

## Η ΜΕΣΗ ΡΑΓΔΑΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Ε. Α. ΚΑΝΕΛΟΠΟΥΛΟΥ<sup>1</sup>, Κ. Α. ΠΑΓΩΝΗΣ<sup>2</sup>

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μελέτη εξετάζεται η μέση ραγδαιότητα των βροχοπτώσεων στην Ελλάδα κατά την 30ετή περίοδο 1963-1992. Μελετάται η επίδραση του υψομέτρου και των γεωγραφικών συντεταγμένων στην ραγδαιότητα με τη χρήση του γραμμικού μοντέλου παλινδρόμησης (Fisher, 1958) και εφαρμόστηκε ο έλεγχος Mann-Kendall (W.M.O., 1966) για την αναζήτηση των κλιματικών τάσεων. Οι ισοπληθείς καμπύλες (εποχικές και ετήσια) χαρακτήθηκαν με την μέθοδο Kriging (Olea, 1987) ενώ η χωρική διακύμανση εξετάστηκε με την εφαρμογή της ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες (Jolliffe, 1986). Εξετάζεται επίσης η ύπαρξη περιοδικότητας με την εφαρμογή της φασματικής ανάλυσης.

### ABSTRACT

In this paper the intensity of rainfalls is investigated and analysed in Hellas area. The meteorological station's net, which was used, consists of 40 stations and the time series extend from 1963-1992. It was examined the influence of altitude and geographic coordinates on the number of precipitation days, using linear models of regression analysis. The application of the Principal Components Analysis (PCA, S-mode), on the mentioned climatic file, results in the spatial variation of the precipitation days in Hellas, while the time series trends were examined by the Mann-Kendall criterion. Finally it was examined the existence of periodicity with the application of spectrum analysis in long terms time series.

**ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ:** Υετός, Ραγδαιότης, Ανάλυση Κύριες Συνιστώσες

**KEY WORDS:** Precipitation, Intensity, Principal Components Analysis

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ένταση των βροχοπτώσεων ορίζεται με τον χρονικό ρυθμό μεταβολής του ύψους του συλλεχθέντος ύδατος:  $I = \frac{dh}{dt}$  και μετρείται συνήθως σε χιλιοστά ύψους υετού ανά ώρα, (mm/h). Από κλιματικής άποψης η ένταση των βροχοπτώσεων εξετάζεται με τη χρήση της ραγδαιότητας η οποία ορίζεται με το πηλίκο του ύψους υετού Η προς τον αριθμό ημερών υετού N:  $P = H/N$  και μετρείται σε μονάδες ύψους υετού (ΚΑΡΑΠΙΠΕΡΗΣ, 1971). Η ραγδαιότητα ως κλιματικό στοιχείο μιας περιοχής καθορίζει το είδος των βροχοπτώσεων αναφορικά με την μέση ένταση αυτών και ο υπολογισμός της γίνεται σε μηνιαία, εποχική και ετήσια βάση. Η ραγδαιότητα αποτελεί σημαντικό διαμορφωτικό παράγοντα του ανάγλυφου και της εδαφοκάλυψης και συνεπώς επηρεάζει τη δενδροκάλυψη καθώς και τις αγροτικές καλλιέργειες μιας περιοχής. Με την παρούσα εργασία επιχειρείται να δοθεί μία συνοπτική εικόνα της χωρικής και χρονικής διακύμανσης της ραγδαιότητας των βροχοπτώσεων στον Ελληνικό χώρο.

### ΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Το συγκροτηθέν δίκτυο για την εξέταση αριθμού ημερών υετού στην Ελλάδα αποτελείται από 40 σταθμούς της Ε.Μ.Υ., των οποίων η γεωγραφική κατανομή φαίνεται στον χάρτη 1, ενώ η ακριβής θέση και το υψόμετρο κάθε σταθμού αναγράφεται στο πίνακα Ι. Οι χρονοσειρές που εξετάστηκαν καλύπτουν την κοινή χρονική περίοδο 1963-1992.

Ο έλεγχος της ομοιογένειας των παρατηρήσεων έγινε με την εφαρμογή της παραμετρικής στατιστικής δοκιμασίας "Runs-Test" (ΜΩΡΑΪΤΟΥ-ΠΡΕΖΕΡΑΚΟΥ, 1976, ΖΕΡΕΦΟΣ κ.ά., 1977) τα αποτελέσματα της οποίας κρίθηκαν ικανοποιητικά, εφ' όσον ο αριθμός των κυμάτων (runs) βρέθηκε εντός των ορίων που προβλέπονται θεωρητικά (LANGLEY et all, 1979).

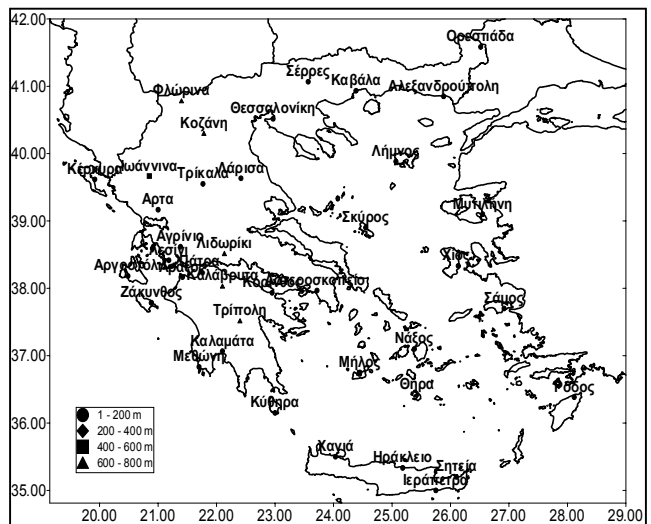
1: E.A. KANELLOPOYLOY, Lab of Climatology-Univ. of Athens, Univ. Campus, Ilisia 15784

