασίας), ενώ αντίθετα υποφέρουν από αύξηση της μέσης χειμερινής απορροής (δηλαδή των πλημμυρών), συνοδευόμενης από μία μετατόπιση της εαρινής απορροής.

Οι επιπτώσεις των μεταβολών της κατακρήμνισεως στην απορροή, χαρακτηρίζονται από ένα συντελεστή μεγεθύνσεως (magnification factor). Αυτό σημαίνει ότι μία μικρή μείωση της βροχής μπορεί να επιφέρει πολλαπλάσια μείωση της απορροής. Ο συντελεστής αυτός σε ε-

τήσια βάση δεν φαίνεται να εξαρτάται από τη θερμοκρασία, αλλά κυρίως από τοπικά μορφολογικά χαρακτηριστικά των λεκανών, ενώ σε εποχιακή βάση εξαρτάται από τη χιονοκάλυψη και άρα και από την θερμοκρασία.

Για τα έργα διαχειρίσεως των υδατικών πόρων της περιοχής (ταμειυτήρες πολλαπλού σκοπού), βρέθηκε ότι η κλίμακα αλλαγής, είναι δυνατόν να επιφέρει δραματικές αλλαγές στα υδρολογικά μεγέθη που λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό, καθιστώντας τα έργα ανεπαρκή για τις ανάγκες που σχεδιάζονται σήμερα. Για παράδειγμα βρέθηκε ότι η αδυναμία (αστοχία) ικανοποίησης της ζήτησης των ετησίων εγγυημένων μεγεθών ενέργειας και νερού (που σήμερα σχεδιάζεται κάτω του

1%) μπορεί να φτάσει στο 50% με αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1°C και μείωση κατά 20% της κατακρημνίσεως. Ακόμη βρέθηκε ότι θα χρειαστεί υπερδιπλασιασμός της ωφέλιμης αποθηκευτικής ικανότητας των έργων, έτσι ώστε αυτός ο βαθμός αστοχίας των εγγυημένων για την κατανάλωση μεγεθών, να μπορεί να κρατηθεί σε αποδεκτά επίπεδα.

Συμπέρασμα

Είναι φανερό λοιπόν ότι, τόσο οι υδατικοί πόροι όσο και η ασφάλεια και επάρκεια των έργων διαχειρίσεώς τους, τίθενται σε σοβαρό κίνδυνο σε περίπτωση κλιματικής αλλαγής, με προφανείς οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις. Υπάρχει επιτακτική ανά-

γκη να αναπτυχθεί νέα τεχνογνωσία, έτσι ώστε να μπορεί να σχεδιάζεται η οικονομική και ασφαλής επιβίωση των έργων κάτω από μεταβαλλόμενο περιβάλλον και κλιματικό καθεστώς.

Η διεθνής επιστημονική κοινότητα έχει κινητοποιηθεί μπροστά σ' αυτόν τον ορατό κίνδυνο, προειδοποιώντας τις κυβερνήσεις προς την κατεύθυνση κυρίως της μείωσης των αερίων θερμοκηπίου από τη βιομηχανική δραστηριότητα και ευαισθητοποιώντας τις για τα προληπτικά μέτρα που θα πρέπει να ληφθούν, έτσι ώστε να μειωθούν οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην επάρκεια των υδατικών πόρων και των έργων διαχειρίσεώς τους.

