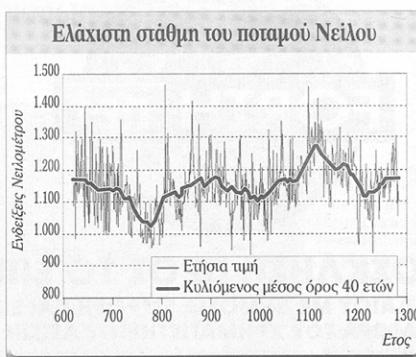


ΤΙ ΜΑΣ
ΕΠΙΦΥΛΑΣΣΕΙ
Ο ΚΑΙΡΟΣ

**Πόσο αξιόποτες
είναι τελικά οι
καταστροφολογικές
προβλέψεις
για επικείμενη
εποδεινώση
των καιρικών
φαινομένων**



Των Θ. ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΥ
και Δ. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗ

1 Οι καταστροφολογικές προφτείες για το κλίμα
Πολλές και διάφορες είναι οι εκτιμήσεις τα τελευταία χρόνια ως προς τις δυνημενές για το κλίμα ανθρώπινες δραστηριότητες, ενοχοποιώντας συνήθως και κατά κύριο λόγο αυτές που προκαλούν το γνωστό φαινόμενο θερμοκηπίου. Επικαλούμενοι το φαινόμενο αυτό, και όχι μόνον, πολλοί από εμάς τους επισήμων παρασυρόμαστε σε εύκολες – κατά κανόνα καταστροφολογικές – προνόσεις για το τι θα γίνει στο άμεσο ή το απότερο μέλλον με το κλίμα, τους υδατικούς πόρους και τη βιόσφαιρα.

Παράλληλα, ως αποδούμενοι με περιορισμένο κύκλο ζωής και μνήμης, δηλαδόν νοούμε σήμεροι ότι το μικρό κλίμα της περιοχής που ζόριζε έχει αλλάξει εξαιτίας μας τα τελευταία χρόνια προς το χειρότερο και προδικάζουμε και άλλα δεινά για το ορατό μέλλον.

Πόσο αξιόποτες είναι αυτές οι «προφτείες»;

2 Το σωτήριο για τη βιόσφαιρα φαινόμενο του θερμοκηπίου

Με όρο φαινόμενο θερμοκηπίου χαρακτηρίζεται το γεγονός ότι μεγάλο μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την επιφάνεια της Γης απορροφάται από ορισμένα αέρια της ατμόσφαιρας, τα άερια της θερμοκηπίου (CO_2 κτλ.) και τα σύννεφα, και επανεκπέμπεται προς την επιφάνεια. Με ευτυχή συνέπεια τη διάσωση του μεγαλύτερου μέρους της βιόσφαιρας: υπολογίζεται ότι χωρίς αυτό το προστατευτικό «θερμοκήπιο» (δηλαδί με την απονοία των CO_2 , H_2O κτλ.) η επιφάνεια του πλανήτη μας ήταν μια απέραντη παγκόμηνή έκταση, αφιδέλευν για τα περισσότερα είδη της πανίδας και τις χλωρίδας, με μέση θερμοκρασία 18°C κάτω από το μπένο! Χάρη στο θερμούλλεκτικό αυτό σκέπασμα, η μέση πλανητική θερμοκρασία ανεβαίνει κατά 33°C και βρίσκεται στο πρόσφορο για τη βιόσφαιρα επίπεδο των 15°C.

Η παρουσία στην ατμόσφαιρα των αερίων θερμοκηπίου, και ειδικότερα του CO_2 , προφανώς, και ευτυχώς προϋπήρχε της εμφάνισης του ανθρώπου. Η ανθρωπογενής επί-

**Τα επιστημονικά δεδομένα,
η ιστορική εμπειρία
και η αλήθεια**



Ανεμοστρόβιλος σε πλήρη εξέλιξη στη Μινεσότα των ΗΠΑ. Τα ακραία καιρικά φαινόμενα μπορεί να συνεχιστούν όπως έκαναν και στο παρελθόν. Τίποτε άλιμος δεν προδικάζει ότι επικείται μονιμότερη επιδεινότητα του κλίματος

δραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι σχετικά πρόσφατη και οφείλεται στις αιυτημένες δραστηριότητες της βιομηχανικής και μεταβιομηχανικής κοινωνίας. Οι αιυτημένες καύσιες ανθρώπικα και υδρογονανθράκων, π.χ., οδηγούν στην υπερυγενή CO_2 στην ατμόσφαιρα και το γεγονός αυτό αποτελεί μια ανθρωπογενή διαταραχή η οποία, σύμφωνα με την κλασική λογική της αιτιολογίας, θα επισύρει κάποιες αιλαγάς στο κλίμα. Τα σαφείς αίτιοι των αιλαγών αυτών, δηλαδόν η ανθρωπογενής αύξηση των αερίων θερμοκηπίου, αποτελεί όμως έναν αδικινητό υφός ποσούστιο αιτίον που επηρεάζουν καθοριστικά τις όποιες κλιματικές αιλαγές.

3 Η ιστορική εξέλιξη του πλανητικού κλίματος
Οι παραγόμενες ανησυχίες για το φαινόμενο θερμοκηπίου που προδικάζεται εκτεταμένες έρευνες, τόσο γύρω από αυτό το ίδιο όσο και για την ιστορική εξέλιξη του κλίματος γενικότερα. Για τον λόγο αυτό αναποδήλωκαν οι πολαιότερες μετρήσεις κλιματικών και υδρολογικών παραμέτρων.

Δυστυχώς, οι ουσιωματικές μετρήσεις ξέκινουν μόλις στα μέσα του 18ου αιώνα και μόνο σε προηγούμενες, ευρωπαϊκές κυρίως, χώρες. Υπάρχουν πολλές ευτυχείς εξαιρέσεις, όπως για παραδείγματα οι ελάχιστες επιζητές στάθμες του

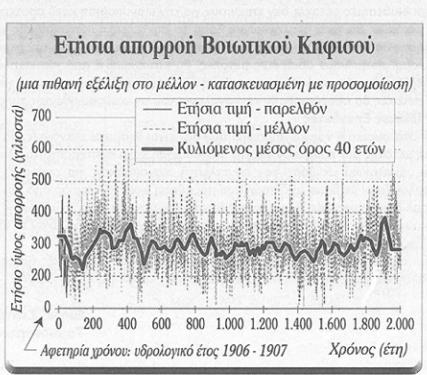
ποταμού Νείλου, καταγραμμένες στο λεγόμενο «Νείλομέτρο» κοντά στο Κάιρο για 663 χρόνια, από το 622 μ.Χ. ως το 1284 μ.Χ., όπως παραστικά στοιχεία προέρχονται για την «αναδόμηση» μιας αξιόποτης εικόνας της ιστορίας του κλίματος κατά το πρόσφατο και το απότερο παρελθόν. Επινοήθηκαν διάφορες μέθοδοι, οι οποίες μπορούν να δύοσυν έμμεσους κλιματικούς δείκτες στηρίζουνται σε άλλους μετρήσους δείκτες που αναλύονται από τα κατάλληλα ευρήματα. Η δενδροκλιματολογία, για παράδειγμα, καταφέρνει να δώσει, υπό ορισμένες προϋποθέσεις, μια αρκετά καλή προσέγγιση κάποιου παρελθόντος του κλίματος στο παρελθόν, αναλύοντας τα πάχη των δακτυλίων των δένδρων. Στο σχετικό διάγραμμα φαίνεται ένα δεύτερο παχύνιο δακτυλίου για τα τελευταία δύο χιλιάδες χρόνια, που καταρτίστηκε μετά από έρευνες στη Γιούτα των ΗΠΑ. Είναι προφανές ότι η επιζητήση αύξησης ή μείωσης δεν είναι προβλέψιμες. Ενδέχεται μάλιστα να αποδειχθεί ότι είναι και

πρόσφατη ανθρωπογενή επέμβαση στο φαινόμενο θερμοκηπίου. Πολύ λίγα είναι γνωστά για την ακριβή δομή των μηχανισμών που προκαλούν τις διάφορες κλιματικές μεταβολές στη ροή της Γη, αλλά και τις εξαιρετικά ευαίσθητες μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις. Χαρακτηριστική είναι η διατύπωση της επιτροπής του αμερικανικού National Research Council ότι το κλίμα της ενδεχόμενες απρόβλεπτες συνέπειες του χτιζόματος των φτερών μιας πεταλούδας. Τη γενίκευση αυτής της νέας θεώρησης του κόσμου μας, με πρόσφορο πεδίο εφαρμογής τις κλιματικές αλλαγές, συνόψει το Παγκόσμιο Κλίματος της Ρίγος σε έναν πρόσθιο πόλο, για διάνωστους λόγους, σε ολές τις χρονικές κλιμακές.

