

## **Χωρική και χρονική διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα στην περιοχή των Βαλκανίων**

*Π. Νάστος\* και Κ. Φιλάνδρας\*\**

*\* Εργαστήριο Κλιματολογίας Πανεπιστημίου Αθηνών, 157 84 Αθήνα*

*\*\* Κέντρον Ερεύνης Φυσικής Ατμοσφαιρας και Κλιματολογίας της Ακαδημίας Αθηνών*

### **Περίληψη**

Στην παρούσα μελέτη ερευνάται, τόσο σε ετήσια όσο και σε εποχική βάση, η διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα, στην ευρύτερη περιοχή των Βαλκανίων.

Η κατανομή των 12 σταθμών, με μακροχρόνιες παρατηρήσεις, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη αυτή κρίνεται ικανοποιητική.

Η χωρική κατανομή της διακύμανσης της θερμοκρασίας σε ετήσια και εποχική βάση, ερμηνεύτηκε με την ανάλυση σε κύριες συνιστώσες, (Principal Components Analysis).

Οι τάσεις της θερμοκρασίας του αέρα εκτιμήθηκαν με την μέθοδο Mann Kendall, ενώ οι κυμάνσεις μελετήθηκαν με την μέθοδο των φασματικών αναλύσεων.

### **Abstract**

In this study the annual and seasonal variation of the air temperature in the wider Balkan area is investigated.

The distribution of the 12 meteorological stations, with long term observations which were used in the present study, is satisfactory.

The spatial distribution of the annual and seasonal air temperature is explained by the Principal Components Analysis, while the air temperature trends are computed by the Mann Kendall method and the Spectrum analysis is used to examine the periodicities of the air temperature in the Balkan area.

### **Εισαγωγή**

Η αναμενόμενη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα στην επιφάνεια της Γης εξαιτίας της εντατικοποίησης του φαινομένου του θερ-

μοκηπίου, έχει διατυπωθεί από πολλούς ερευνητές κατά τα τελευταία χρόνια. Όλα τα μοντέλα γενικής κυκλοφορίας, (Climatic Model) εξαιτίας του διπλασιασμού της συγκεντρώσεως του CO<sub>2</sub> και των άλλων θερμοκηπικών αερίων στην ατμόσφαιρα, προβλέπουν μία μέση αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα από 2.5°C - 5.0°C ανάλογα με το μοντέλο.

Η κατανόηση λοιπόν των τάσεων της θερμοκρασίας του αέρα, που παρατηρούνται, παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον για τον έλεγχο των κλιματικών μοντέλων και την πρόγνωση των κλιματικών τάσεων. Για την περιοχή της Μεσογείου έχουν γίνει αναλύσεις των τάσεων και διακυμάνσεων της θερμοκρασίας του αέρα από πολλούς ερευνητές, (Reparis et al. 1988, Maheras 1989, Bartzokas et al. 1992, Reparis et al. 1994, Φιλάνδρας 1995 κ.ά.).

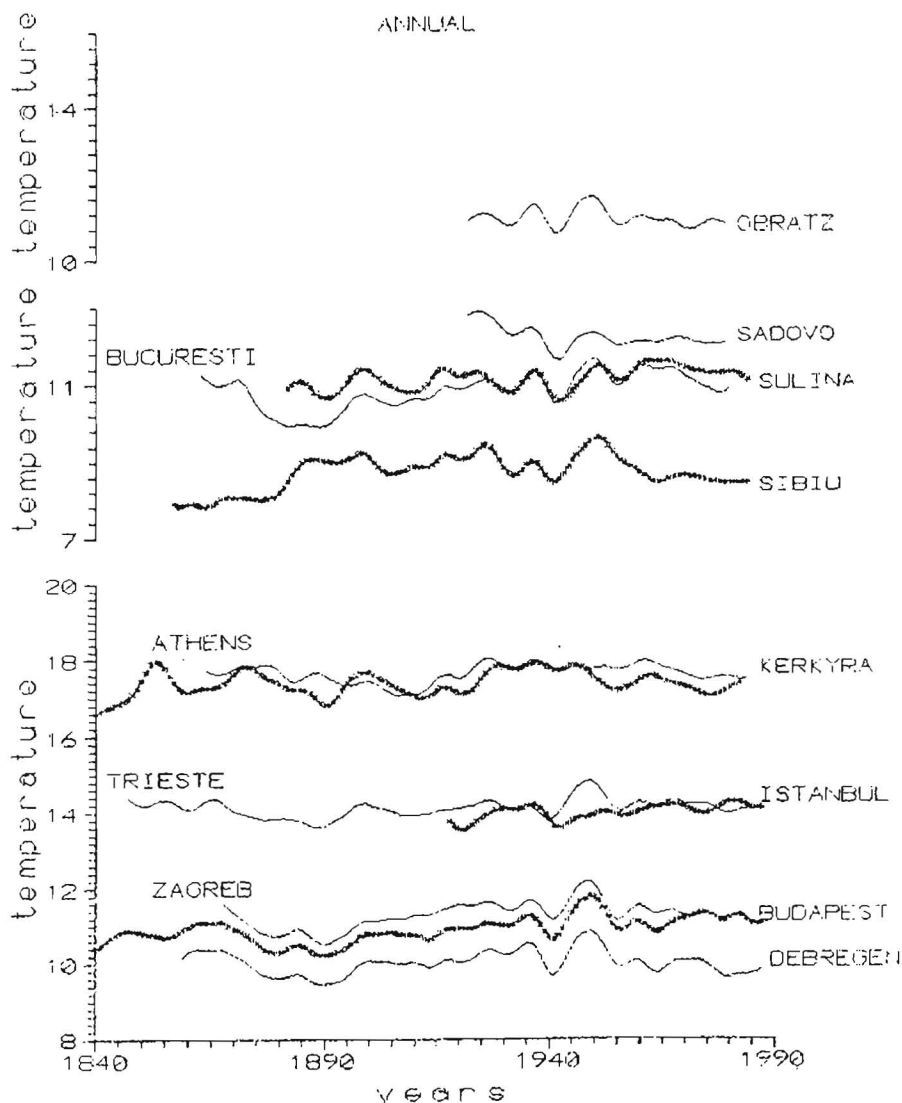
Στήν παρούσα μελέτη εξετάζεται η χωρική και χρονική διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα στην ευρύτερη περιοχή των Βαλκανίων με την βοήθεια 12 σταθμών της περιοχής αυτής, οι οποίοι κατανέμονται σχεδόν ομοιόμορφα στην υπό μελέτη περιοχή, δεν έχουν ασυνέχειες στις παρατηρήσεις τους και οι περισσότεροι των σταθμών λειτουργούν άνω των 100 ετών (Πιν. 1). Τα στοιχεία της θερμοκρασίας ελήφθησαν από την Climatic Research Grit του Πανεπιστημίου East Anglia, (Chadwyck - Healey, 1992).