2: K.A. PAGONIS, Hellenic Pedagogical Institute, Mesogion 396-Athens 15341

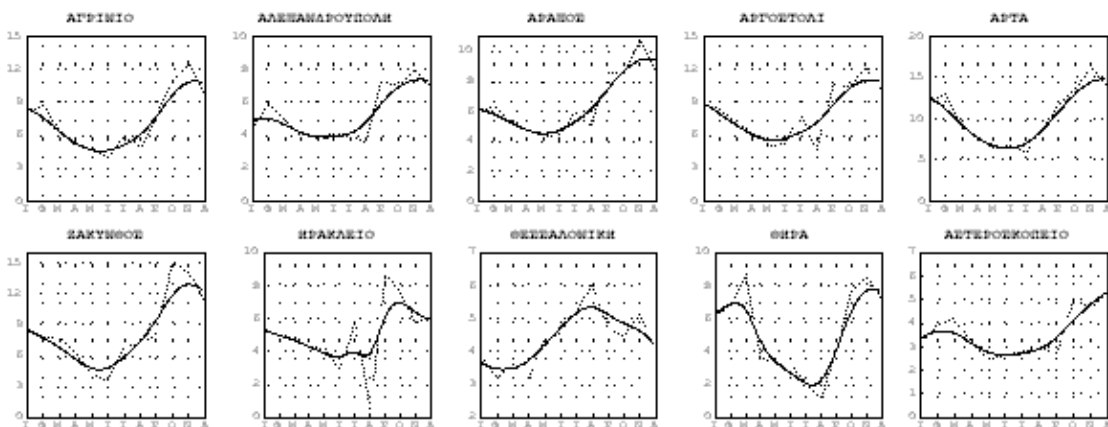
Πίνακας Ι. Μητρώο των σταθμών του κλιματικού δικτύου									
α/α	Σταθμός	φ (°)	λ (°)	h (m)	α/α	Σταθμός	φ (°)	λ (°)	h (m)
1	Αγρίνιο	38° 37'	21° 23'	46	21	Λεσίνι	38° 25'	21° 11'	1
2	Αλεξανδρούπολη	40° 51'	25° 53'	3	22	Λήμνος	39° 53'	25° 04'	13
3	Αραξος	38° 10'	21° 25'	14	23	Λιδωρική	38° 31'	22° 08'	600
4	Αργοστόλι	38° 11'	20° 29'	2	24	Μεθώνη	36° 50'	21° 42'	33
5	Αρτα	39° 10'	21° 00'	39	25	Μήλος	36° 45'	24° 27'	182
6	Αστεροσκοπείο	37° 58'	23° 43'	60	26	Μυτιλήνη	39° 06'	26° 33'	2
7	Ζάκυνθος	37° 47'	20° 53'	3	27	Νάξος	37° 06'	25° 23'	9
8	Ηράκλειο	35° 20'	25° 11'	38	28	Ορεστιάδα	41° 35'	26° 31'	43
9	Θεσσαλονίκη	40° 31'	22° 58'	4	29	Πάτρα	38° 15'	21° 44'	1
10	Θήρα	36° 25'	25° 26'	213	30	Πόρος	37° 3'	23° 27'	20
11	Ιεράπετρα	35° 00'	25° 45'	16	31	Ρόδος	36° 23'	28° 07'	35
12	Ιωάννινα	39° 40'	20° 51'	483	32	Σάμος	37° 42'	26° 55'	48
13	Καβάλα	40° 56'	24° 23'	60	33	Σέρρες	41° 04'	23° 34'	32
14	Καλάβρυτα	38° 02'	22° 06'	731	34	Σητεία	35° 12'	26° 06'	25
15	Καλαμάτα	37° 04'	22° 06'	6	35	Σκύρος	38° 54'	24° 33'	4
16	Κέρκυρα	39° 37'	19° 55'	2	36	Τρίκαλα	39° 33'	21° 46'	112
17	Κοζάνη	40° 18'	21° 47'	625	37	Τρίπολη	37° 31'	22° 24'	661
18	Κόρινθος	37° 56'	22° 57'	4	38	Φλώρινα	40° 47'	21° 24'	650
19	Κύθηρα	36° 09'	23° 00'	167	39	Χανιά	35° 30'	24° 02'	62
20	Λάρισα	39° 38'	22° 25'	73	40	Χίος	38° 20'	26° 08'	3

