

**ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ**

Άρτεμις Παπαπέτρου

ΠΕ Μετεωρολόγος

Τμηματάρχης Εφαρμογών Υδρομετεωρολογίας

**ΑΚΡΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ
ΣΤΙΣ 16-17 ΙΟΥΛΙΟΥ 2017**

ΙΟΥΛΙΟΣ 2017

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κακοκαιρία επικράτησε στη χώρα μας το διήμερο της 16^{ης} και 17^{ης} Ιουλίου 2017, με κύρια χαρακτηριστικά τις έντονες βροχές και καταιγίδες, τις τοπικές χαλαζοπτώσεις και τους θυελλώδεις ανέμους. Τα καιρικά αυτά φαινόμενα, που είναι ασυνήθιστα για τη εποχή τόσο ως προς την ένταση και τη διάρκεια όσο και ως προς τη χωρική κατανομή τους, προκάλεσαν ανθρώπινες απώλειες (1 νεκρός στην Αμφιλοχία από κεραυνό), πλημμύρες, κατολισθήσεις, καταστροφές στις καλλιέργειες, ζημιές στο οδικό δίκτυο και στην ηλεκτροδότηση. Πολλά προβλήματα επίσης δημιουργήθηκαν σε παράκτιες και νησιωτικές περιοχές οι οποίες, τη θερινή περίοδο που διανύουμε, παρουσιάζουν αυξημένη κίνηση και δραστηριότητα.

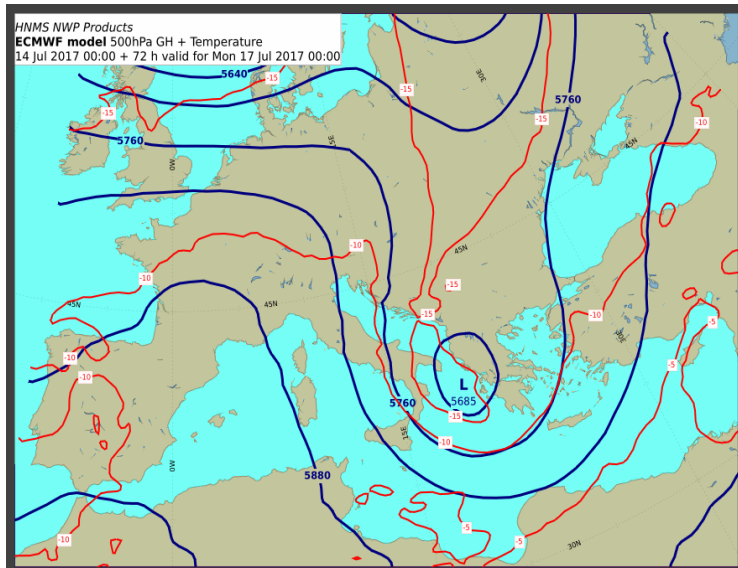
Η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ)/ Εθνικό Μετεωρολογικό Κέντρο, ως ο θεσμικά αρμόδιος Φορέας της Πολιτείας, εξέδωσε έγκαιρα, στις 14-07-2017, Έκτακτο Δελτίο Πρόγνωσης Επικίνδυνων Καιρικών Φαινομένων, στο μέγιστο βαθμό επικινδυνότητας (κόκκινος χρωματικός δείκτης), στο οποίο περιγράφονταν αναλυτικά η χρονική εξέλιξη της κακοκαιρίας και οι περιοχές που θα επηρεαστούν περισσότερο. Αντίστοιχη προειδοποίηση, στον ίδιο χρωματικό δείκτη, αναρτήθηκε στον ιστότοπο της ΕΜΥ, στο Meteoalarm, το οποίο είναι πρόγραμμα του δικτύου των Ευρωπαϊκών Μετεωρολογικών Υπηρεσιών και αφορά στις προειδοποιήσεις για εκδήλωση έντονων καιρικών φαινομένων στις χώρες μέλη. Επιπλέον, το Ευρωπαϊκό σύστημα ετοιμότητας για την αντιμετώπιση πλημμυρών/ EFAS, στο οποίο η ΕΜΥ είναι μέλος από το 2016, εξέδωσε αναγγελία για αιφνίδιες πλημμύρες /Flash Floods για τις 17-07-2017 στην περιοχή της Θεσσαλίας, από τις οποίες θα προκληθούν τοπικές κατολισθήσεις.