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	Γ. ΜΗΚΟΣ	Γ. ΠΛΑΤΟΣ	ΥΨΟΣ (m)	ΠΕΡΙΟΔΟΣ
1	ATHENS	23°43	37°58	107	1858 - 1993
2	BUCURESTI	26°08	44°30	90	1857 - 1986
3	BUDAPEST	19°01	47°31	130	1840 - 1993
4	DEBREGEN	21°38	47°29	112	1840 - 1993
5	KERKYRA	19°55	39°37	2	1840 - 1990
6	KON/POLIS	29°04	40°58	100	1912 - 1993
7	OBRATZ	26°02	43°48	153	1916 - 1985
8	SADOVO	24°57	42°09	150	1916 - 1985
9	SIBIU	24°09	45°48	444	1851 - 1990
10	SULINA	29°40	45°09	9	1872 - 1990
11	TRIESTE	13°45	45°39	20	1841 - 1993
12	ZAGREB	16°02	45°49	128	1862 - 1990

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1**

## A. Τάσεις

Για την καλύτερη εμφάνιση και κατανόηση των τάσεων εφαρμόσθηκε στις χρονοσειρές των ετησίων και εποχικών τιμών (Χειμώνα, Θέρος), της μέσης θερμοκρασίας του αέρα το κατά Gaussian φίλτρο, το οποίο είναι ένα από τα καταλληλότερα φίλτρα στην μελέτη των κλιματικών μεταβολών.



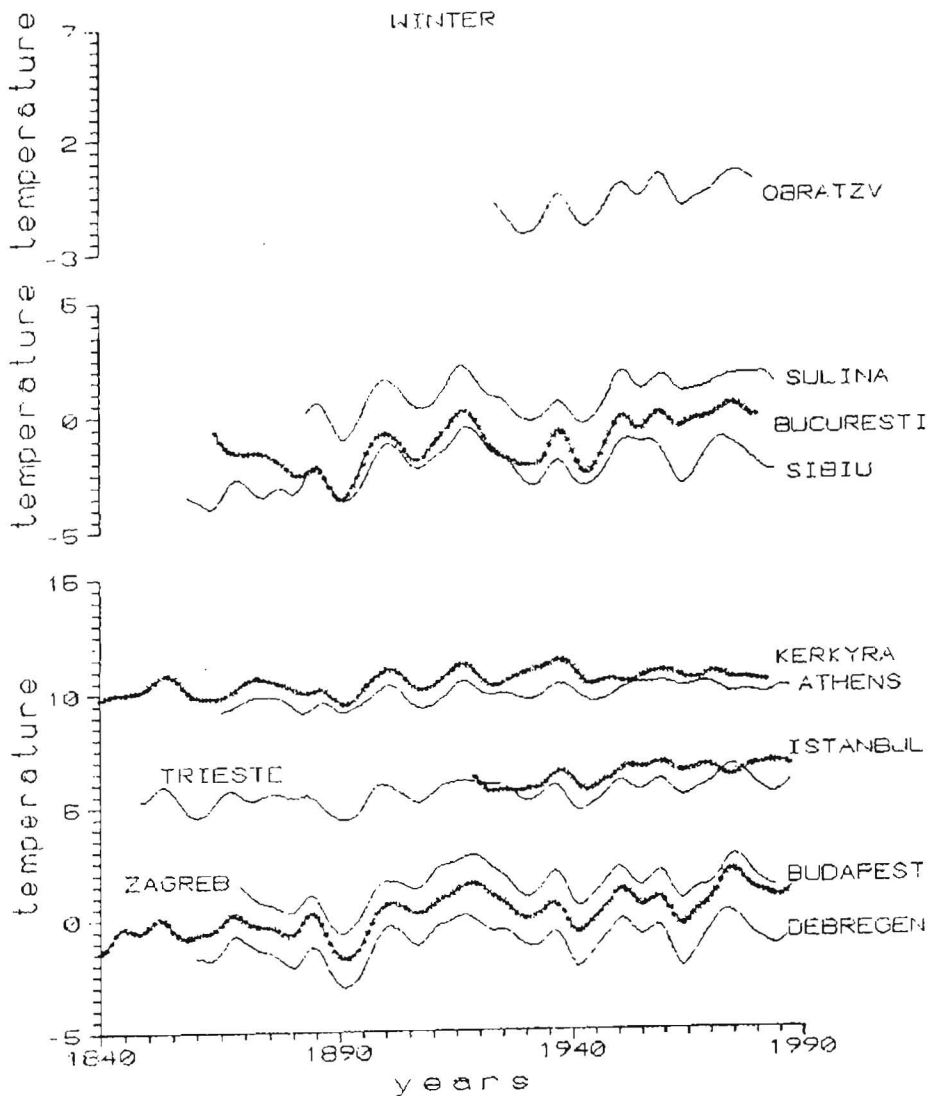
Σχ 1. Χρονοσειρές της μέσης Ετήσιας θερμοκρασίας του αέρα, (εξομάλυνση με το φίλτρο Gaussian), στη περιοχή των Βαλκανίων.

