

Γ Ε Ω - Ε Π Ι Κ Α Ι Ρ Ο Τ Η Τ Ε Σ

ΕΝΤΟΝΑ ΚΑΙΡΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

Τον τελευταίο χρόνο γίναμε μάρτυρες σημαντικών καταστροφών από πλημμύρες και χιονοπτώσεις σε πολλές περιοχές της χώρας, αλλά κυρίως στην Αττική. Με αιχμή τα «ανάποδα» έργα στον Κηφισό, οι κάτοικοι της περιοχής της εκβολής του είδαν τέσσερις φορές τις περιουσίες τους να καταστρέφονται και την ανεπαρκή κρατική διοίκηση να παραπαίει μεταξύ σπασμωδικών δράσεων, ελλειπών προβλέψεων και άτυχων επιλογών. Το κοινωνικό σύνολο απαιτεί μια στοιχειώδη συνέργια από τις υπηρεσίες και περιμένει από την επιστημονική κοινότητα της χώρας να εργαστεί από κοινού για τη βελτίωση των προγνώσεων, και βεβαίως την εξειδίκευσή τους και την τεχνική υποστήριξή τους. Οι έντονες βροχοπτώσεις και τα πλημμυρικά επεισόδια των τελευταίων μηνών κατέδειξαν το μέγεθος του προβλήματος και υπαγορεύουν με τις κοινωνικές και οικονομικές συνέπειές τους την ανάγκη αυτή. Τα δύο σχόλια που ακολουθούν συμβάλλουν προς αυτή την κατεύθυνση.

ΚΛΙΜΑ, ΒΡΟΧΕΣ ΚΑΙ ΟΙ ΠΡΟΓΝΩΣΕΙΣ ΤΟΥΣ
ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Κώστας Λαγουβάρδος*

Το πρώτο δεκαπενθήμερο του Σεπτεμβρίου η περιοχή της Αττικής έζησε σχεδόν 15 ημέρες συνεχόμενων καταιγίδων, μερικές από τις οποίες ήταν τόσο ισχυρές που προκάλεσαν πλημμυρικά επεισόδια σε αρκετές περιοχές του λεκανοπεδίου και κυρίως στο νοτιότερο μέρος της λεκάνης απορροής του Κηφισού. Ισχυρές καταιγίδες σημειώθηκαν στην Αττική αλλά και σε άλλες περιοχές της χώρας κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, με αποτέλεσμα τη σημαντική απόκλιση των μηνιαίων υψών βροχής από τις κλιματικές τιμές σε αρκετές περιοχές. Όπως ήταν αναμενόμενο, τα φαινόμενα αυτά (κυρίως η συχνότητα εμφάνισης και η έντασή τους) απασχόλησαν αρκετά την κοινή γνώμη, τα μέσα μαζικής επικοινωνίας αλλά και το επιστημονικό δυναμικό της χώρας, οδηγώντας στη διατύπωση των δύο κυρίων ερωτημάτων που ακολουθούν.

1) Παρατηρούνται συχνότερα έντονα καιρικά φαινόμενα στη χώρα μας;

Παρόλο που τα καταστροφολογικά σενάρια περί κλιματικής αλλαγής πληθαίνουν, δεν έχει ακόμα αποδειχθεί ότι έχει ξεκινήσει μια περίοδος αλλαγής του κλίματος, κυρίως δε όσον αφορά στη συχνότητα εμφάνισης έντονων καιρικών

* Επιστημονικός Συνεργάτης Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, e-mail: lagouvar@galaxy.meteo.noa.gr.

φαινομένων. Ειδικά στη Αθήνα, πρόσφατη μελέτη των καθηγητών του ΕΜΠ Ξανθόπουλου και Κουτσογιάννη (*Το Βήμα*, 2/6/2002), βασισμένη στην ανάλυση χρονοσειρών 120 ετών από το σταθμό του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στο Θησείο, κατέδειξε ότι τόσο οι μέσες ετήσιες και εποχιακές βροχοπτώσεις όσο και οι μέσες ετήσιες και εποχιακές θερμοκρασίες διατηρούν μια αξιοθαύμαστη σταθερότητα στους μέσους όρους εικοσαετίας. Χωρίς λοιπόν να παραβλέπουμε τη σημασία πιθανών κλιματικών αλλαγών που θα συμβούν μετά από αρκετές δεκαετίες, σήμερα δεν έχουμε καμιά ένδειξη ότι έχει ξεκινήσει η διαδικασία κλιματικής αλλαγής στη χώρα μας.