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Σύμφωνα με τις αναλύσεις του Ευρωπαϊκού Κέντρου Μεσοπρόθεσμων Προγνώσεων (ECMWF), στις 15 Ιουλίου μια καιρική διαταραχή συνοπτικής κλίμακας κινήθηκε από τη βόρεια Ευρώπη με κατεύθυνση από βορρά προς νότο (μεσημβρινή ροή). Στις 16 Ιουλίου ο αυλώνας χαμηλών υψών (trough) κάλυψε τον Ελλαδικό χώρο μεταφέροντας ψυχρές αέριες μάζες και παρέμεινε στη χώρα μας και στις 17 Ιουλίου. Όπως φαίνεται στην ανάλυση του ECMWF στις 17/07/2017 0000 UTC (παγκόσμια ώρα), στη μέση τροπόσφαιρα (500 hPa) δημιουργήθηκε αποκομμένο χαμηλό (cut off low) με θερμοκρασία -15°C στο κέντρο (Σχήμα 1). Στα χαμηλά στρώματα της ατμόσφαιρας υπήρξε έντονη ανοδική μεταφορά θερμών αερίων μαζών και στην επιφάνεια δημιουργήθηκε βαρομετρικό χαμηλό συνοδευόμενο από ψυχρό μέτωπο (ανάλυση επιφάνειας της Βρετανικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας /Met Office, Σχήμα 2). Στην ισοβαρική επιφάνεια των 850 hPa (ανάλυση του ECMWF στις 17/07/2017 0000 UTC) διακρίνεται η ισχυρή βαθμίδα ισοθέρμων καμπυλών σε διάταξη μετωπικής ζώνης κατά μεσημβρινό, με θερμοκρασία 10°C στην κεντρική και Βόρεια Ελλάδα, ενώ αντίστοιχα 20°C στην περιοχή των Δωδεκανήσων (Σχήμα 3).

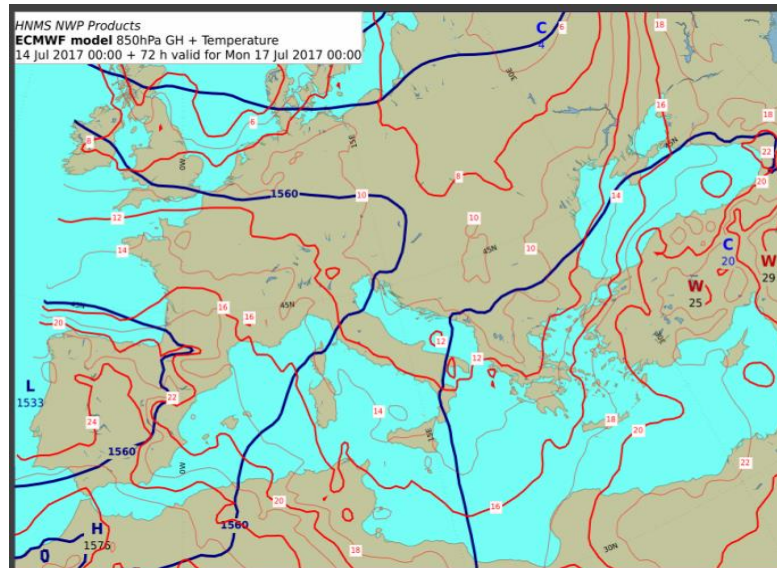
Το σύστημα αυτό προκάλεσε βροχές, καταιγίδες, χαλαζοπτώσεις, ισχυρούς και πρόσκαιρα θυελλώδεις ανέμους στο μεγαλύτερο μέρος της χώρας. Οι περιοχές όπου εκδηλώθηκαν εντονότερα φαινόμενα είναι η Κεντρική Μακεδονία, το Βόρειο Αιγαίο, η Θεσσαλία, οι Σποράδες, η Εύβοια, η Στερεά (κυρίως η Βοιωτία και οι δυτικές περιοχές) και η Δυτική και Νότια Πελοπόννησος. Ενδεικτικά παρατίθεται η αθροιστική βροχόπτωση 3ωρης διάρκειας στις 17/07/2017 0006 UTC (Σχήμα 4).

Στη συνέχεια, από τις πρώτες πρωινές ώρες στις 18 Ιουλίου, η διαταραχή βαθμιαία κινήθηκε ανατολικά προς την Τουρκία και ο καιρός στη χώρα μας βελτιώθηκε.