Όπως φαίνεται στο Σχ. 1, οι χρονοσειρές των ετησίων τιμών της μέσης θερμοκρασίας του αέρα, όλων των εξεταζομένων σταθμών, εκτός της χρονοσειράς των Αθηνών, εμφανίζουν από την αρχή της εξεταζομένης περιόδου τάση ψύξης με ελάχιστο, που σημειώνεται περίπου στα τέλη της δεκαετίας του 1880. Τό ελάχιστο της θερμοκρασίας στην Αθήνα παρατηρείται περίπου μια 20ετία αργότερα το 1910, περίοδο κατά την οποία και η χρονοσειρά της Κέρκυρας εμφανίζει και ένα δεύτερο μικρότερο ελάχιστο. Οι Repapis et al. (1988), μελετώντος τις τάσεις των χρονοσειρών της ανατολικής Μεσογείου διεπίστωσαν ότι το 1910 όλες οι χρονοσειρές της περιοχής εμφανίζουν ελάχιστο. Ακολούθως η θερμοκρασία του αέρα μετά το ελάχιστο του 1880, παρουσιάζει τάση θέρμανσης με μέγιστο, που σημειώνεται το 1950 και μέση αύξηση περίπου  $2.0^{\circ}\text{C}$ . Αντιθέτως το μέγιστο των χρονοσειρών των Αθηνών και της Κερκύρας εμφανίζεται στα μέσα της δεκαετίας του 1920, μια 20ετία περίπου νωρίτερα από την υπόλοιπη Βαλκανική, παραμένει σε υψηλά επίπεδα έως το 1950 και η παρατηρούμενη μέση αύξηση είναι περίπου  $1.0^{\circ}\text{C}$ . Μετά το μέγιστο του 1950 οι χρονοσειρές εμφανίζουν ψύξη, που ανακόπτεται στα μέσα της δεκαετίας του 1970.

Κατά τα τελευταία 15 περίπου χρόνια η μέση αύξηση της θερμοκρασίας, που παρατηρείται είναι περίπου  $0.4^{\circ}\text{C}$  σε όλους σχεδόν τούς εξεταζομένους σταθμούς εκτός των Αθηνών που είναι περίπου  $0.1^{\circ}\text{C}$ . Οι Bartzokas and Metaxas, (1990), αναλύσαντες τα δεδομένα της πίεσης επιφανείας των τελευταίων 100 ετών και τα δεδομένα της μέσης κατώτερης τροπόσφαιρας της περιόδου 1945-1988 αναφέρουν ότι η καθυστέρηση της θέρμανσης στις χρονοσειρές της ανατολικής Μεσογείου, κατά την πρόσφατη εικοσαετία θα πρέπει να οφείλεται σε στατιστικώς σημαντική τάση αύξησης της μεταφοράς ψυχρών αερίων μαζών υπεράνω της περιοχής της ανατολικής Μεσογείου και θερμών αερίων μαζών υπεράνω της δυτικής και βορειοδυτικής Ευρώπης.

### **A1) Χειμώνας**

Ομοίως όπως και στις χρονοσειρές των ετησίων τιμών, οι χρονοσειρές τον Χειμώνα, (Σχ. 2), εμφανίζουν ελάχιστο περίπου το 1890. Ακολούθως η μέση θερμοκρασία του αέρα παρουσιάζει τάση θέρμανσης έως περίπου τις αρχές της δεκαετίας του 1920. Η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας την περίοδο αυτή είναι περίπου  $3.0^{\circ}\text{C}$  στην βόρεια και κεντρική Βαλκανική, ενώ δυτικά η Τεργέστη εμφανίζει αύξηση της τάξεως του  $1.5^{\circ}\text{C}$ . Νοτιότερα δε, η Κέρκυρα και η Αθήνα εμφανίζουν αύξηση περίπου  $1.0^{\circ}\text{C}$ . Ακολούθως, όπως φαίνεται στο σχήμα, μετά τό 1920 οι

