

# Μελέτη φαινομένων συνοπτικής και μέσης κλίμακας σε περιοχές με διαφορετικά χαρακτηριστικά στη Λέσβο

Χρίστος Χ. Χαλιός<sup>1</sup>, Γιώργος Κάλλος<sup>1</sup>, Κώστας Καλαμποκίδης<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Τομέας Φυσικής, Περιβάλλοντος και Μετεωρολογίας Πανεπιστήμιο Αθηνών  
<sup>2</sup> Τμήμα Γεωγραφίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

## Σύνοψη

Στην εργασία αυτή γίνεται προσπάθεια να μελετηθεί η εμφάνιση των χαρακτηριστικών των εψισών ανέμων σε τέσσερις περιοχές στη Λέσβο για το χρονικό διάστημα 2004 - 2005. Αρχικά επιλεχθηκαν οι ημέρες που χαρακτηρίζονται από εμφάνιση των εψισών ανέμων με ανάλυση των πεδίων του ατμοσφαιρικού μοντέλου SKIRON. Εφαρμογή της Ανάλυσης Κυρίων Συνιστωσών σε μετεωρολογικά δεδομένα τεσσάρων σταθμών στη Λέσβο οδήγησε στο διαχωρισμό τριών παραγόντων που σχετίζονται (α) με τους εψισούς ανέμους, (β) με τον ημερήσιο κύκλο και (γ) με μεταβολές της πίεσης. Παρατηρήθηκε ότι οι τοπικές μέσης κλίμακας ροές παίζουν σημαντικό ρόλο σε δύο σταθμούς (Μυτιλήνη και Πετρούνη). Εφαρμογή φασματικής ανάλυσης στην κύρια συνιστώσα που σχετίζεται με τους εψισούς κατά τη διάρκεια 8 συνεχόμενων ημερών έδειξε τροποποίηση των χαρακτηριστικών του πεδίου ροής λόγω διέλευσης μετωπικών επιφανειών σε δύο περιοχές (Ακράσι και Μυτιλήνη).

## Εισαγωγή

Μέθοδο στατιστικής ανάλυσης, όπως η Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών και η Φασματική Ανάλυση χρησιμοποιούνται συχνά στη Φυσική της Ατμόσφαιρας με σκοπό να αναδειχθούν λαθάνουσες παράμετροι στα πρωτογενή δεδομένα και να εξαχθούν περιοδικότητες με σκοπό την καλύτερη κατανόηση των φυσικών φαινομένων. Στην παρούσα εργασία γίνεται εφαρμογή των μεθόδων αυτών σε μετεωρολογικά δεδομένα από τέσσερις σταθμούς στη Λέσβο κατά τη διάρκεια ημερών με εψισούς ανέμους, με σκοπό να διερευνηθεί η αλληλεπίδραση μεταξύ διαφορετικών φαινομένων συνοπτικής κλίμακας (εψισούς ανέμοι, μετωπικές επιφάνειες) και μέσης κλίμακας τοπικών ροών που αναπτύσσονται σε διάφορους σταθμούς.

## Μετεωρολογικά Δεδομένα

Τα μετεωρολογικά δεδομένα προέρχονται από το δίκτυο ATMOS του εργαστηρίου Φυσικών Καταστροφών του τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου, το οποίο περιλαμβάνει πέντε αυτόματους μετεωρολογικούς σταθμούς. Οι θέσεις των μετεωρολογικών σταθμών φαίνονται στο Σχήμα 1. Λεπτομέρειες για τους μετεωρολογικούς σταθμούς παρουσιάζονται στον Πίνακα 1



Σχήμα 1: Θέσεις των μετεωρολογικών σταθμών του δικτύου ATMOS

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από τους σταθμούς Αγία Παρασκευή, Ακράσι, Μυτιλήνη και Πετρούνη για το χρονικό διάστημα Μάιος – Ιούνιος 2004 και 2005. Ο σταθμός στη Μυτιλήνη βρίσκεται σε μία παραθαλάσσια περιοχή, ο σταθμός στο Ακράσι στους πρόποδες του όρους Όλυμπο, και οι σταθμοί στην Αγία Παρασκευή και στην Πετρούνη βρίσκονται σε περιοχές με έντονο ανάγλυφο (Σχήμα 1).