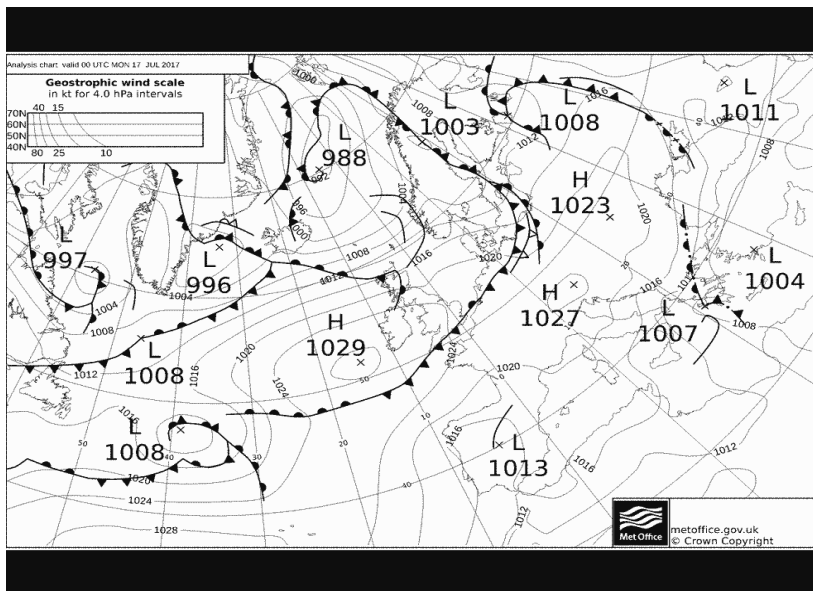


Γεωδυναμικά ύψη και θερμοκρασίες στις 17/07/2017 0000 UTC (ECMWF)

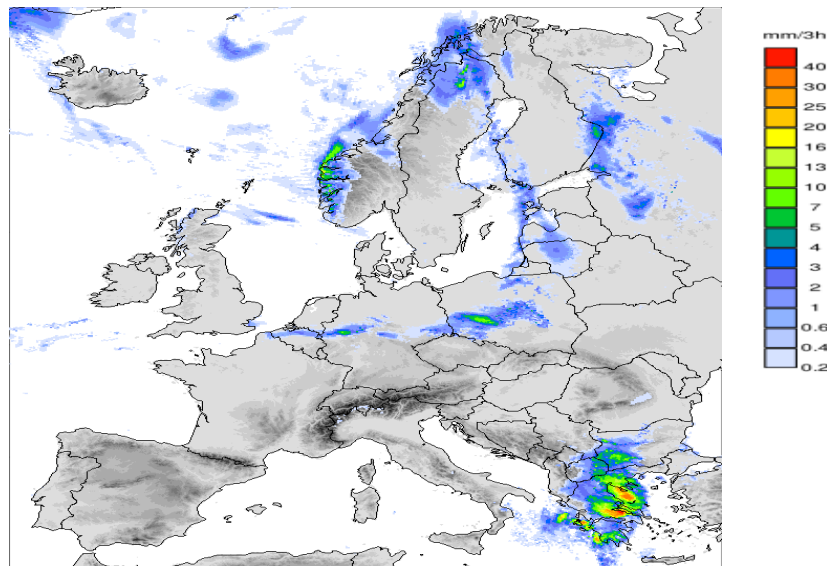
Σχήμα 1. 500 hpa: ισουψείς ανά 60 grm (μπλε γραμμές), ισόθερμες ανά 5°C (κόκκινες γραμμές)



Σχήμα 3. 850 hpa: ισουψείς ανά 60 grm (μπλε γραμμές), ισόθερμες ανά 2°C (κόκκινες γραμμές)



Σχήμα 2. Πεδίο πιέσεων στη Μέση Στάθμη Θάλασσας (Ισοβαρείς ανά 4 hpa) στις 17/07/2017 0000 UTC (Met Office)