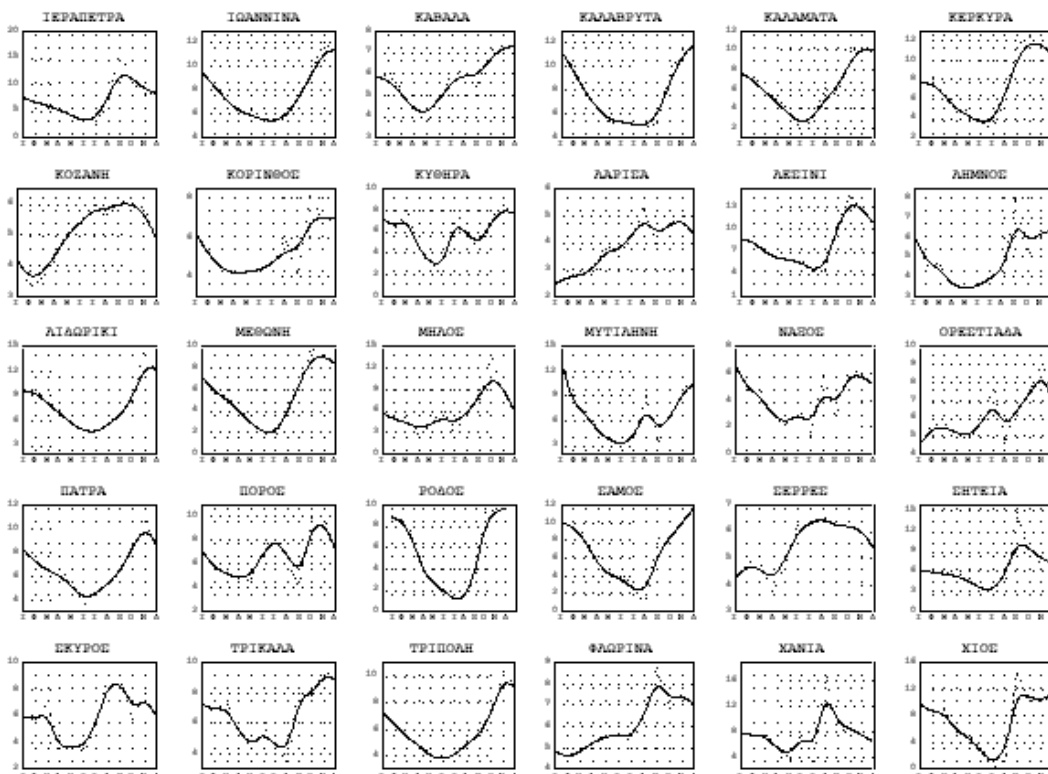
### ΕΤΗΣΙΑ - ΕΠΟΧΙΚΗ ΚΥΜΑΝΣΗ

Η ετήσια πορεία της ραγδαιότητας παρουσιάζει πολλαπλή κύμανση για την πλειοψηφία των σταθμών. Στους θαλάσσιου τύπου σταθμούς τα κύρια μέγιστα καταγράφονται τους χειμερινούς μήνες, κυρίως το Νοέμβριο, ενώ σημειώνονται σαφή δευτερεύοντα μέγιστα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, τα οποία οφείλονται στη ανάπτυξη θερμικών καταιγίδων (Ηράκλειο, Αργοστόλι, Νάξος κ.ά). Σε σταθμούς με ηπειρωτικό χαρακτήρα, (Κοζάνη, Φλώρινα, Θεσσαλονίκη κ.ά) τα κύρια μέγιστα καταγράφονται τους θερινούς μήνες, ενώ σημειώνονται δευτερεύουσες κυμάνσεις το χειμώνα και την άνοιξη. Στα διαγράμματα του σχήματος 1 φαίνεται ανά σταθμό η μέση ετήσια πορεία της ραγδαιότητας (εστιγμένη) και η προσαρμογή της καμπύλης των ελαχίστων τετραγώνων (συνεχής).



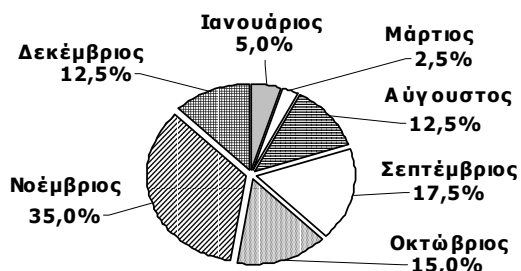
Χάρτης 1. Γεωγραφική θέση των σταθμών του κλιματικού δικτύου





Σχήμα 1. Μέση μηνιαία κύμανση της ραγδαιότητας στην Ελλάδα

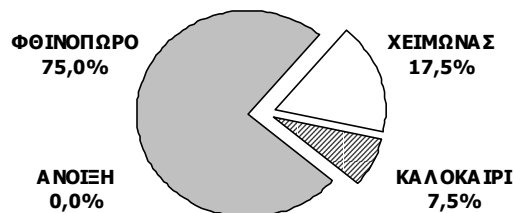
Οι μέγιστες τιμές ραγδαιότητας στην Ελλάδα (σχήμα 2) σημειώνονται το Νοέμβριο σε ποσοστό 35% επί του συνόλου των σταθμών, ακολουθεί ο Σεπτέμβριος με 17,5% και ο Αύγουστος με το Δεκέμβριο 12,5%. Η εποχική κατανομή ακολουθεί τη διάταξη: Φθινόπωρο>Χειμώνας>Καλοκαίρι, ενώ είναι αξιοσημείωτο ότι σε κανένα σταθμό του δικτύου δεν καταγράφεται μέγιστη εποχική ραγδαιότητα κατά την άνοιξη (σχήμα 3).



Σχήμα 2. Μηνιαία (%) κατανομή της μέγιστης ραγδαιότητας

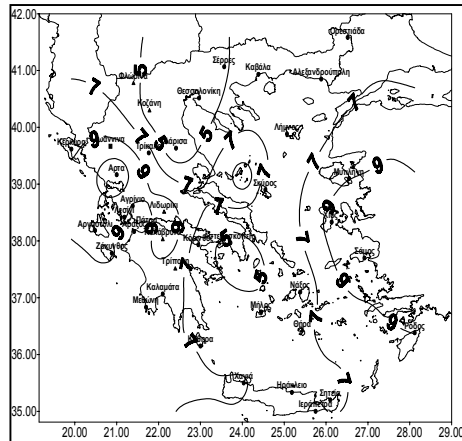
**ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ**

Κατά τους μήνες της χειμερινής περιόδου (χάρτης 2), οι μέγιστες τιμές ραγδαιότητας καταγράφονται στα δυτικά παράκτια τμήματα της χώρας, στα Επτάνησα, στην κεντρική και βόρεια ορεινή Πελοπόννησο και στα νησιά του ανατολικού Αιγαίου. Ενώ οι ελάχιστες καταγράφονται κυρίως στα νησιά του Αργοσαρωνικού και τις Κυκλάδες. Την άνοιξη (χάρτης 3), οι περιοχές μεγίστων-ελαχίστων δεν διαφοροποιούνται ουσιαστικά από το χειμώνα, με εξαίρεση τη γενική πτώση της ραγδαιότητας και την διεύρυνση των περιοχών των μεγίστων προς τις ηπειρωτικές περιοχές λόγω των εαρινών καταιγίδων. Κατά τη θερινή περίοδο (χάρτης 4), καταγράφεται σημαντική πτώση της ραγδαιότητας σε όλες τις περιοχές της χώρας και τα μέγιστα εντοπίζονται στη