Αυτό που βιώνουμε αναμφισβήτητα σήμερα είναι μια αύξηση των συνεπειών των έντονων καιρικών φαινομένων, κυρίως σε αστικές περιοχές, η οποία συνδέεται με:

- την έντονη αστικοποίηση ορισμένων περιοχών η οποία έχει ως αποτέλεσμα την εμπόδιση της φυσικής απορροής της βροχής από την ολοένα αυξανόμενη κάλυψη του ελεύθερου εδάφους από τις κατοικίες και το οδικό δίκτυο·
- τις ανθρώπινες επεμβάσεις στις πόλεις, οι οποίες στη χώρα μας γίνονται συχνά χωρίς επαρκή σχεδιασμό·
- την αλλαγή χρήσεων γης (π.χ. καταστροφή των δασών στα όρια των αστικών περιοχών, είτε από δασικές πυρκαγιές, είτε λόγω της εξάπλωσης του αστικού ιστού)·
- την αλλαγή τρόπου ζωής (συχνότερες μετακινήσεις, αυξημένες δραστηριότητες για λόγους αναψυχής και διασκέδασης).

Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία προβλημάτων από καιρικά φαινόμενα τα οποία στις ίδιες περιοχές μερικές δεκαετίες πριν δεν θα δημιουργούσαν ανάλογα προβλήματα. Σε συνδυασμό με την ολοένα αυξανόμενη κάλυψη των συνεπειών των καιρικών φαινομένων από τα ΜΜΕ, έχει αρχίσει να καλλιεργείται στην κοινή γνώμη η πεποίθηση ότι η συχνότητα εμφάνισης των έντονων καιρικών φαινομένων στη χώρα μας έχει αυξηθεί, θεώρηση όμως η οποία δεν στηρίζεται σε αντικειμενική ανάλυση των σχετικών παρατηρήσεων. Ταυτόχρονα, η επίσημη πολιτεία υιοθετεί βεβαιασμένα την άποψη αυτή, γιατί προφανώς αυτή η προσέγγιση βοηθάει να καλυφθούν οι αδυναμίες σχεδιασμού και εφαρμογής ενός οργανωμένου σχεδίου ανάπτυξης της πολιτικής προστασίας στη χώρα μας.

2) Μπορούμε να προβλέψουμε έγκυρα και έγκαιρα τέτοια φαινόμενα;

Παρόλο που η συχνότητα εμφάνισης έντονων φαινομένων στη χώρα μας δεν αυξάνεται, η αύξηση των καταστροφικών συνεπειών τους θέτει τη μετεωρολογική κοινότητα μπροστά στην ευθύνη της έγκυρης και έγκαιρης πρόβλεψής τους. Ευτυχώς η μετεωρολογία έχει κάνει την τελευταία δεκαετία σημαντικά άλματα τόσο στην κατεύθυνση της παρακολούθησης όσο και της πρόγνωσης καιρού. Τα κυριότερα εργαλεία για την πρόγνωση και παρατήρηση των έντονων καιρικών φαινομένων είναι δύο. Στη συνέχεια θα συζητήσουμε συνοπτικά τις δυνατότητες και τους περιορισμούς των εργαλείων αυτών.

Μετεωρολογικά μοντέλα

Τα τελευταία 20 χρόνια η πρόγνωση καιρού βασίζεται όλο και περισσότερο στη χρήση των αποτελεσμάτων των μετεωρολογικών μοντέλων. Τα μετεωρολο-

γικά μοντέλα είναι πολύπλοκοι κώδικες προγραμματισμού οι οποίοι επιλύουν τις βασικές εξισώσεις κίνησης των αερίων μαζών μέσα στην ατμόσφαιρα. Ταυτόχρονα επιλύουν μια σειρά εξισώσεων οι οποίες περιγράφουν τις βασικές φυσικές διαδικασίες που συμβαίνουν στην ατμόσφαιρα του πλανήτη μας και οι οποίες επηρεάζουν την εξέλιξη του καιρού, όπως η ηλιακή ακτινοβολία, η απορρόφηση και ανάκλασή της από τα νέφη και τη γήινη επιφάνεια, η εξάτμιση υδρατμών από την επιφάνεια της θάλασσας, η ροή θερμότητας από και προς την ατμόσφαιρα από την επιφάνεια της γης/θάλασσας, καθώς και οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα μέσα στα νέφη.