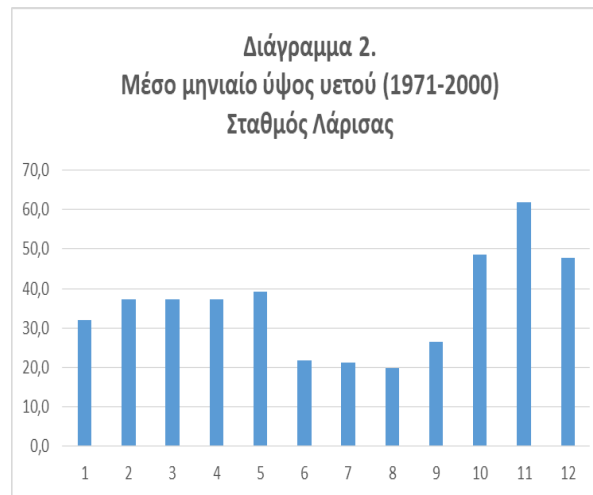
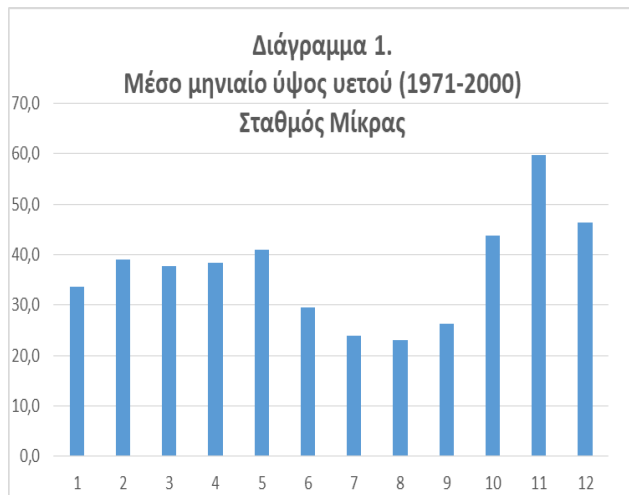


Σχήμα 4. Αθροιστικό ύψος υετού 3ωρου στις 17/07/2017 0600 UTC (ECMWF / EFAS)

ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Ο Μεσογειακός τύπος κλίματος, που επικρατεί στη χώρα μας, με τις ποικίλες κλιματικές υποκατηγορίες, λόγω του γεωγραφικού κυρίως παράγοντα, χαρακτηρίζεται από την ψυχρή και βροχερή περίοδο (Οκτώβριος - Μάρτιος) και τη θερμή και άνομβρη (Απρίλιος - Σεπτέμβριος). Ωστόσο, κατά τη θερμή περίοδο εκδηλώνονται «θερμικές καταιγίδες», με χαλαζοπτώσεις, και η συχνότητα εμφάνισής τους αυξάνεται από τα παράλια προς το εσωτερικό της χώρας. Οι θερμότεροι μήνες του έτους είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος με σταθερότερα, κατά κανόνα, βαρομετρικά συστήματα .

Από τους μήνες της ξηρής (άνομβρης) περιόδου, τον Ιούλιο και Αύγουστο σημειώνονται τα μικρότερα ύψη βροχής. Στα παρακάτω διαγράμματα (1, 2, 3) παρατίθεται (ενδεικτικά) η ετήσια κατανομή υετού για τους σταθμούς της ΕΜΥ: Μίκρα, Λάρισα και Καλαμάτα.



ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Από το απόγευμα της 15^{ης} Ιουλίου, βροχές σημειώθηκαν κατά τόπους στη βόρεια Ελλάδα. Στη συνέχεια, στις 16 και 17 Ιουλίου καταγράφηκαν σημαντικά ύψη βροχής σε όλη σχεδόν τη χώρα και σε αρκετούς σταθμούς οι τιμές αποτελούν τις μέγιστες (ρεκόρ) για το μήνα Ιούλιο για μεγάλες χρονοσειρές δεδομένων (60 χρόνια).

Επιπλέον, μεγάλα ύψη βροχής καταγράφηκαν στους αυτόματους σταθμούς της ΕΜΥ: στο Κοτρώνι Αττικής 24,6 χιλ. στις 17/7 (τιμή 12ωρου), στο νησί Άγιος Ευστράτιος 32,0 χιλ. στις 17/7 (τιμή 12ωρου) και στην Κύμη Εύβοιας 64,5 χιλ. στο 12ωρο από 17/07 2100 έως 18/07 0900.

Μεγάλες εντάσεις βροχής καταγράφηκαν και σε μικρότερο χρονικό βήμα (3ωρο), στη Λήμνο (56,4 χιλ.), στην Τανάγρα (56,6 χιλ.) και στην Καλαμάτα (42,9 χιλ.).