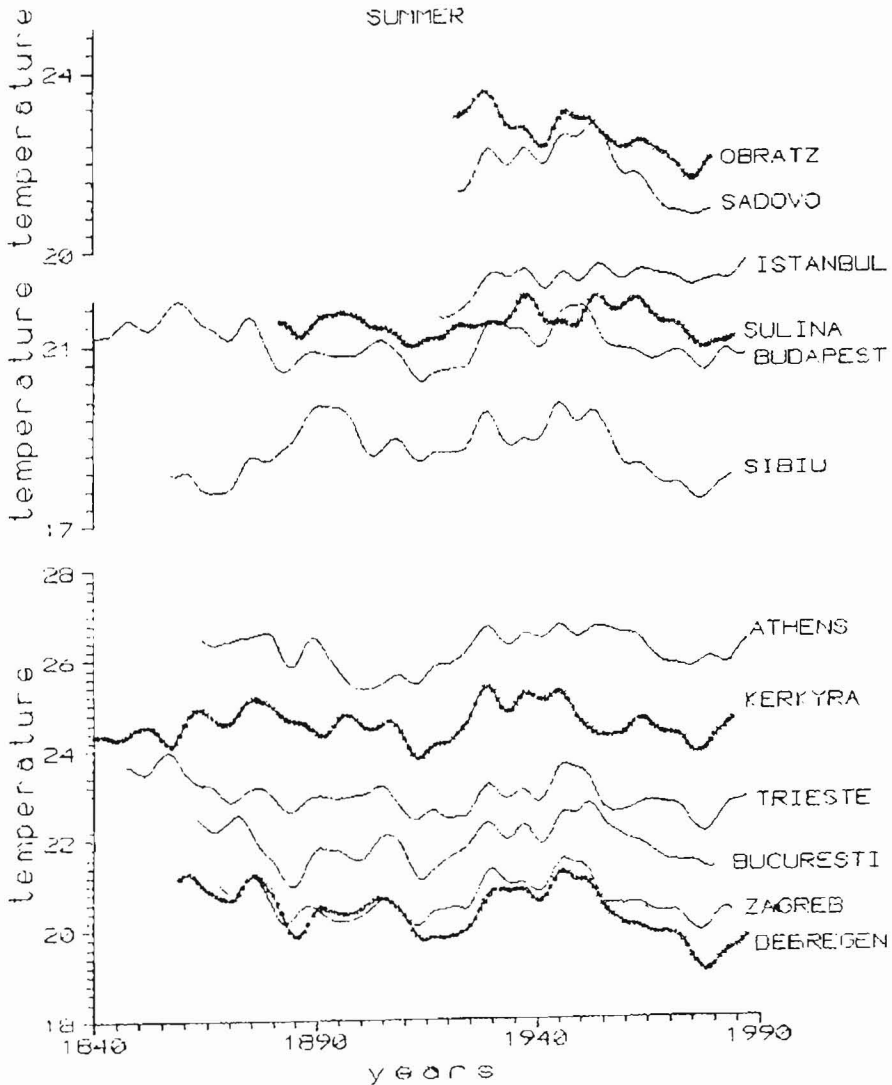


Σχ. 2. Χρονοσειρές της μέσης θερμοκρασίας του αέρα κατά τον Χειμώνα, (εξομαλύνση με το φίλτρο Gaussian), στη περιοχή των Βαλκανίων.

χρονοσειρές εμφανίζουν ψύξη της τάξεως των  $2.5^{\circ}\text{C}$  περίπου, με ελάχιστο το 1940. Στη συνέχεια η μέση θερμοκρασία εμφανίζει ανοδική τάση, με διακυμάνσεις έως τα μέσα της δεκαετίας του 1970, όταν η τάση αντιστρέφεται σε τάση ψύξης με ελάχιστο την δεκαετία του 1980. Νοτιότερα οι χρονοσειρές της Κερκύρας και των Αθηνών μετά το ελάχιστο του 1940, εμφανίζουν μικρή ανοδική τάση μέχρι σήμερα.

## A2) Θέρος

Όπως φαίνεται στο Σχ. 3, από την αρχή της εξεταζομένης περιόδου, οι χρονοσειρές της μέσης θερμοκρασίας τού αέρα εμφανίζουν έντονη τάση ψύξης με ελάχιστο που σημειώνεται στα μέσα της δεκαετίας του 1910. Αντιθέτως η χρονοσειρά των Αθηνών εμφανίζει το ελά-



Σχ. 3. Χρονοσειρές της μέσης θερμοκρασίας του αέρα κατά το Θέρος, (εξομαλυνση με το φίλτρο Gaussian), στη περιοχή των Βαλκανίων.

χιστο περίπου 15 έτη νωρίτερα, το 1900. Στη συνέχεια οι χρονοσειρές παρουσιάζουν τάση θέρμανσης το μέγιστο της οποίας σημειώνεται στα μέσα της δεκαετίας του 1940. Στο νότιο και ανατολικά τμήμα της Βαλκανικής, (Kerkyra, Athens, Sadona), το μέγιστο σημειώνεται νωρίτερα στις αρχές της δεκαετίας του 1930 και παραμένει σε υψηλά επίπεδα έως σχεδόν την δεκαετία του 1950, όταν η θέρμανση αντιστρέφεται σε ψύξη έως τα μέσα της δεκαετίας του 1970. Στη βορειοδυτική Βαλκανική, (Trieste, Zagreb, Debregen), τα θερμοκρασιακά επίπεδα του 1970 είναι τα χαμηλότερα της εξεταζομένης περιόδου.

Ο έλεγχος της σημαντικότητας των τάσεων με το κριτήριο Mann-Kendall έδειξε ότι για την περίοδο 1858-1993 οι τάσεις των χρονοσειρών των Ετησίων τιμών καθώς και των τιμών του Χειμώνα, εμφανίζονται θετικές και στατιστικώς σημαντικές σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% στους περισσότερους σταθμούς. Την ίδια περίοδο, στο Θέρος, οι χρονοσειρές της θερμοκρασίας εμφανίζουν τάσεις αρνητικές, εκ των οποίων μόνο η χρονοσειρά του Debregen είναι στατιστικώς σημαντική, (ε.ε. 95%). Τα ίδια αποτελέσματα εμφανίζονται και την περίοδο 1858-1935, ενώ την περίοδο 1936-1993 οι χρονοσειρές των Ετησίων τιμών και των τιμών του Θέρους εμφανίζουν αρνητικές τάσεις, οι οποίες είναι στατιστικώς σημαντικές, (ε.ε. 95%) μόνο το Θέρος ενώ τον Χειμώνα οι παρατηρούμενες τάσεις είναι θετικές.