Είναι πρώτο σημείο, δεύτερο σημείο, ότι οι συντηρητικές μεταβολές με την ευτελεία και την ιστορική παρούσα επιστημονική ανάλυση των μηχανισμών που τις προκαλούν δεν είναι προβλέψιμες. Ενδέχεται μάλιστα να αποδειχθεί ότι είναι και

από τη φύση τους απρόβλεπτες, με την έννοια της απροσδιοριστίας στην εξέλιξη του συνολικού φαινομένου. Ας θυμηθούμε εδώ και την όποια γενική πεταλούδα την ενδεχόμενες απρόβλεπτες συνέπειες του χτιζόματος των φτερών μιας πεταλούδας. Τη γενίκευση αυτής της νέας θεώρησης του κόσμου μας, με πρόσφορο πεδίο εφαρμογής τις κλιματικές αλλαγές, συνόψει το Παγκόσμιο Κλίματος της Ρίγος σε έναν πρόσθιο πόλο, για διάνωστους λόγους, σε ολές τις χρονικές κλιμακές.

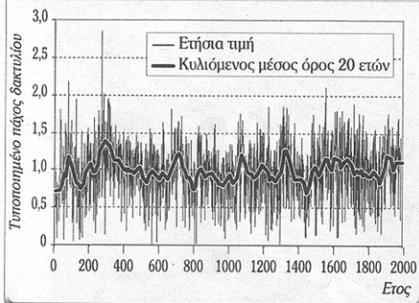
Είναι πρώτο σημείο, δεύτερο σημείο, ότι οι συντηρητικές μεταβολές με την ευτελεία και την ιστορική παρούσα επιστημονική ανάλυση των μηχανισμών που τις προκαλούν δεν είναι προβλέψιμες. Ενδέχεται μάλιστα να αποδειχθεί ότι είναι και



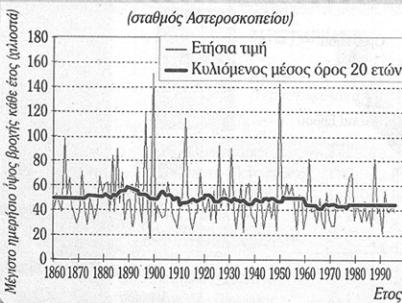
4 Ερμηνείες των κλιματικών αλλαγών
Γενικό συμπέρασμα από τα σχετικά έργα ερευνών είναι ότι το

Ο κ. Θ. Ξανθόπουλος είναι καθηγητής και ο κ. Δ. Κούτσογιαννης είναι επίκουρος καθηγητής του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου.

Πάχος δακτυλίων δέντρων στη Γιούτα (ΗΠΑ)



Ισχυρές βροχοπώσεις στην Αθήνα



κλίματος

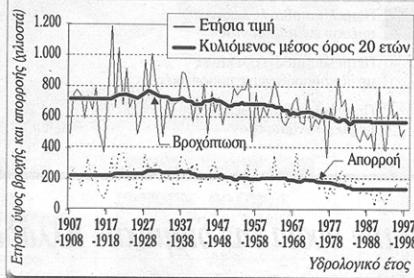
Αυτό που ίσως μας ειπόδιζε να διαγνώσουμε τη μεταβλητότητα του κλίματος και μας δημιουργούνται την φεύγοντας της σταθερότητας είναι το γεγονός ότι τα ιστορικά υδρομετεορολογικά δεδομένα των προηγούμενων δεκατών πράγματι εμφάνιζαν μια σχετική σταθερότητα. Στην πραγματικότητα, και σύμφωνα με τις απόψεις κλιματολόγων και υδρολόγων, η περίοδος 1931-1960 ήταν κατ' εξαίρεση σταθερή και, συνεπώς, λόγω ακριβώς της κλιματικής σταθερότητάς της, ήταν μια από τις πιο ανώμαλες κλιματικές περιόδους της τελευταίας χιλιετίας!