Αξίζει να σημειωθεί ότι δεδομένα μικρότερης χρονικής ευκρίνειας (μετρήσεις βροχογράφου 5 λεπτών), τα οποία υπάρχουν για μερικούς σταθμούς, θα έδιναν πληρέστερη εικόνα της σφοδρότητας των βροχοπτώσεων. Προς το παρόν αυτά δεν έχουν συλλεχθεί από τους σταθμούς προκειμένου να επεξεργαστούν και κατά συνέπεια δεν έχουν συμπεριληφθεί στην παρούσα εργασία.

Στον Πίνακα 1 καταγράφονται τα μέγιστα ύψη βροχής 12ωρου και ημερήσιο (προκύπτει ως άθροισμα των δύο 12ωρων τιμών) στις 16 και 17 Ιουλίου για 10 σταθμούς, η κατάταξη μεγέθους των τιμών αυτών για το μήνα Ιούλιο και οι μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης Ιουλίου (κλιματικές τιμές). Στον Πίνακα 2 καταγράφονται τα μέγιστα ύψη 12ωρου και ημερήσια το μήνα Ιούλιο, για όλα τα χρόνια που υπάρχουν διαθέσιμες μετρήσεις για κάθε σταθμό, και οι αμέσως επόμενες τιμές (2η ή 3η μέγιστη).

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Για τη μελέτη των ακραίων τιμών σε μια χρονοσειρά δεδομένων, μια μέθοδος που συστήνεται από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό/ WMO και εφαρμόζεται στην κλιματολογία είναι ο προσδιορισμός των εκατοστημορίων (εκατοστιαίες θέσεις (percentiles)). Τα δεδομένα κατατάσσονται σε αύξουσα ακολουθία, στη συνέχεια το διάστημα τιμών χωρίζεται σε 100 ίσα μέρη και το νιοστό εκατοστημόριο είναι η τιμή για την οποία το $n\%$ των τιμών της χρονοσειράς είναι μικρότερες από αυτήν. Η μέγιστη τιμή της χρονοσειράς είναι το 100^ο εκατοστημόριο.

Όσον αφορά στα δεδομένα βροχής- υετού (π.χ. ημερήσια ή 12ωρου), μια τιμή που υπερβαίνει το 90^ο εκατοστημόριο θεωρείται ακραία (extreme) και το 95^ο πολύ ακραία (very extreme).

Στην παρούσα εργασία προσδιορίστηκαν τα 95^ο εκατοστημόρια για τα 12ωρα και ημερήσια ύψη υετού για την κλιματική περίοδο αναφοράς 1971-2000 για τους 10 σταθμούς του Πίνακα 1. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε η κλιματική βάση δεδομένων της ΕΜΥ και συμπληρωματικά, λόγω τεχνικών προβλημάτων, το στατιστικό πακέτο SPSS για τον υπολογισμό των εκατοστημορίων των ημερήσιων τιμών για 7 σταθμούς.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι όλες οι τιμές 12ωρου και ημερήσιες που σημειώθηκαν στις 16 και 17 Ιουλίου είναι μεγαλύτερες από το 95^ο εκατοστημόριο, δηλαδή χαρακτηρίζονται ακραίες έως πολύ ακραίες.

Τα παραπάνω παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 3.

Για τους αυτόματους σταθμούς (Κύμη, Κοτρώνι και Άγιος Ευστράτιος), δεν υπάρχουν ιστορικά δεδομένα για να αναλυθούν.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Μέγιστα ύψη βροχής 12ωρου στις 16 και 17 Ιουλίου 2017 σε χλιοστά και στατιστικές τιμές