## **Β. Φασματική Ανάλυση**

Εφαρμόζοντας στις χρονοσειρές των Ετησίων και Εποχικών τιμών της μέσης θερμοκρασίας του αέρα την μέθοδο της φασματικής ανάλυσης, (Power Spectrum) κατά Blackman and Tukey (1958), για την περίοδο 1858-1993 με maximum lag 45 για τις περισσότερες των χρονοσειρών και για την περίοδο 1912-1993 με maximum lag 27 για τις μικρότερες περιόδου χρονοσειρές φαίνεται ότι οι χρονοσειρές των Ετησίων και των Εποχικών τιμών εμφανίζουν περιοδικότητα περίπου 2.3 ετών η οποία στους περισσότερους σταθμούς είναι στατιστικώς σημαντική (ε.ε. 95%), και πιθανόν να οφείλεται στην επίδραση επί της γενικής κυκλοφορίας, της σχεδόν διετούς κύμανσης (QBO) της ατμοσφαιρας στην περιοχή των τροπικών. Ορισμένοι σταθμοί επίσης εμφανίζουν και περιοδικότητα περίπου 4.0 ετών, στατιστικώς σημαντική (ε.ε. 95%), η οποία πιθανώς οφείλεται στην επίδραση επί της γενικής κυκλοφορίας της κύμανσης της ατμοσφαιρας του νοτίου Ημισφαιρίου της γνωστής SO.

Οι Μαχαίρας και Αρσένη-Παπαδημητρίου (1990) εκτός των ανωτέρω ευρεθεισών περιοδικοτήτων ευρήκαν και περιοδικότητες μακράς περιόδου

δου (42.7 καί 67.5 ετών) κατά την ανάλυση μακρών (άνω των 100 ετών) χρονοσειρών της θερμοκρασίας του αέρα τεσσάρων στοθμών της Μεσογείου.

### Γ. Ανάλυση σε κύριες συνιστώσες, (Principal Components Analysis)

Η χωρική κατανομή της μέσης θερμοκρασίας του αέρα, στην εξεταζόμενη περιοχή, ερευνήθηκε με την εφαρμογή της Ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες, πάνω στις χρονοσειρές των ετησίων και εποχικών τιμών (Χειμώνα, Θέρος), των 9 μετεωρολογικών σταθμών με την μεγαλύτερη κοινή περίοδο, (1894-1986).

Η ανάλυση σε κύριες συνιστώσες έχει χρησιμοποιηθεί από πολλούς ερευνητές, (Μαχαίρας Π. Μεταχάς Δ.), στις πρόσφατες κλιματολογικές έρευνες και μελέτες, με αξιολογικά συμπεράσματα, ερμηνεύοντας τόσο την χωρική (S mode), όσο και χρονική (T mode), κατανομή της εξεταζόμενης κλιματικής παραμέτρου.

Σταθμός	Έτος		Χειμώνας		Θέρος		
	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2	PC3
Budapest	0.93	0.19	0.96	0.17	0.90	0.22	0.27
Bucuresti	0.67	0.60	0.77	0.46	0.37	0.58	0.50
Trieste	0.90	0.14	0.87	0.25	0.89	0.30	0.11
Athens	0.07	0.92	0.30	0.91	0.21	0.89	0.26
Kerkyra	0.20	0.74	0.21	0.89	0.52	0.69	0.20
Zagreb	0.92	0.24	0.94	0.20	0.88	0.41	0.15
Debregen	0.88	0.37	0.90	0.33	0.77	0.20	0.52
Sibiu	0.63	0.54	0.77	0.52	0.52	0.45	0.56
Sulina	0.44	0.66	0.75	0.48	0.14	0.23	0.90
<b>EIGVL</b>	5.81	1.31	6.70	1.14	6.11	0.99	0.64
<b>CV(%)</b>	64.6	79.1	74.5	87.1	67.8	78.8	85.9

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.** S- mode. P.C.A. συνιστώσες (rotated factor loadings), ιδιοτιμές (eigenvalues) και συνολική διασπορά (cumulative variance) του Έτους, του Χειμώνα, και του Θέρος.



Η ανάλυση βασίστηκε στον πίνακα συσχετίσεων, που προέκυψε με ορθογώνια στροφή Varimax, που είναι η πλέον χρησιμοποιούμενη, (Richman, 1981).

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι επί τοις εκατό διασπορές, που εξηγούνται από τις πλέον σημαντικές κύριες συνιστώσες. Η επιλογή του αριθμού των κυρίων συνιστωσών έγινε με βάση το κριτήριο: η ιδιοτιμή (eigenvalue), να είναι μεγαλύτερη της μονάδας, ( $EIGVL > 1$ ), (Kaiser, 1959).