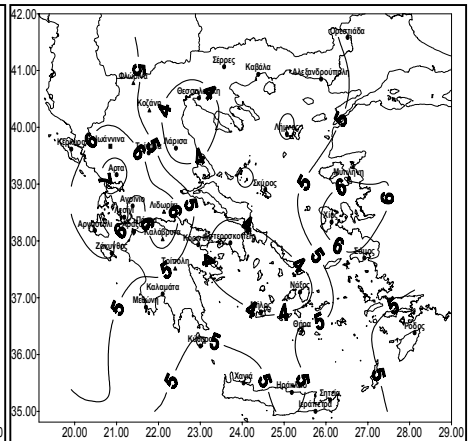


Σχήμα 3. Εποχική (%) κατανομή της μέγιστης ραγδαιότητας

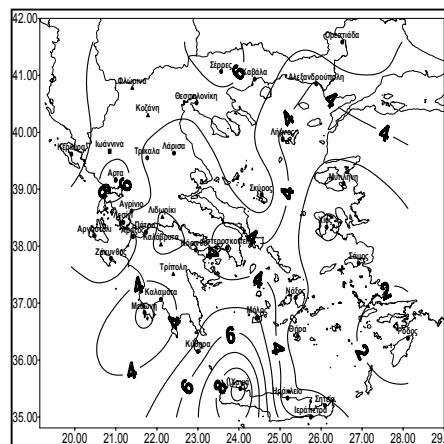
βόρεια Ελλάδα και γενικά υπεράνω των ηπειρωτικών περιοχών λόγω των θερμικών καταιγίδων. Ισχυρά μέγιστα καταγράφονται επίσης στη βορειοδυτική Κρήτη. Το φθινόπωρο (χάρτης 5), με την ενεργοποίηση του Μεσογειακού μετώπου καταγράφεται αύξηση της ραγδαιότητας σε όλη την Ελλάδα και στις δυτικές περιοχές καταγράφονται τα ισχυρότερα εποχικά μέγιστα, ενώ ταυτόχρονα αναδεικνύεται η έντονη επίδραση της ορογραφίας. Συνολικά για το έτος (χάρτης 6), η χωρική κατανομή της ραγδαιότητας εμφανίζει εικόνα παρόμοια με τη χειμερινή κατανομή. Οι γεωγραφικές περιοχές των μεγίστων και ελαχίστων ουσιαστικά δεν διαφοροποιούνται, η μέση τιμή ραγδαιότητας για όλη την Ελλάδα είναι 6,4mm με τυπική απόκλιση 1,4mm, ελάχιστη τιμή 3,6mm (Αστεροσκοπείο) και μέγιστη 10,4mm (Άρτα).



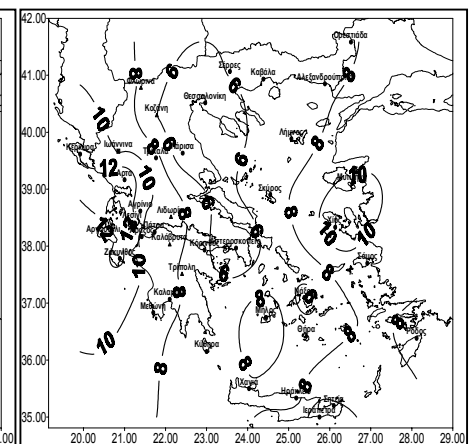
**Χάρτης 2.** Χωρική κατανομή της μέσης ραγδαιότητας το χειμώνα



**Χάρτης 3.** Χωρική κατανομή της μέσης ραγδαιότητας την άνοιξη



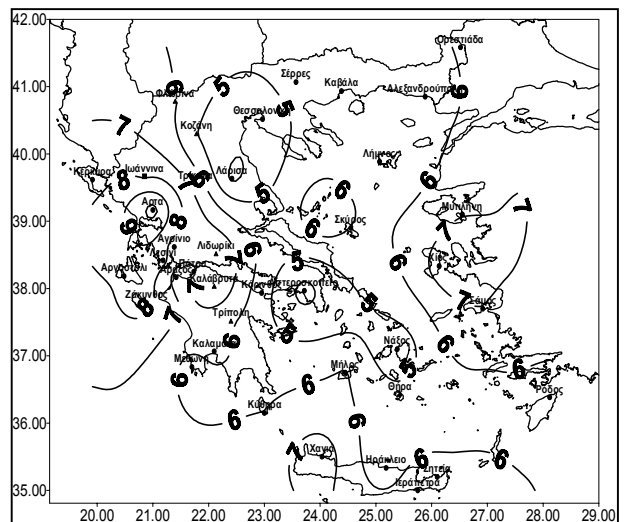
**Χάρτης 4.** Χωρική κατανομή της μέσης ραγδαιότητας το φθινόπωρο



**Χάρτης 5.** Χωρική κατανομή της μέσης ραγδαιότητας το έτος

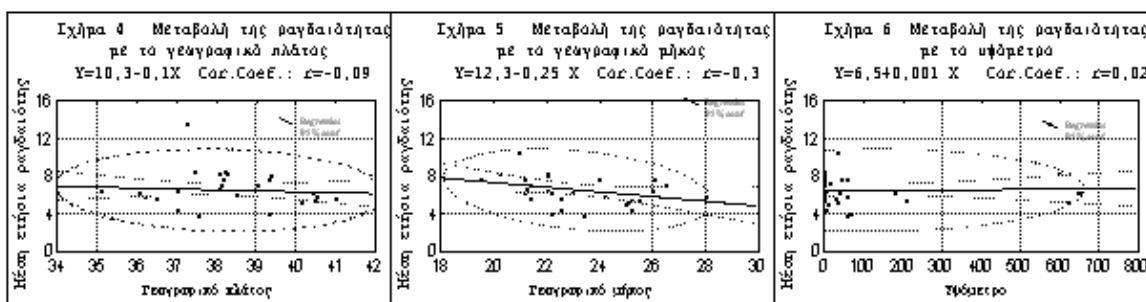
#### ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ

Εξετάστηκε η επίδραση των γεωγραφικών συντεταγμένων καθώς και του υψόμετρου στη ραγδαιότητα της βροχής σε ετήσια και εποχική βάση, εφαρμόζοντας το γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης. Μοναδική στατιστικά σημαντική συσχέτιση παρατηρείται κατά τη φθινοπωρινή περίοδο με το γεωγραφικό μήκος, ( $r=-0,40$ ), όπως σημειώνεται στο γραμμοσκιασμένο κελί του πίν. II. Επιπλέον η ραγδαιότητα εμφανίζει σε ετήσια βάση ισχυρότερη συσχέτιση (αρνητική) με το γ.μήκος παρά με το γ.πλάτος ή το υψόμετρο. Φαίνεται λοιπόν ότι το γ. μήκος ασκεί εντονότερη επίδραση (αρνητική) στη μέση ραγδαιότητα, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στην επίδραση υγρών αερίων μαζών οι οποίες κινούνται ανατολικά και της παρεμβολής των κύριων ορεινών όγκων των Ελληνίδων οροσειρών, κάθετα στην διεύθυνση της κίνησης αυτών με αποτέλεσμα τις αυξημένες τιμές ραγδαιότητας στα δυτικά (ομβροπλευρά) και την μείωση αυτών προς τα ανατολικά (ομβροσκιά). Το φαινόμενο είναι ιδιαίτερα έντονο το φθινόπωρο, με την ενεργοποίηση του Μεσογειακού μετώπου, κι έτσι μπορεί να ερμηνευθεί η μοναδική στατιστικά σημαντική συσχέτιση του πιν. II.