Μετ/κος Σταθμός	Ύψος 12ωρου 16/7 09:00 - 2100	Ύψος 12ωρου 16/7/21:00 - 17/7/ 09:00	Ύψος 12ωρου 17/7 09:00 - 21:00	Κατάταξη μεγέθους τιμής Ιουλίου (1955-2017)	Μέσο ύψος Ιουλίου (1971-2000)
ΤΑΝΑΓΡΑ		65,2	2,9	1 ^η μέγιστη τιμή 12ωρου & 24ωρου	12,7
ΛΑΡΙΣΑ	47,6	23,9	26,6	2 ^η μέγιστη τιμή 12ωρου & 24ωρου	21,2
ΑΓΧΙΑΛΟΣ		38,8	11,8	1 ^η μέγιστη τιμή 24ωρου & 2 ^η μέγιστη 12ωρου	17,5
ΣΚΥΡΟΣ		33,4	2,6	2 ^η μέγιστη τιμή 12ωρου & 3 ^η μέγιστη 24ωρου	9,6
ΛΗΜΝΟΣ			62,2	1 ^η μέγιστη τιμή 12ωρου & 24ωρου	12,2
ΜΙΚΡΑ	17,3	17,8	34,0	Μεγάλη τιμή 12ωρου & 24ωρου	23,9
ΑΝΔΡΑΒΙΔΑ		37,1	7,6	1 ^η μέγιστη τιμή 12ωρου & 24ωρου	9,3
ΑΡΑΞΟΣ	33,7	4,6		2 ^η μέγιστη τιμή 12ωρου & 3 ^η μέγιστη 24ωρου	10,3
ΤΡΙΠΟΛΗ		34,9	2,2	1 ^η μέγιστη τιμή 12ωρου & 24ωρου	21,8
ΚΑΛΑΜΑΤΑ		43,0	9,6	1 ^η μέγιστη τιμή 12ωρου & 24ωρου	7,6

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Ακραίες τιμές βροχής (12ωρου και ημερήσιες) σε χιλιοστά για το μήνα Ιούλιο

Μετ/κος Σταθμός	Μέγιστο ύψος βροχής 12ωρου (ρεκόρ)	2 ^ο μέγιστο ύψος βροχής 12ωρου	Μέγιστο ημερήσιο ύψος βροχής (ρεκόρ)	2 ^ο μέγιστο ημερήσιο ύψος βροχής	Χρονική περίοδος αναφοράς
ΤΑΝΑΓΡΑ	65,2 7 ^{ος} 2017	51,2 7 ^{ος} 2002	68,1 7 ^{ος} 2017	51,2 7 ^{ος} 2002	1957 - 2017
ΛΑΡΙΣΑ	93,9 7 ^{ος} 1972	47,6 7 ^{ος} 2017	109,5 7 ^{ος} 1972	50,5 7 ^{ος} 2017	1955 - 2017
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	41,2 7 ^{ος} 1959	38,8 7 ^{ος} 2017	50,6 7 ^{ος} 2017	42,0 7 ^{ος} 2002	1956 - 2017
ΣΚΥΡΟΣ	35,0 7 ^{ος} 1976	33,4 7 ^{ος} 2017	43,0 7 ^{ος} 1976	36,5 7 ^{ος} 1959	1955 - 2017
ΛΗΜΝΟΣ	62,2 7 ^{ος} 2017	34,3 7 ^{ος} 1980	62,2 7 ^{ος} 2017	35,0 7 ^{ος} 2010	1973 - 2017
ΜΙΚΡΑ	74,9 7 ^{ος} 2005	60,0 7 ^{ος} 1976	84,0 7 ^{ος} 2005	60,2 7 ^{ος} 1976	1959 - 2017
ΑΝΔΡΑΒΙΔΑ	37,1 7 ^{ος} 2017	24,4 7 ^{ος} 1974	44,7 7 ^{ος} 2017	29,9 7 ^{ος} 1989	1959 - 2017
ΑΡΑΞΟΣ	35,0 7 ^{ος} 1986	33,7 7 ^{ος} 2017	40,8 7 ^{ος} 2002	35,0 7 ^{ος} 1986	1955 - 2017
ΤΡΙΠΟΛΗ	34,9 7 ^{ος} 2017	26,4 7 ^{ος} 1979	37,1 7 ^{ος} 2017	26,4 7 ^{ος} 1979	1957 - 2017
ΚΑΛΑΜΑΤΑ	43,0 7 ^{ος} 2017	27,7 7 ^{ος} 1991	52,6 7 ^{ος} 2017	27,7 7 ^{ος} 1991	1956 - 2017

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. 95^ο εκατοστημόρια βροχής 12ωρου και ημερήσια (1971-2000) και μέγιστες τιμές (χιλιοστά)