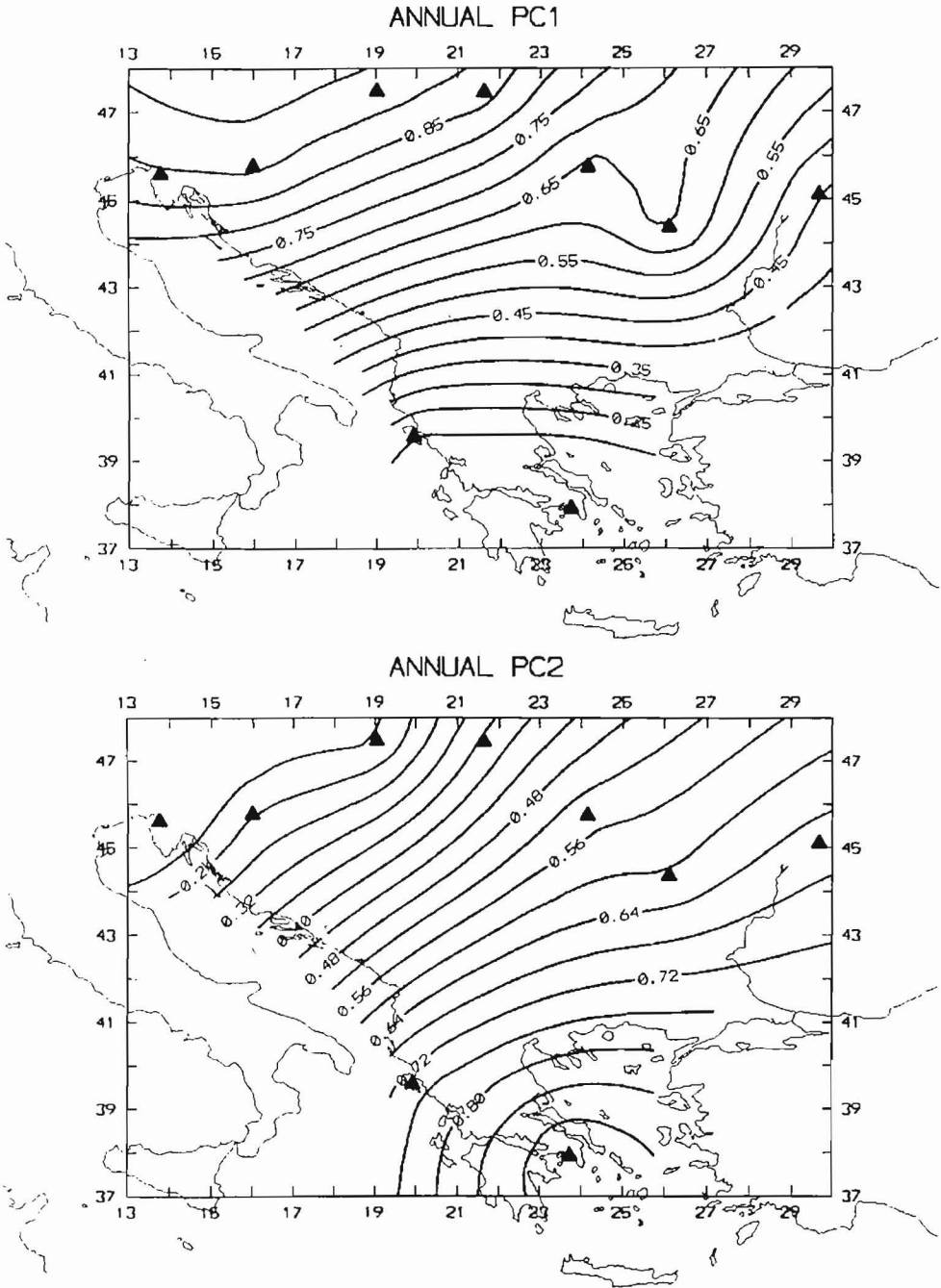
Όπως φαίνεται στον πίνακα 2, όσον αφορά το Έτος, η πρώτη κύρια συνιστώσα εξηγεί το 64,6% της διασποράς. Με τον υπολογισμό των rotated factor loadings, συμπεραίνουμε ότι μεγάλες τιμές εμφανίζονται κυρίως στο βόρειο ηπειρωτικό τμήμα των Βαλκανίων, (Σχ. 4), που περιλαμβάνει τους σταθμούς Budapest, Trieste, Zagreb, Debregen, Sibiu και Bucuresti.

Η δεύτερη κύρια συνιστώσα εξηγεί το 14,5% της διασποράς και μεγάλες τιμές των rotated factor loadings, (Σχ. 4), εμφανίζουν οι σταθμοί των Αθηνών, Κέρκυρας και Sulina, σταθμοί που δέχονται την επίδραση της θάλασσας, η οποία μετριάζει τις θερμοκρασιακές αντιθέσεις.

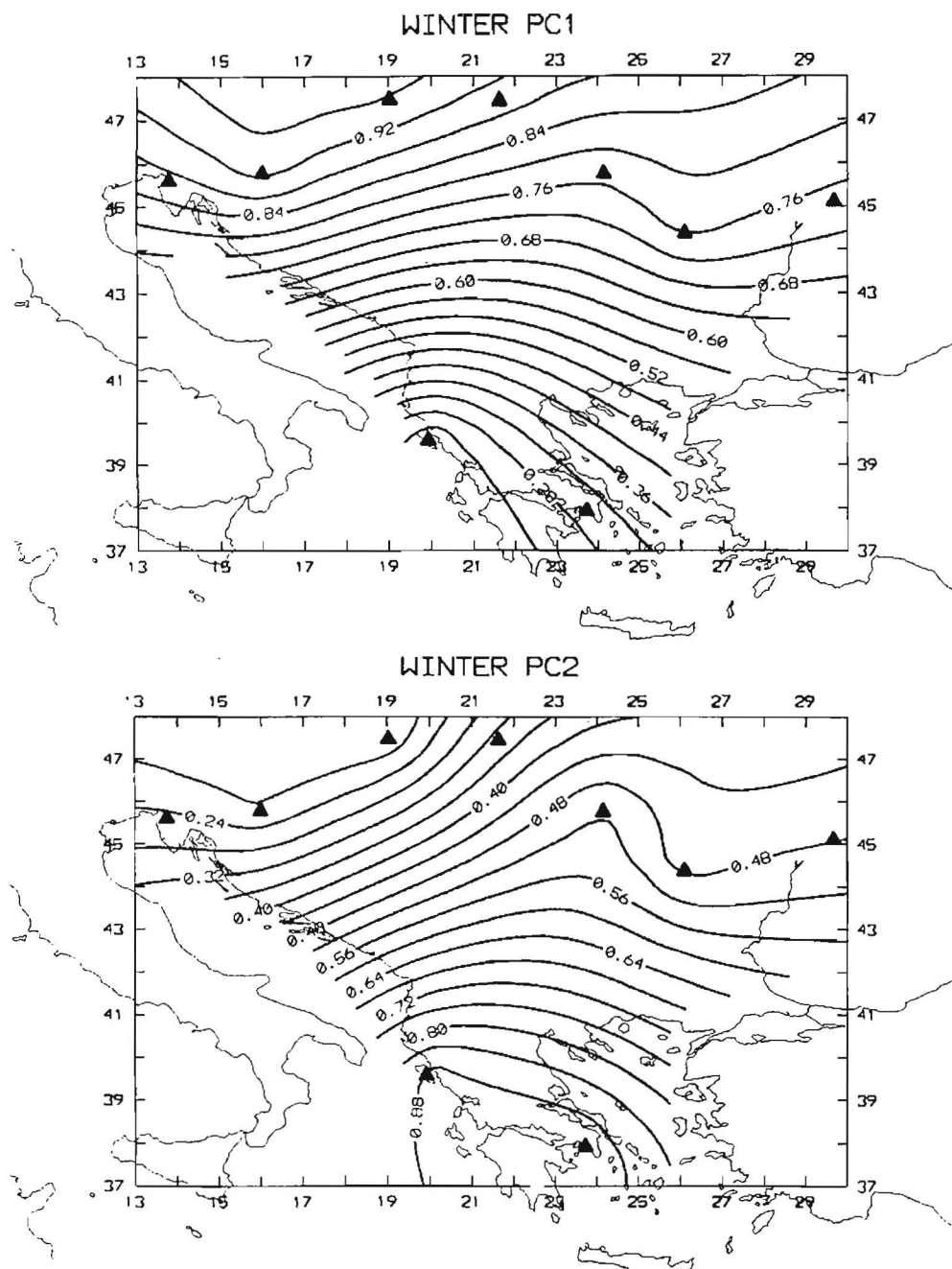
Όσον αφορά τον Χειμώνα, η πρώτη κύρια συνιστώσα εξηγεί το 74,5% και μεγάλες τιμές, (Σχ. 5), εμφανίζουν οι σταθμοί Budapest, Trieste, Zagreb, Debregen, Bucuresti, Sibiu και Sulina, ενώ η δεύτερη κύρια συνιστώσα, εξηγώντας το 12,7% της διασποράς, αντιπροσωπεύει την ομάδα σταθμών, (Σχ. 5), που αποτελείται από την Αθήνα και την Κέρκυρα.