**Χάρτης 6.** Χωρική κατανομή της μέσης ετήσιας ραγδαιότητας στην Ελλάδα

Πίνακας II. Συσχέτιση της μέσης ραγδαιότητας με τους φυσικογεωγραφικούς παραγόντες	Π. Πλάτος	Π. Μήκος	Υψόμετρο
Χειμώνας	$r=-0,21$	$r=-0,17$	$r=0,03$
Άνοιξη	$r=-0,14$	$r=-0,24$	$r=0,08$
Καλοκαίρι	$r=0,09$	$r=-0,27$	$r=-0,04$
Φθινόπωρο	$r=-0,26$	$r=-0,40$	$r=-0,17$
Ετήσιο	$r=-0,09$	$r=-0,33$	$r=0,02$



### FACTOR ANALYSIS (ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ)

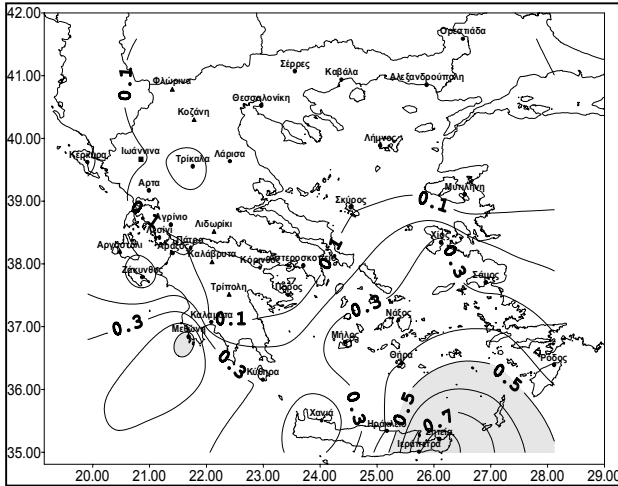
Με σκοπό την λεπτομερέστερη μελέτη της χωρικής κατανομής της ραγδαιότητας στην Ελλάδα κατά την εξεταζόμενη χρονική περίοδο 1963–1992, χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση σε κύριες συνιστώσες (JOLLIFFE, 1986) στις χρονοσειρές των μέσων μηνιαίων τιμών ραγδαιότητας. Στον πίν.ΙΙΙ αναγράφονται οι 7 πρώτες κύριες συνιστώσες με ιδιοτιμές άνω του 1 και οι οποίες ερμηνεύουν το 50,4% της συνολικής μεταβλητότητας. Στον πίν.ΙV αναγράφονται οι τιμές των factor loadings όπως αυτές προκύπτουν μετά την Varimax περιστροφή των αξόνων. Η χωρική κατανομή των factor loadings των 4 πρώτων κυρίων συνιστωσών απεικονίζονται στους χάρτες 7 έως 10. Παρατηρούμε ότι ο η πρώτη κύρια συνιστώσα (PC<sub>1</sub>) ομαδοποιεί σταθμούς της Κρήτης και των νησιών του Αιγαίου, και ερμηνεύει το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής μεταβλητότητας (23%). Η δεύτερη κύρια συνιστώσα (PC<sub>2</sub>) ομαδοποιεί, κατά κανόνα, σταθμούς των δυτικών παράκτιων περιοχών της Ελλάδας και των Ιονίων νήσων και ερμηνεύει το 7% της συνολικής μεταβλητότητας. Η τρίτη κύρια συνιστώσα (PC<sub>3</sub>) ομαδοποιεί σταθμούς της βόρειας Ελλάδας, και ερμηνεύει το 5% της συνολικής μεταβλητότητας. Η τέταρτη κύρια συνιστώσα (PC<sub>4</sub>) ομαδοποιεί σταθμούς του βόρειου Αιγαίου και των κεντρικών ορεινών περιοχών της Ελλάδας και ερμηνεύει το 4,5% της συνολικής μεταβλητότητας. Οι υπόλοιπες κύριες συνιστώσες ομαδοποιούν μικρές περιοχές ή και απομονωμένους σταθμούς.

Πίνακας ΙΙΙ. Ιδιοτιμές και ερμηνευμένη μεταβλητότητα

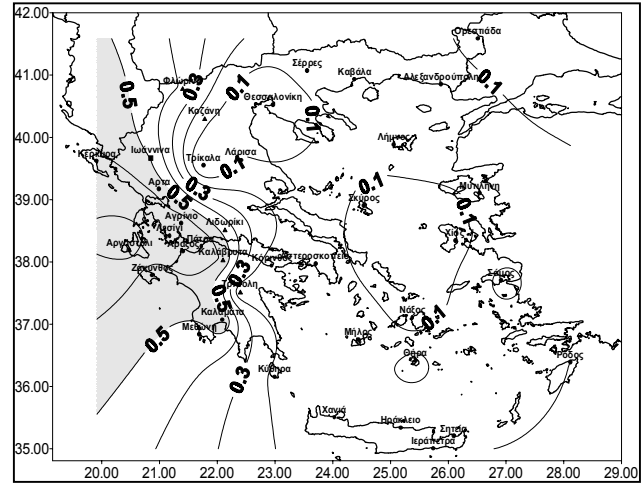
PC	Egnval	% Var.	Cum.%
1	9.18	22.94	22.94
2	2.83	7.07	30.02
3	2.04	5.10	35.12
4	1.77	4.42	39.54
5	1.58	3.95	43.49
6	1.45	3.62	47.11
7	1.29	3.32	50.43

Πίνακας ΙV. Factor Loadings (Varimax normalized)