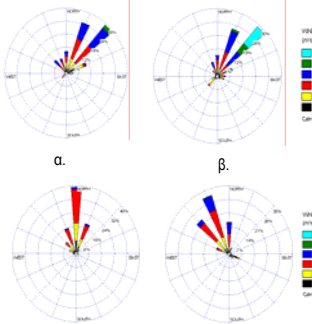
Κωδικός	Υψόμετρο (αυθαυτοσκαλί)	ΓΕΝΙΚΟΙ		Μετεωρολογικές παράμετροι
		Συντεταγμένες	Διαστάσεις	
Ακράσι	362	39°01'42" N 26°17'41" E	20x17x41 m	T, RH, WS, WD, P
Αγία Παρασκευή	94	39°13'30" N 26°17'41" E	20x17x41 m	T, RH, WS, WD, P, Net solar radiation
Μυτιλήνη	71	39°08'00" N 26°34'00" E	20x34x00 m	T, RH, WS, WD, P
Πετρούνη	307	39°12'48" N 26°18'12" E	20x18x12 m	T, RH, WS, WD, P
Σηλί	26	39°12'46" N 26°51'20" E	20x51x20 m	T, RH, WS, WD, P

## Συνοπτική Κατάσταση

Η ανάλυση περιλαμβάνει ημέρες κατά τις οποίες επικρατούν εψισοί άνεμοι. Οι εψισοί είναι ισχυροί άνεμοι βορειών διευθύνσεων και επικρατούν κατά τη θερμή περίοδο στο Αιγαίο λόγω της ενίσχυσης της βαροβαθμίδας στα Δαρδανέλλια. Η ενίσχυση της βαροβαθμίδας οφείλεται σε συνδυασμό συστήματος υψηλών πιέσεων που καλύπτουν το καλοκαίρι το μεγαλύτερο μέρος της Μεσογείου, της Ευρώπης και των Βαλκανίων και της επέκτασης του θερμικού χαμηλού της ΝΔ Ασίας. Η επιλογή των ημερών κατά τις οποίες επικρατούν εψισοί έγινε με την ανάλυση των πεδίων του ατμοσφαιρικού μοντέλου SKIRON για το χρονικό διάστημα 2004 – 2005 σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναπτύσσεται από τους Varinou et al (??).

## Πεδίο ανέμου στους τέσσερις σταθμούς

Από τα ροδογράμματα των διευθύνσεων του ανέμου κατά τη διάρκεια των ημερών με εψισοί για τους τέσσερις σταθμούς (Σχήμα 2 α,β,γ,δ) φαίνεται ότι στην Αγία Παρασκευή και το Ακράσι η επικρατούσα διεύθυνση είναι βορειο – ανατολική ενώ στην Πετρούνη εμφανίζεται ισχυρή δυτική συνιστώσα.



Σχήμα 2: Ροδογράμματα διευθύνσεων για τους τέσσερις σταθμούς: Αγία Παρασκευή (α), Ακράσι (β), Μυτιλήνη (γ) και Πετρούνη (δ)

Οι υψηλότερες ταχύτητες παρατηρούνται στο Ακράσι (>11 m s<sup>-1</sup>), και οι χαμηλότερες στη Μυτιλήνη. Σε παλαιότερη έρευνα έχει βρεθεί ότι στη Μυτιλήνη οι εψισοί αποκτούν χαρακτηριστικά διαφορετικά από εκείνα που έχουν στο υπόλοιπο Αιγαίο. (Κατσούλης, 1970).

## Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών

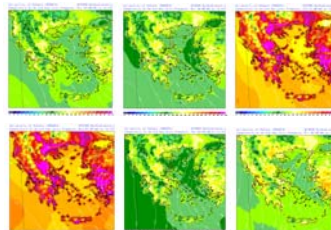
Η Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών (Principal Component Analysis PCA) εφαρμόστηκε στις ωριαίες τιμές των εξής μετεωρολογικών παραμέτρων: Θερμοκρασία (T), σχετική υγρασία (RH), πίεση (P), τις απόλυτες τιμές των δύο συνιστωσών του ανόμοιου της ταχύτητας του ανέμου (U και V), μέγιστη ταχύτητα (WS max), και ακτινοβολία (Rad). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 2