Κατά το Θέρος η πρώτη κύρια συνιστώσα εξηγεί το 67,8% της διασποράς και ομαδοποιεί τους σταθμούς Budapest, Trieste, Zagreb, Debregen, (Σχ. 6) ενώ η δεύτερη κύρια συνιστώσα, εξηγεί το 11,0% της διασποράς και αντιπροσωπεύει τους σταθμούς των Αθηνών και Κερκύρας, (Σχ. 6). Στην περίπτωση του Θέρους υπαλογίστηκαν οι rotated factor loadings και της τρίτης κύριας συνιστώσας, (7,1%), ώστε αφ' ενός η συνολική διασπορά να φθάσει το ποσοστό 85,9% και αφετέρου να αναλυθεί και εξηγηθεί καλύτερα η θερμοκρασιακή διαφοροποίηση των σταθμών εξαιτίας εποχικών δυναμικών αιτιών. Μεγάλες τιμές εμφανίζει η Sulina στα παράλια του Εύξεινου Πόντου.

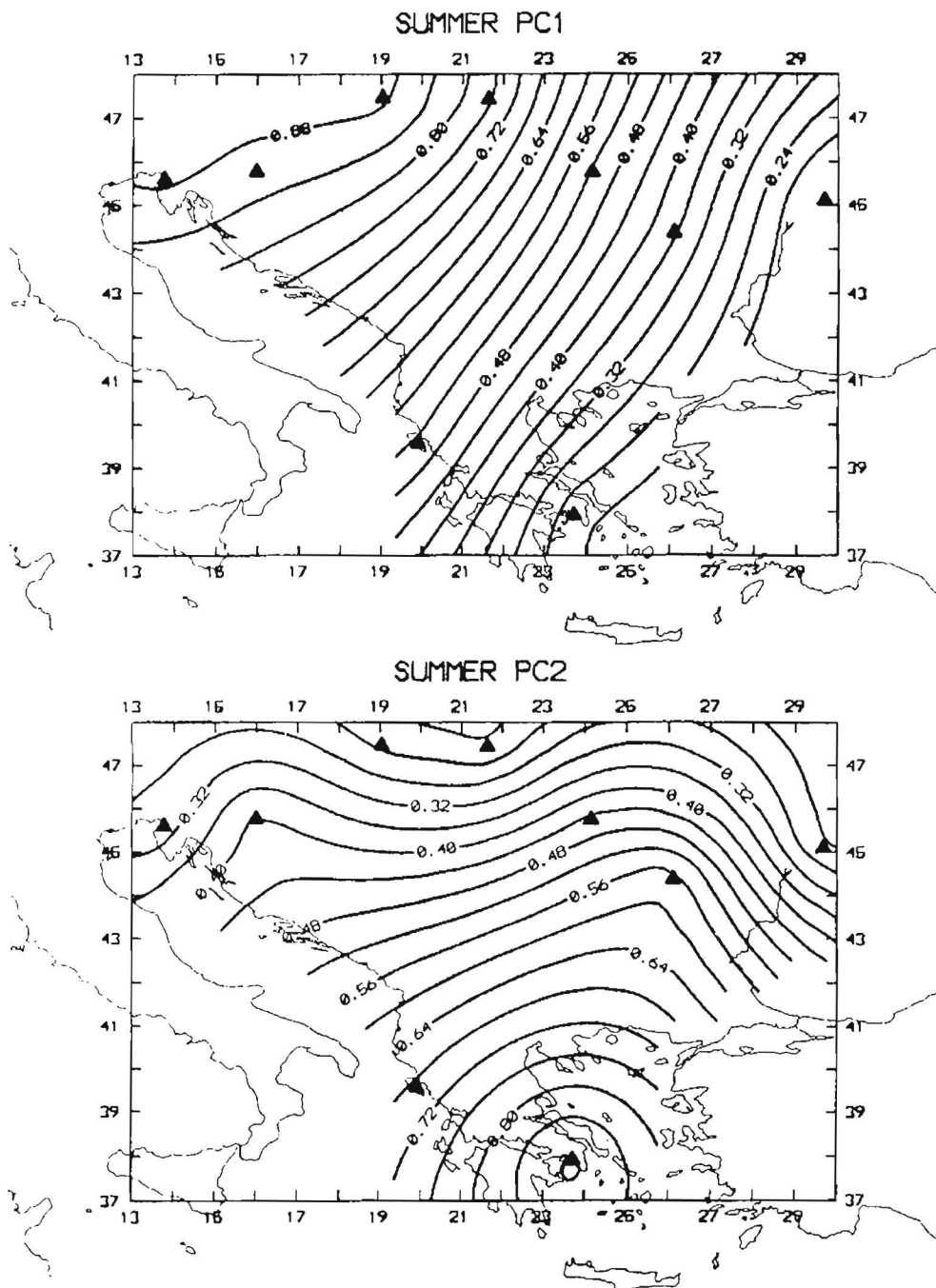
Οι ισοπληθείς των rotated factor loadings των κυρίων συνιστωσών διατάσσονται κατά γεωγραφικό πλάτος κατά τον Χειμώνα ενώ η διάταξη αυτή διαταράσσεται κατά το Θέρος και οι ισοπληθείς εμφανίζονται να τέμνουν τους παράλληλους κύκλους.