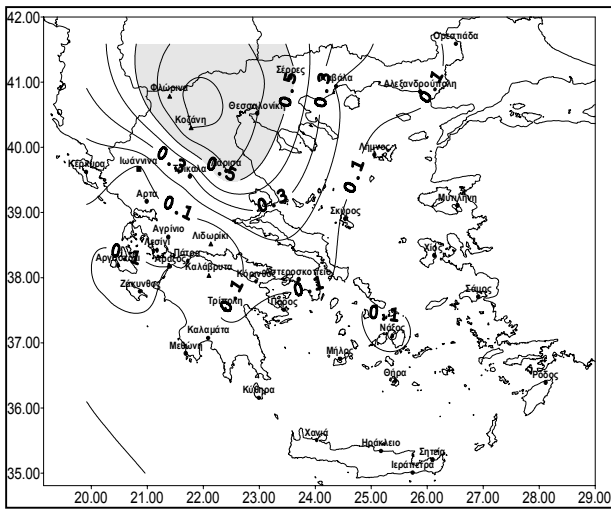
Σταθμός	PC <sub>1</sub>	PC <sub>2</sub>	PC <sub>3</sub>	PC <sub>4</sub>	PC <sub>5</sub>	Σταθμός	PC <sub>1</sub>	PC <sub>2</sub>	PC <sub>3</sub>	PC <sub>4</sub>	PC <sub>5</sub>
Αγορίνιο	0,04	0,66	0,09	0,02	0,36	Λεσίνι	0,16	0,67	0,07	0,02	-0,03
Αλεξανδρούπο-	0,08	0,20	0,14	0,15	0,60	Λήμνος	-0,04	0,17	0,06	0,54	0,06
Άραξος	0,17	0,66	0,10	0,05	0,10	Λιθωρίκι	0,03	0,46	-0,04	0,03	0,30
Αροστόλι	0,12	0,73	0,12	0,13	-0,13	Μεθώνη	0,57	0,45	0,07	0,04	0,03
Άρτα	0,03	0,57	0,07	0,25	0,15	Μήλος	0,41	0,20	-0,03	0,09	-0,09
Άστεροσκοπείο	0,03	0,16	0,14	0,11	0,05	Μυτιλήνη	0,00	0,19	-0,18	0,62	0,08
Ζάκυνθος	0,03	0,54	0,12	0,10	-0,23	Νάξος	0,32	0,04	0,23	0,18	-0,26
Ηράκλειο	0,41	0,14	0,01	0,06	0,13	Ορεστιά-	0,04	0,04	0,08	0,07	0,75
Θεσσαλονίκη	0,06	-0,07	0,60	0,13	-0,06	Πάτρα	0,08	0,68	-0,11	0,25	0,27
Θήρα	0,40	0,23	-0,13	0,12	0,04	Πόρος	0,04	0,10	0,05	0,01	0,00
Ιεράπετρα	0,80	0,12	-0,02	-0,02	0,02	Ρόδος	0,35	0,23	-0,10	0,13	0,03
Ιωάννινα	0,11	0,50	0,08	0,08	0,30	Σάμος	0,27	0,18	-0,13	0,23	0,02
Καβάλα	-0,22	0,18	0,19	0,36	0,22	Σέροες	-0,06	0,10	0,53	-0,09	0,64
Καλάβρυτα	0,05	0,58	-0,04	0,14	0,07	Σητεία	0,85	0,01	0,00	-0,01	0,13
Καλαμάτα	0,06	0,59	0,02	0,05	0,03	Σκύρος	0,09	-0,04	0,08	0,77	-0,02
Κέρκυρα	0,22	0,61	0,14	0,05	-0,04	Τρίκαλα	0,18	0,12	0,27	0,66	0,10
Κοζάνη	0,00	0,13	0,70	-0,02	-0,17	Τρίπολη	0,05	0,39	0,14	0,12	0,15
Κόρινθος	0,05	0,14	0,13	-0,01	0,12	Φλώρινα	-0,05	0,13	0,67	0,23	0,25
Κύθηρα	0,30	0,17	0,00	0,37	-0,11	Χανιά	0,10	0,06	-0,03	0,06	-0,03
Λάρισα	-0,04	0,12	0,60	0,08	0,08	Χίος	0,33	0,17	-0,24	0,24	0,10



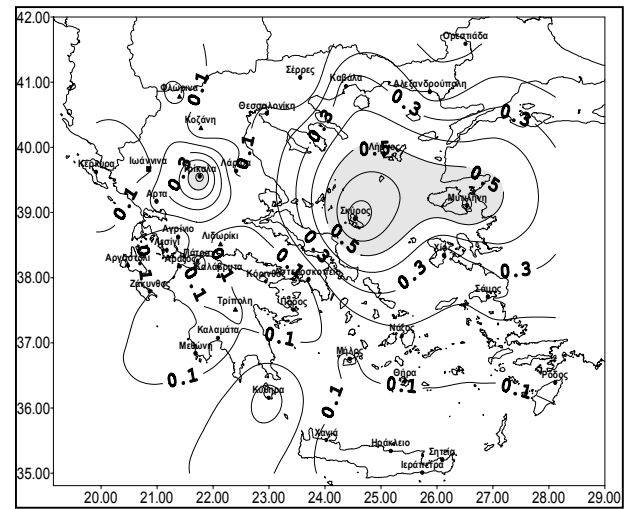
Χάρτης 2. Χωρική κατανομή της PC<sub>1</sub>



Χάρτης 3. Χωρική κατανομή της PC<sub>2</sub>



Χάρτης 4. Χωρική κατανομή της PC<sub>3</sub>



Χάρτης 5. Χωρική κατανομή της PC<sub>4</sub>

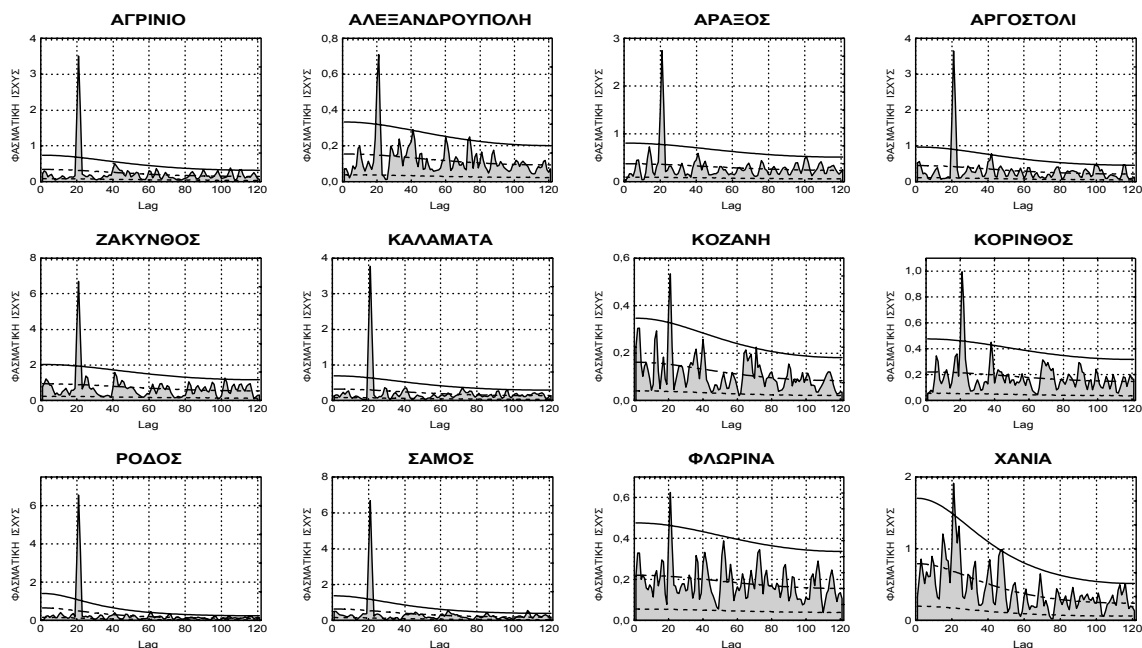
**ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ - ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΤΗΤΕΣ**