5 Το κλίμα στον ελλαδικό χώρο

Στην Ελλάδα, το μεγαλύτερο σε μήκος δεύτημα υδρομετεορολογικών μετρήσεων είναι αυτό του Αστεροσκοπείου Αθηνών, που ξεκινά από το 1860. Σε δύο σχετικά διαγράμματα φαίνονται αφενός τα επίτημα ύψη βροχής του σταθμού αυτού, τα οποία αποτελούν δεύτημα του συνολικού υδατικού δυναμικού κάθε έτους, και αφετέρου τα μέγιστα πληρώσα ύψη βροχής που καταγράφηκαν κάθε έτος, τα οποία αποτελούν δείκτη της πλημμυρικής επικινδυνότητας. Και στα δύο διαγράμματα είναι εμφανής η σταθερότητα (ως προς τους κυλιόμενους μέσους όρους) των δεικτών σε όλη τη διάρκεια των παραπότων, αλλά σίγουρα τα 140 χρόνια είναι λίγα για να εξαγάγουμε ασφαλή συμπεράσματα. Πάντοις, από ποιοτική άποψη φαίνεται ότι τίποτε σημαντικό δεν άλλαξε στο κλίμα του Λεκανοπεδίου, όπος λακονικά και ανάλογα τεκμηριώνεται στον ορισμό του Πλάτωνα για την ατρκή για: «Ξηρά πάσα και ουκ ένυδρος».

Είναι χαρακτηριστικό ότι η διάταξη της βροχής στη δική μας γενιά δεν παρουσιάζει κάποια ιδιαιτερότητα σε σχέση με τις προηγούμενες πέντε γενιές, παρ' όλο που σιγά σιγά γίνεται λόγος για το αντίθετο: οι μέσοι όροι αλλά και οι διακυμάνσεις της βροχής κατά την εποχή των Βαλκανικών Πολέμων και της Μεγάλης Ελλάδας, π.χ., δύο μένο δεν διαφέρουν, αλλά εμφανίζουν και μεγάλη σύγκλιση με τις αντίστοιχες μεγέθη της τρέχουσας εποχής. Επιπλέον, τα παρά-

Επίσια βροχόπωση στην Αλιάρτο Επίσια απόρροι Βοιωτικού Κηφισού



Εισρόες ταμιευτήρων υδροδοτικού συστήματος Αθήνας



πονα και οι ανησυχίες όλων μας για ακραία φαινόμενα πολυωμβρίας ή ξηρασίας κατά την τελευταία δεκαετία είναι δύο μόνον αδικαιολόγητα αλλά και αντιστόρητα. Οι βροχές στην τρέχουσα δεκαετία είναι ούτε ιδιαίτερα αισημένες είναι ούτε ιδιαίτερα μειωμένες, σε αντίθεση με τις ακρότερες που παρουσιάστηκαν προ το τέλος του 19ου αιώνα. Κατά τα τελευταία 140 χρόνια, η μεγίστη τιμή του επίτημού ύψους βροχής, 846 χιλιοστά, καταγράφηκε το 1883, μεταξύ της 1883 και της μέγιστης τημέρου πημερήσου βροχής, 151 χιλιοστά, στην Επίσημη της 1899, ενώ η ελάχιστη τιμή του επίτημού ύψους βροχής, 115 μόλις χιλιοστά, δηλαδή ξηρασία επιπλέον στην Επίσημη της 1898 και στης αρχές της επομένης έχουν μετρηθεί τα απόλυτα αρνητικότερα στην απορροή του Βοιωτικού Κηφισού αλλά και των άλλων δύο ποταμών, Μόρνου και Εύηνου, που υδροδοτούν την Αθήνα, όπως χαρακτηριστικότερα φαίνεται στην Επίσημη της Βόρειας Ελλάδας, π.χ. στην υδρολογική λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού, μια από τις

τρεις κύριες λεκάνες που υδροδοτούν την Αθήνα, δεν μας εκπλήσσει η σαφής μεταβλητότητα της βροχής (μετρημένης στην Αλιάρτο από το 1907 ως σήμερα), αλλά και τις απορροής (μετρημένης στην έξοδο του ποταμού προς την Υλίκη την ίδια περίοδο που, ας σημειωθεί, είναι η μεγαλύτερη περιοδός μετρήσεων παροχής ποταμών στον ελληνικό χώρο, όπως φαίνεται στο σχετικό διάγραμμα. Είναι εμφανής η γενική πτωτική τάση και των δύο μεγεθών από τη δεκαετία του '20 και μετά.