Σχ 4. Χωρική κατανομή των Ετησίων ισοπληθών των P.C.A. ισοπληθών.



Σχ 5. Χωρική κατανομή των ισοπληθών των P.C.A. ισοπληθών, κατά το Χειμώνα.



Σχ 6. Χωρική κατανομή των ισοπληθών των P.C.A. ισοπληθών, κατά το Θέρος.

## Δ. Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα της μελέτης αυτής μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

Οι χρονοσειρές της μέσης Θερμοκρασίας του αέρα κατά τα τελευταία 140 περίπου έτη παρουσιάζουν μεγαλύτερη μεταβλητότητα στο Βόρειο τμήμα της εξεταζομένης περιοχής, (Budapest, Debrecen, Zagreb, Bucurest, Sibiu κ.ά.) σε σχέση με χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη, (Kerkyra, Athens). Το ίδιο επίσης παρατηρείται και στις χρονοσειρές που βρίσκονται στο εσωτερικό των ηπειρών σε σχέση με αυτές που βρίσκονται πλησίον της θάλασσας (Trieste). Επίσης η μεταβλητότητα της θερμοκρασίας των Εποχικών τιμών είναι μεγαλύτερη της αντιστοίχου των Ετησίων τιμών στο βόρειο τμήμα και από τις εποχές ο Χειμώνας εμφανίζει την μεγαλύτερη μεταβλητότητα. Αντιθέτως στο νότιο τμήμα η μεταβλητότητα είναι ίδια στις Ετήσιες και Εποχικές τιμές.

Επίσης οι χρονοσειρές των Ετησίων τιμών της μέσης θερμοκρασίας του αέρα στην βόρεια περιοχή εμφανίζουν ελάχιστο την δεκαετία του 1880, η δε θέρμανση που ακολουθεί στη συνέχεια καταλήγει σε μέγιστο την δεκαετία του 1950. Μετά δε το ελάχιστο που παρατηρείται την δεκαετία του 1970 οι χρονοσειρές εμφανίζουν έντονη τάση θέρμανσης. Ενώ αντιθέτως στο νότιο τμήμα οι χρονοσειρές εμφανίζουν ελάχιστο το 1910, το δε μέγιστο που ακολουθεί εμφανίζεται νωρίτερα στα μέσα της δεκαετίας του 1920. Μετά το ελάχιστο του 1970 οι χρονοσειρές δεν εμφανίζουν έντονη θέρμανση.

Όσον αφορά την χωρική κατανομή της μέσης θερμοκρασίας, η εφαρμογή της Ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες πάνω στους εννέα μετεωρολογικούς σταθμούς έδωσε δύο κύριες ομάδες, που εκφράζονται από την πρώτη και την δεύτερη κύρια συνιστώσα αντίστοιχα. Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει τους βόρειους ηπειρωτικούς σταθμούς Budapest, Trieste, Zagreb, Debrecen, Sibiu, Bucuresti, ενώ η δεύτερη ομάδα αποτελείται από τους σταθμούς των Αθηνών, της Κέρκυρας και Sulina. Η ομαδοποίηση αυτή ελάχιστα διαφοροποιείται ως προς την εποχή.

## Βιβλιογραφία

Bartzokas, A. and Metaxas, D.A. April (1990). Climatic Fluctuations of Temperature and Air Circulation in the Mediterranean. Proceeding of the Course on Climate and Global Change of the European School of Climatology and Natural Hazards, Arles, 4-12.

- Blackman, R.B. and J.W. Tukey (1958). *The Measurement of power spectra*, Dover Publ. New York, 190 p.
- Kaiser, H.F. (1959). Computer program for varimax rotation in factor analysis, *Educ. Psychol., Meas.*, 19, 413-420.
- Maheras, P. (1989). Principal Component Analysis of Western Mediterranean Air Temperature Variations 1866-1985: *Theor. Appl. Climatol.* 39, 137-145.
- Maheras, P. and Arseni-Papadimitriou (1993). Spectral Analysis of Temperature over the Mediterranean Sea. *Journal of Climatology* 16, 194-200.
- Repapis, C.C. and C.M. Philandras (1988). A Note on the Air Temperature Trends of the Last 100 Years as Evidenced in the Eastern Mediterranean Time Series. *Theor. Appl. Climatol.* 39, 93-97.
- Repapis, C.C. and C.M. Philandras (1994). Air Temperature Trends in the Mediterranean Basin: Eastern Europe and Global Change Workshop- Seminar 3-9 October, Kassandra, Halkidiki.
- Richman, M. (1986). Rotation of principal componets, *J. Climatol.*, 6, 293-335.