Τα μετεωρολογικά μοντέλα επιλύουν όλες αυτές τις εξισώσεις πάνω σε ένα πλέγμα το οποίο καλύπτει μια γεωγραφική περιοχή ενδιαφέροντος. Αυτό που έχει μεγάλη σημασία στην εγκυρότητα των παραγομένων προγνώσεων είναι η απόσταση μεταξύ των σημείων του πλέγματος. Ένα αραιό πλέγμα επιλύει συστήματα μεγάλης κλίμακας (π.χ. ένα βαρομετρικό χαμηλό, τη θερμοβαθμίδα που χαρακτηρίζει τα ψυχρά και θερμά μέτωπα, μια ψυχρή εισβολή κ.λπ.). Δεν μπορεί όμως να επιλύσει φαινόμενα μικρής κλίμακας (π.χ. μια καταιγίδα ή συστοιχία καταιγίδων), τα οποία έχουν και το μεγαλύτερο αντίκτυπο στην ομαλή κοινωνική και οικονομική ζωή. Επιπροσθέτως, ένα πυκνό πλέγμα επιτρέπει την καλύτερη αναπαράσταση της ορογραφίας και της κατανομής ξηράς-θάλασσας από το προγνωστικό μοντέλο, οδηγώντας έτσι σε καλύτερη πρόγνωση τοπικών φαινομένων, όπως ο καναλισμός του ανέμου μεταξύ των βουνών, η ανάπτυξη της θαλάσσιας και απόγειας αύρας, η αυξημένη βροχόπτωση στην προσήνεμη πλευρά των ορεινών όγκων κ.λπ. Για την πρόγνωση τέτοιων φαινομένων τοπικού χαρακτήρα απαιτείται η πραγματοποίηση προγνώσεων σε πυκνό πλέγμα, όπου η απόσταση μεταξύ των κόμβων του πλέγματος είναι της τάξης μερικών χιλιομέτρων. Η προσέγγιση αυτή όμως αυξάνει σε μεγάλο βαθμό την απαιτούμενη υπολογιστική ισχύ, και επομένως η πραγματοποίηση τέτοιων προγνώσεων σε επιχειρησιακούς χρόνους ακολουθεί την εξέλιξη της ταχύτητας των υπολογιστικών συστημάτων, η οποία όμως ευτυχώς αναπτύσσεται με ραγδαίους ρυθμούς.

Παρόλο που αρκετά χρόνια τώρα πραγματοποιούνται λεπτομερείς προγνώσεις καιρού στη χώρα μας από μετεωρολογικά μοντέλα, αυτό που λείπει είναι η συστηματική επαλήθευσή τους ώστε οι μετεωρολόγοι-προγνώστες που έχουν την τελική ευθύνη έκδοσης των προγνώσεων (και κυρίως της έκδοσης δελτίων εντόνων καιρικών φαινομένων) να αποκτήσουν εμπιστοσύνη στα αποτελέσματά τους και να έχουν μια σαφή γνώση των ορίων της πρόγνωσης και των συστηματικών τους λαθών. Τα προγνωστικά μοντέλα, ακόμα και σε πλέγμα υψηλής ανάλυσης, εμπεριέχουν ένα ποσοστό σφάλματος, το οποίο συσχετίζεται με την ελλιπή γνώση των φυσικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα μέσα στην ατμόσφαιρα, στην έλλειψη συστηματικών μετρήσεων σε αρκετές περιοχές και κυρίως πάνω από τη θάλασσα, στην ύπαρξη τοπικών χαρακτηριστικών μικρής κλίμακας που ακόμα και σήμερα δεν μπορούν να επιλυθούν από τα υπάρχοντα μετεωρολογικά μοντέλα και την υπάρχουσα υπολογιστική ισχύ. Αυτά ακριβώς τα σφάλματα πρέπει να εντοπιστούν, να διορθωθούν όσο είναι δυνατόν και να ληφθούν υπόψη στη διαμόρφωση της τελικής πληροφορίας, δηλαδή στη διατύπωση της πρόγνωσης.

Πρέπει να σημειώσουμε εδώ ότι σε μια μοντέρνα κοινωνία όπως η δική μας με πλήθος οικονομικών δραστηριοτήτων που εξαρτώνται από τον καιρό (γεωργία, μεταφορές, τουρισμός) και ταυτόχρονα έντονη ενασχόληση των πολιτών σε δραστηριότητες που έχουν μεγάλη εξάρτηση από τις καιρικές συνθή-

κες (μετακινήσεις με όλα τα μέσα, δραστηριότητες ελεύθερου χρόνου όπως ιστιοπλοΐα, ορειβασία, αθλητισμός κ.λπ.) δεν είναι πλέον αρκετή η παροχή γενικόλογων προγνώσεων του τύπου «αύριο στη Δυτική Ελλάδα θα σημειωθούν βροχοπτώσεις και καταιγίδες οι οποίες κατά τόπους θα είναι έντονες».