Με την εφαρμογή του κριτηρίου Mann-Kendall στις χρονοσειρές των μέσων μηνιαίων τιμών ραγδαιότητας, διαπιστώθηκε ότι στους 12 εκ των 40 σταθμών του δικτύου (30%) παρατηρείται στατιστικά σημαντική τάση αύξησης της ραγδαιότητας, η οποία οφείλεται μάλλον στην στατιστικά σημαντική ελάττωση του αριθμού ημερών βροχής (ΠΑΓΩΝΗΣ, ΝΑΣΤΟΣ, 2002) παρά στην αύξηση του μέσου ύψους βροχής. Στον πίνακα V αναγράφονται ανά σταθμό οι συντελεστές των ευθειών παλινδρόμησης ενώ οι κλίσεις που εκφράζουν στατιστικά σημαντικές τάσεις (σε επ.εμπ.95%) έχουν επισημανθεί.

Πίνακας III. Αποτελέσματα της Trend Analysis						
Σταθμός	p	t-value	student	a	b	Τάση
Ανοίγιο	31772	-1,67E-02	6,92E-02	6,8725	1,33E-03	—
Αλεξανδρούπολη	31553	-2,34E-02	6,92E-02	5,325198	-1,27E-	—
Αοαός	31134	-0,0364	6,92E-02	5,690757	1,03E-03	—
Αροστόλι	29311	-9,28E-02	6,92E-02	8,03158	3,55E-03	↗
Άοτα	31673	-1,97E-02	6,92E-02	9,630202	2,20E-03	—
Αστεροσκοπείο	33629	4,08E-02	6,92E-02	2,687715	3,34E-03	—
Ζάκυνθος	30121	-6,77E-02	6,92E-02	9,035496	8,55E-03	—
Ηράκλειο	29367	-9,11E-02	6,92E-02	4,745045	3,29E-03	↗
Θεσσαλονίκη	30627	-5,21E-02	6,92E-02	29,57987	-6,44E-	—
Θήρα	26811	-0,1702	6,92E-02	5,205078	4,42E-03	↗
Ιεράπετρα	29787	-7,81E-02	6,92E-02	4,625216	4,24E-03	↗
Ιωάννινα	30178	-6,60E-02	6,92E-02	8,409942	-3,33E-	—
Καβάλα	33078	2,38E-02	6,92E-02	5,339914	1,42E-03	—
Καλάβρυτα	27831	-0,13863	6,92E-02	9,339401	0,01005	—

Καλαυάτα	32029	-8,70E-03	6,92E-02	6,173047	1,25E-04	—
Σταθμός	p	t-value	student	a	b	Τάση
Κέοκυρα	31436	-2,71E-02	6,92E-02	7,375238	2,02E-05	—
Κοζάνη	28979	-0,1031	6,92E-02	5,694769	-3,91E-	—
Κόρινθος	32499	0,00585	6,92E-02	4,75594	1,28E-03	↗
Κύθηρα	31274	-3,21E-02	6,92E-02	4,237671	4,03E-03	—
Λάοισα	32672	0,011204	6,92E-02	3,331438	1,69E-03	—
Λεσίφι	32588	8,60E-03	6,92E-02	8,332241	-2,96E-	—
Λήμνος	31640	-2,07E-02	6,92E-02	51,44737	2,19E-02	—
Λιδωόικι	31469	-2,60E-02	6,92E-02	8,390827	-2,69E-	—
Μεθώνη	33292	3,04E-02	6,92E-02	4,393707	4,54E-03	—
Μήλος	29027	-0,10161	6,92E-02	2,992437	8,82E-03	↗
Μυτιλήνη	31150	-0,0359	6,92E-02	5,362768	3,32E-03	—
Νάξος	30636	-5,18E-02	6,92E-02	2,916522	3,28E-03	—
Ορεσιτιάδα	33956	5,09E-02	6,92E-02	5,014547	5,21E-03	—
Πάτρα	30577	-5,36E-02	6,92E-02	6,605041	-1,05E-	—
Πόρος	30971	-4,14E-02	6,92E-02	10,93092	-2,44E-	—
Ρόδος	29591	-8,42E-02	6,92E-02	5,101702	2,79E-04	↗
Σάμος	29782	-0,07824	6,92E-02	6,487469	-1,70E-	↗
Σέρορες	29114	-9,89E-02	6,92E-02	6,156609	-4,68E-	↗
Σητεία	32354	1,36E-03	6,92E-02	3,303652	9,24E-03	—
Σκύρος	31541	-2,38E-02	6,92E-02	5,431008	-1,74E-	—
Τοίκαλα	32939	1,95E-02	6,92E-02	6,440007	2,82E-04	—
Τρίπολη	34939	8,14E-02	6,92E-02	4290,714	2,59015	↗
Φλώρινα	30011	-7,12E-02	6,92E-02	6,542026	-2,99E-	—
Χανιά	30070	-6,93E-02	6,92E-02	5,732483	1,32E-04	↗
Χίος	29780	-7,83E-02	6,92E-02	4,90681	5,53E-03	↗

Έγινε κατόπιν έλεγχος των περιοδικοτήτων (W.M.O. 1966) που εμφανίζονται οι χρονοσειρές των factor-scores με τη μέθοδο της φασματικής ανάλυσης και δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές περιοδικότητες πέραν της ετήσιας. Στο σχήμα 6 απεικονίζονται τα περιοδογράμματα, σε άξονες Φασματική ισχύς - Lag, των χρονοσειρών μέσης



ραγδαιότητας για ορισμένους από τους σταθμούς του δικτύου. Σχήμα 6. Περιοδογράμματα των χρονοσειρών ραγδαιότητας

#### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην Ελλάδα η ετήσια πορεία της ραγδαιότητας παρουσιάζει κατά κανόνα πολλαπλή κύμανση για την πλειοψηφία των σταθμών. Οι μέγιστες τιμές ραγδαιότητας στην Ελλάδα σημειώνονται το Νοέμβριο σε ποσοστό 35% επί του συνόλου των σταθμών, ακολουθεί ο Σεπτέμβριος με 17,5% και ο Αύγουστος με το Δεκέμβριο με 12,5%. Η εποχική κατανομή ακολουθεί τη διάταξη: Φθινόπωρο>Χειμώνας>Καλοκαίρι.