Μετ/κος Σταθμός	Μέγιστο ύψος βροχής 12ωρου στις 16-17 Ιουλίου 2017	95 ^ο εκατοστημόριο βροχής 12ωρου (1971-2000)	Μέγιστο ύψος βροχής 12ωρου (1971-2000)	Μέγιστο ημερήσιο ύψος βροχής στις 16-17 Ιουλίου 2017	95 ^ο εκατοστημόριο ημερήσιας βροχής (1971-2000)	Μέγιστο ημερήσιο ύψος βροχής (1971-2000)
ΤΑΝΑΓΡΑ	65,2	17,4	111,0	68,1	22,8	169,3
ΛΑΡΙΣΑ	47,6	13,9	93,9	50,5	17,8	141,1
ΑΓΧΙΑΛΟΣ	38,8	15,8	144,5	50,6	20,1	144,5
ΣΚΥΡΟΣ	33,4	17,5	69,6	36,0	22,1	90,0
ΛΗΜΝΟΣ	62,2	20,0	89,2	62,2	26,8	97,7
ΜΙΚΡΑ	34,0	15,4	66,8	51,8	19,8	84,7
ΑΝΔΡΑΒΙΔΑ	37,1	22,7	116,0	44,7	30,8	116,4
ΑΡΑΞΟΣ	33,7	20,0	98,9	33,7	26,6	102,7
ΤΡΙΠΟΛΗ	34,9	20,5	76,0	37,1	27,8	110,7
ΚΑΛΑΜΑΤΑ	43,0	21,9	183,2	52,6	30,8	183,2

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτουν τα ακόλουθα:

Η καιρική διαταραχή που επηρέασε τη χώρα μας στις 16-17 Ιουλίου ήταν ασυνήθιστη για την εποχή, για το λόγο ότι τα συνοπτικής κλίμακας συστήματα, με έντονη δυναμική αστάθεια, την εποχή αυτή κινούνται συνήθως σε βορειότερα γεωγραφικά πλάτη. Ακόμη, όταν διέλθουν από τη χώρα μας, κινούνται γρήγορα και δίνουν φαινόμενα περισσότερο στις βορειότερες περιοχές της χώρας. Το αίτιο ήταν δυναμικό, όπως φαίνεται και στη συνοπτική κατάσταση, με αποτέλεσμα τα φαινόμενα να εκδηλωθούν και τις νυχτερινές και πρωινές ώρες, με μεγάλη ένταση και διάρκεια και να επηρεάσουν και νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές, ακόμα και της νότιας χώρας. Βέβαια συνέβαλε σημαντικά και το θερμικό αίτιο, επειδή, εκτός από τον εποχικό παράγοντα της υπερθέρμανσης του εδάφους, είχαν προηγηθεί δύο επεισόδια καύσωνα στη χώρα μας, που το δεύτερο ολοκλήρωσε τον κύκλο του στις 13 Ιουλίου, δύο ημέρες πριν την εκδήλωση της κακοκαιρίας.

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης δεδομένων με την μέθοδο των εκατοστημορίων δείχνουν ότι οι τιμές βροχόπτωσης που σημειώθηκαν ήταν ακραίες, ενώ οι περισσότερες από αυτές αποτελούν τις μέγιστες για το μήνα Ιούλιο που έχουν καταγραφεί μέχρι σήμερα.

Η κακοκαιρία αυτή προβλέφτηκε με επιτυχία, με βάση και τα προϊόντα των μοντέλων αριθμητικής πρόγνωσης καιρού και τα άλλα τεχνικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται στην ΕΜΥ. Επίσης έγινε έγκαιρη προειδοποίηση των αρμόδιων αρχών και του κοινού ώστε να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα για την αντιμετώπιση των επιπτώσεών της.



Πλημμυρισμένοι οι δρόμοι στον δήμο Αγιάς του νομού Λαρίσης
(Φωτογραφία: ΑΠΕ)

Ευχαριστώ το συνάδελφο Δρ. Αθανάσιο Σαραντόπουλο για τη συνεργασία του στη χρήση της εφαρμογής SPSS.

ΠΗΓΕΣ

1. Ζαμπάκας Ι. , 1981: Γενική Κλιματολογία, Αθήνα
2. Λιώκη-Λειβαδά Η., Ασημακόπουλος Δ. Ν., 2002: Εισαγωγή στην Εφαρμοσμένη Στατιστική, Αθήνα
3. WMO –TD No. 1500, 2009: Climate and Data Monitoring WCDMP - No.72
4. Κλιματική βάση δεδομένων της ΕΜΥ, 1955 μέχρι σήμερα
5. Πληροφορίες από τις ιστοσελίδες: <http://www.in.gr>, <http://www.newsit.gr>