Μετεωρολογικά ραντάρ

Τα μετεωρολογικά μοντέλα πρόγνωσης καιρού, παρ' όλη την ταχύτατη εξέλιξή τους, παραμένουν προγνωστικά εργαλεία με εγγενείς αδυναμίες πρόβλεψης των εντονότερων καιρικών φαινομένων και κυρίως των καταιγίδων. Για την καλύτερη αντιμετώπιση αυτών των φαινομένων τα μετεωρολογικά ραντάρ μπορούν να παίξουν ένα σημαντικό ρόλο. Τα μετεωρολογικά ραντάρ λειτουργούν όπως τα κλασικά ραντάρ, εδώ όμως οι στόχοι πάνω στους οποίους προσπίπτει η εκπεμπόμενη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι τα σταγονίδια των νεφών και της βροχής και οι παγοκρύσταλλοι που αποτελούν τα νέφη. Ένα ραντάρ επιτρέπει την παρατήρηση μέσα σε ένα καταιγιδόφορο νέφος όταν αυτό αρχίζει να αναπτύσσεται και με αρκετή ακρίβεια μπορεί να υποστηρίξει την άμεση πρόγνωση, δηλαδή αν και πόσο μια καταιγίδα θα ενισχυθεί και ποιες περιοχές θα επηρεάσει τις επόμενες 1-2 ώρες. Σε συνδυασμό με τις υψηλής ανάλυσης προγνώσεις που παρέχουν τα μετεωρολογικά μοντέλα, η ικανότητα έγκυρης πρόγνωσης των έντονων καταιγίδων βελτιώνεται θεαματικά. Βέβαια και στην περίπτωση των μετεωρολογικών ραντάρ είναι απαραίτητη η εξοικείωση των μετεωρολόγων με τη χρήση τους και την ερμηνεία των μετρήσεών τους, πράγμα που σήμερα λείπει, εφόσον εξελιγμένα μετεωρολογικά ραντάρ δεν λειτουργούν ακόμα επιχειρησιακά στη χώρα μας.

Τα παραπάνω εργαλεία από μόνα τους όμως δεν μπορούν να εξασφαλίσουν την παροχή έγκυρων και έγκαιρων προγνώσεων. Εδώ είναι το σημείο-κλειδί όπου υπεισέρχεται ο ανθρώπινος παράγοντας, η αντίστοιχη εμπειρία και η ανάγκη συνεργασίας.

Θα προσπαθήσουμε στη συνέχεια να κωδικοποιήσουμε την κατεύθυνση που κατά τη γνώμη μας πρέπει να πάρει η αντιμετώπιση των έντονων καιρικών φαινομένων από μετεωρολογική σκοπιά, ώστε να πετύχουμε το βέλτιστο αποτέλεσμα.

- Απαιτείται καλή γνώση και επαλήθευση των αποτελεσμάτων των μετεωρολογικών μοντέλων όχι μόνο σε μεγάλη κλίμακα, όπως γίνεται ως τώρα, αλλά και σε τοπική κλίμακα, και είναι απαραίτητη η ενίσχυση των υποδομών μετεωρολογικής παρατήρησης, κυρίως με την εγκατάσταση και χρήση μετεωρολογικών ραντάρ.

- Οι λεπτομερείς προγνώσεις των μοντέλων πρέπει να αξιολογούνται όχι μόνο με μετεωρολογικά κριτήρια, αλλά λαμβάνοντας υπόψη και τα γνωστά προβλήματα υποδομών ορισμένων περιοχών.

- Είναι πλέον επιτακτική η ανάγκη ενίσχυσης της συνεργασίας μεταξύ όλων των φορέων της χώρας που ασχολούνται με την έρευνα και την επιχειρησιακή πρόγνωση καιρού. Το μέγεθος του κάθε φορέα ξεχωριστά δεν επιτρέπει την αυτόνομη αντιμετώπιση όλων των εξελίξεων στα σχετικά ερευνητικά θέματα, και επομένως, ακολουθώντας το παράδειγμα όλων των άλλων αναπτυγμένων χωρών, πρέπει χωρίς διάθεση αποκλεισμού και χειραγώγησης να αναπτυχθεί μια συνέργια στην αντιμετώπιση των θεμάτων πρόγνωσης.