Η μέση ετήσια κατανομή παρουσιάζει την εξής εικόνα: οι μέγιστες τιμές ραγδαιότητας καταγράφονται στα δυτικά παράκτια τμήματα της χώρας, στα Επτάνησα, στην κεντρική και βόρεια ορεινή Πελοπόννησο και στα νησιά του ανατολικού Αιγαίου. Ενώ οι ελάχιστες καταγράφονται κυρίως στα νησιά του Αργοσαρωνικού και τις Κυκλάδες.

Η μέση τιμή ραγδαιότητας για όλη την Ελλάδα είναι 6,4mm με τυπική απόκλιση 1,4mm. Η μέση ελάχιστη τιμή περιόδου καταγράφεται στο σταθμό του Αστεροσκοπείου (3,6mm) και η μέση μέγιστη στην Άρτα (10,4mm).

Εξετάστηκε η επίδραση των γεωγραφικών συντεταγμένων και του υψομέτρου στη ραγδαιότητα της βροχής σε ετήσια και εποχική βάση και βρέθηκε ότι μόνο το γ.μήκος επιδρά προκαλώντας στατιστικά σημαντική μείωση της ραγδαιότητας κατά τη φθινοπωρινή περίοδο.

Η εφαρμογή της "Ανάλυσης σε Κύριες Συνιστώσες" (PCA), ανέδειξε επτά γεωγραφικές περιοχές με ομοιογενή κλιματικά χαρακτηριστικά. Η πρώτη κύρια συνιστώσα (PC<sub>1</sub>) ομαδοποιεί κυρίως σταθμούς της Κρήτης (Ιεράπετρα, Σητεία) με κυρίαρχο χαρακτηριστικό τα ισχυρά μέγιστα ραγδαιότητας κατά τον Σεπτέμβριο, ερμηνεύει δε το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής μεταβλητότητας (23%). Η δεύτερη κύρια συνιστώσα (PC<sub>2</sub>) ομαδοποιεί, κατά κανόνα, σταθμούς των δυτικών παράκτιων περιοχών της Ελλάδας και των Ιονίων νήσων (Αργοστόλι, Άραξος, Κέρκυρα κ.ά.) με μικρότερα καταγεγραμμένα μέγιστα κυρίως κατά τον μήνα Νοέμβριο. Η τρίτη κύρια συνιστώσα (PC<sub>3</sub>) ομαδοποιεί σταθμούς της βόρειας Ελλάδας (Θεσσαλονίκη, Κοζάνη, Φλώρινα) τα μέγιστα των οποίων καταγράφονται κυρίως τη θερινή περίοδο. Η τέταρτη κύρια συνιστώσα (PC<sub>4</sub>) ομαδοποιεί σταθμούς του βόρειου Αιγαίου (Λήμνος, Μυτιλήνη) που εμφανίζουν αυξημένες τιμές ραγδαιότητας κατά τη χειμερινή περίοδο. Η πέμπτη κύρια συνιστώσα (PC<sub>5</sub>) ομαδοποιεί σταθμούς της βορειοανατολικής ηπειρωτικής χώρας (Αλεξανδρούπολη, Ορεστιάδα, Ξέρρες) με μικρές σχετικά τιμές ραγδαιότητας.

Με την εφαρμογή του κριτηρίου Mann-Kendall στις χρονοσειρές των μέσων μηνιαίων τιμών ραγδαιότητας, διαπιστώθηκε ότι στο 30% των σταθμών του δικτύου, κυρίως νησιωτικών, παρατηρείται στατιστικά σημαντική τάση αύξησης της ραγδαιότητας, η οποία οφείλεται μάλλον στην ελάττωση του αριθμού ημερών βροχής παρά στην αύξηση του μέσου ύψους βροχής. Η εξέταση της περιοδικότητας με την μέθοδο της φασματικής ανάλυσης ανέδειξε επικρατέστερη περίοδο την ετήσια.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] Ζαμπάκας, Ι., (1981), "Γενική Κλιματολογία", Αθήνα.
- [2] Ζερεφός, Χ., κ.ά. (1977), "Μελέτη επί των χρονοσειρών της βροχής εις τον σταθμόν του Ε.Α.Α. κατά την 100ετία 1871-1970." Δημοσιεύματα Εργαστηρίου Κλιματολογίας. Αθήνα.
- [3] Καραπιπέρης, Λ.Ν., (1967). Περιγραφική Μετεωρολογία, Αθήνα
- [4] Κοτίνη-Ζαμπάκα, Σ.Ι. (1983), "Συμβολή στην κατά μήνα μελέτη του κλίματος της Ελλάδας." Διδακτορική Διατριβή. Θεσ/νίκη
- [5] Μαρσιολόπουλος, Η.Γ Καραπιπέρης, Λ.Ν. (1955), "Αι βροχοπτώσεις εν Ελλάδι". Αθήναι.
- [6] Μάρκου - Ιακωβάκη, Π. (1979), "Ο υετός εις την νήσον Κρήτην". Διατριβή επί Διδακτορία. Αθήναι.
- [7] Μωραΐτου - Πρεζεράκου, Ε. (1976), "Περί της ομοιογένειας των ετήσιων υψών βροχής". Δημοσιεύματα Ε.Μ.Υ. Αθήνα
- [8] Παγώνης, Κ.Α., Νάστος, Π.Θ., (2002), " Συμβολή στην μελέτη του αριθμού ημερών υετού στον Ελληνικό χώρο". 6<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο.
- [9] Fisher, R., (1958), "Statistical methods for research workers", USA.
- [10] Jolliffe, I., (1986), "Principal Component Analysis", Springer p.271, New York.
- [11] Langley, et all., (1979), "Test of Homogeneity for Climate Data". USA.
- [12] Olea, R.A., (1974), "Optimal contour mapping using Universal Kriging", *Jour. of Geoph. Research*, vol.79
- [13] Ritchman, M., (1986), "Rotation of PCA." *J. Climatol.*, 6, 293-335
- [14] Spiegel, M.R. (1975), "Statistics". New York
- [15] Statistical Package for Social Sciences, (1994), User-Guide. USA
- [16] W.M.O., (1966) "Climatic change". No 195, T.P.100, Geneva.
- [17] W.M.O., (1972) "Agricultural Meteorology", No 310, Geneva.