Ιδιαίτερα στο τέλος της δεκαετίας του '80 και στις αρχές της επομένης έχουν μετρηθεί τα απόλυτα αρνητικότερα στην απορροή του Βοιωτικού Κηφισού αλλά και των άλλων δύο ποταμών, Μόρνου και Εύηνου, που υδροδοτούν την Αθήνα, όπως χαρακτηριστικότερα φαίνεται στην Επίσημη της Βόρειας Ελλάδας, π.χ. στην υδρολογική λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού, μια από τις

**6 Το συμπέρασμα:
Αράσταχτη είναι
η ελαφρότητα
της προφίτερας
για συγκεκριμένη
κλιματική επιδείνωση**

Με το σημερινό γνωστολογικό υπόβαθρο μας, τα παραπάνω κάνουν σαφή την αναξιοπιστία της μακροπρόθεσμης πρόνωνσης για συγκεκριμένη και μονιμότερη επιδείνωση στο κλίμα υπό τη γενική έννοια, στην οποία περιλαμβάνονται οι υδρολογικές παράμετροι και συνακόλουθα η εξέλιξη των θετικών πόρων μας περιοχής. Το μόνο βέβαιο μέχρι στιγμής είναι η αεβδαίνηση της αλλαγής του κλίματος, σε κάθε χρονική κλίμακα.

Η επισήμη είναι σε θέση να ποστικούσησε την αβεβαιότητα αυτή χρησιμοποιώντας, κατά κύριον λόγο, τη θεωρία πιθανοτήτων και τη στατιστική και αξιοποίωντας κατάλληλα υπολογιστικά (στοχαστικά, όπως λέγονται) μοντέλα προσομοιώσεων. Στο σχετικό διάγραμμα, για παράδειγμα, δίνονται τα αποτελέσματα μιας από τις πολλές και διαφορετικές προσομοιώσεις για την εξέλιξη της απορροής του Βοιωτικού Κηφισού. Το διάγραμμα δείχνει ότι η πτωτική τάση της απορροής που προαναφέραμε μπορεί να συνεχίσει μερικά χρόνια ακόμη, αλλά το πιθανότερο είναι ότι κάποτε θα αντιτραφεί ακολούθων μεντηρών απόνοδη κάτια. Γενικότερα, οι πτωτικές και ανοδικές τάσεις θα διαδέχονται, μάλλον, η μία την άλλη με ακανόνιστο τρόπο, υπόθεση η οποία είναι συμβατή με τις προηγούμενες παραπτήσεις.

Βεβαίως, τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων αυτής της μορφής υπόκεινται και σε μια άλλη μορφή αβεβαιότητας, τη στατιστική αβεβαιότητα: οφείλεται στο πολύ μικρό διαθέσιμο ιστορικό δείγμα μια απορροής των 92 ετών (έστω και αν αυτό είναι το μεγαλύτερο σε μήκος στην Ελλάδα). Και ακόμη, σε αυτή την προσομοίωση δεν έχουν ληφθεί υπόψη οι επιδράσεις του ανθρωπογενούς φαινομένου του θερμοκηπίου. Μπορούμε όμως να πούμε για τις τελευταίες αιτείς επιδράσεις ότι ασφαλώς συμβάλλουν στην αύξηση της αβεβαιότητας. Ας είμαστε λοιπόν φειδωλοί, προς τα παρόν, στη διατύπωση συγκεκριμένων προφτειών για κλιματική αλλαγή. «Κρέπτων εστι το οιάν του λαλείν», προς δρέλος και τις αξιοπιστίας της διεθνούς επιστημονικής μας κοινότητας.