	Πίνακας 2							
	T	RH	P	U	V	WS max	Rad	
Αγία Παρασκευή	PC1	0.28	-0.23	0.07	0.52	0.81	0.89	0.23
	PC2	-0.41	0.65	0.97	0.08	0.01	0.02	0.19
	PC3	0.77	-0.57	-0.65	0.07	0.37	0.29	0.78
Ακράσι	PC1	-0.68	0.17	0.02	-0.92	-0.92	-0.98	0.10
	PC2	0.86	-0.73	-0.12	-0.08	0.15	0.08	0.69
	PC3	-0.58	0.02	0.84	-0.11	0.06	-0.03	0.40
Μυτιλήνη	PC1	0.33	-0.34	0.22	0.37	0.89	0.85	0.34
	PC2	0.81	-0.53	-0.35	0.01	0.06	0.06	0.11
	PC3	-0.59	0.41	-0.19	0.17	-0.22	0.12	-0.72
Πετρούνη	PC1	0.46	-0.57	0.24	0.63	0.94	0.89	0.42
	PC2	-0.67	0.47	0.52	-0.04	0.04	0.01	-0.11
	PC3	0.29	-0.21	0.66	0.80	0.05	0.21	0.72

Η PCA έδωσε σε κάθε σταθμό 3 κύριες συνιστώσες που εξηγούν ποσοστό μεγαλύτερο του 75% της διακύμανσης στα δεδομένα (82% για την Αγία Παρασκευή και το Ακράσι, 76% για τη Μυτιλήνη και 77% για την Πετρούνη). Η πρώτη κύρια συνιστώσα (PC1) σχετίζεται με μεταβολές της μέγιστης τιμής της ταχύτητας του ανέμου σε κάθε σταθμό. Οι μεταβολές αυτές σχετίζονται κυρίως με μεταβολές της V συνιστώσας του ανέμου. Η PC1 εξηγεί το 51% της συνολικής διακύμανσης που εμφανίζεται στα δεδομένα στην Αγία Παρασκευή, το 40% στο Ακράσι, το 38% στη Μυτιλήνη και το 46% στην Πετρούνη. Μία δευτερεύουσα συνιστώσα χαρακτηρίζει τον ημερήσιο κύκλο και σχετίζεται με τη διακύμανση της ακτινοβολίας, θερμοκρασίας και υγρασίας. Στους σταθμούς Μυτιλήνη και Πετρούνη αυτή η κύρια συνιστώσα σχετίζεται με μεταβολές στην U συνιστώσα της ταχύτητας του ανέμου, υποδεικνύοντας την εμφάνιση τοπικών ροών στις περιοχές αυτές. Η τελευταία συνιστώσα σχετίζεται με μεταβολές στην ατμοσφαιρική πίεση.

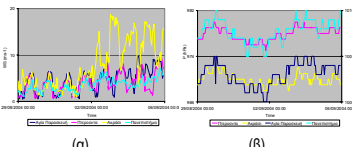
## Μελέτη περίπτωσης: 29/8 – 5/9/2004

Κατά την περίοδο 29/8 - 5/9/2004 έντονη βαροβαθμίδα που δημιουργείται στην περιοχή των Δαρδανελλίων και οφείλεται κυρίως στην επέκταση του θερμικού χαμηλού της ΝΔ Ασίας οδηγεί στην εμφάνιση εψισών μεγάλου έντασης (Σχήμα 4α). Ταυτόχρονα παρατηρείται η διέλευση δύο μετώπων, στις 31/8 και 4/9 (Σχήματα 3 και 4β).



Σχήμα 3: Χάρτες επιφανειακής θερμοκρασίας και πίεσης από το ατμοσφαιρικό μοντέλο SKIRON για το χρονικό διάστημα 29/8 – 5/9/2004

Η Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών των μετεωρολογικών στοιχείων για αυτό το χρονικό διάστημα οδήγησε σε τρεις συνιστώσες που αντιστοιχούν: (α) με τους εψισούς (PC1) (β) με την ενδοημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας (ημερήσιος κύκλος – PC2) και (γ) με μεταβολές στην πίεση προφανώς λόγω της διέλευσης των μετωπικών επιφανειών από την περιοχή (PC3). Τα αποτελέσματα της ανάλυσης είναι σε πλήρη συμφωνία με τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν

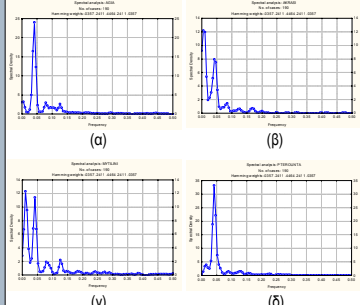


Σχήμα 4: Χρονική εξέλιξη της ταχύτητας του ανέμου (α) και της πίεσης (β) για το χρονικό διάστημα 29/8 – 5/9/2004. Οι τιμές της πίεσης για την Αγία Παρασκευή και το Πανεπιστήμιο είναι στο δεξίο άξονα ενώ οι αντίστοιχες τιμές για το Ακράσι και την Πετρούνη στον αριστερό

σε προηγούμενη ενότητα (Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών) και δεν παρουσιάζονται για λόγους συντομίας

## Φασματική ανάλυση

Στο Σχήμα 5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα φασματικής ανάλυσης των χρονοσειρών των κυρίων συνιστωσών (scores) που σχετίζονται με τους εψισούς ανέμους για τη χρονική περίοδο 29/8 – 5/9/2004. Στην Αγία Παρασκευή και την Πετρούνη η επικρατέστερη περιοδικότητα είναι η ημερήσια (το μέγιστο της φασματικής πυκνότητας εμφανίζεται σε συχνότητα 0,042105 που αντιστοιχεί σε 24 ώρες). Τα αποτελέσματα αυτά είναι αναμενόμενα (Karaperis, 1968).



Σχήμα 5: Φασματική ανάλυση για την κύρια συνιστώσα που σχετίζεται στους εψισούς για (α) την Αγία Παρασκευή (β) το Ακράσι (γ) τη Μυτιλήνη και (δ) την Πετρούνη

Στη Μυτιλήνη και το Ακράσι εκτός της αναμενόμενης ημερήσιας κύμανσης παρατηρείται μία επιπλέον περιοδικότητα σε συχνότητα 0,010526 (95 ώρες). Αυτή σχετίζεται με τη διέλευση μετώπων (Σχήμα 3) τα οποία τροποποιούν με τον τρόπο αυτό το πεδίο ροής στις περιοχές αυτές.

## Συμπεράσματα

- Το πεδίο ροής των εψισών ανέμων παρουσιάζει διαφορετικά χαρακτηριστικά σε τέσσερις περιοχές στη Λέσβο.
- Η εφαρμογή της Ανάλυσης Κυρίων Συνιστωσών ανέδειξε τρεις παράγοντες που σχετίζονται (α) με τους εψισούς, (β) με τον ημερήσιο κύκλο και (γ) με μεταβολές της πίεσης
- Τοπικές ροές παίζουν σημαντικό ρόλο σε δύο περιοχές (Πετρούνη και Μυτιλήνη).
- Εφαρμογή φασματικής ανάλυσης στην κύρια συνιστώσα που σχετίζεται με τους εψισούς έδειξε τροποποίηση των χαρακτηριστικών του πεδίου ροής λόγω διέλευσης μετωπικών επιφανειών σε δύο περιοχές (Ακράσι και Μυτιλήνη).

## Ευχαριστίες

Οι συγγραφείς θα ήθελαν να ευχαριστήσουν: τον υποψήφιο διδάκτορα Παλαιόλογο Παλαιολόγου, τη Δρ Χρυσίνα Μητσάκου και τη βοήθητή τους, καθώς και την Επ. Καθηγήτρια Μιχαλοπούλου Χαρά και τον Αν. Καθηγητή Θεοχαράτο Γιώργο για την πολύτιμη συμβολή τους στη βιβλιογραφική έρευνα για τους εψισούς ανέμους.

## Βιβλιογραφία

B. Κατσούλης Αι ανεμολογικά συνθήκη εις το Αιγαίον Πέλαγος, Διατριβή επί Διδακτορία, Αθήνα 1970.  
L.N. Caraperis, (1968) 'The Etesian Winds. (V) On the Daily Variation of the Velocity of the Etesian Winds in Athens', Hypomēmata tou Ethnikou Astrologikou Athēnōn: Meteōrologia 17, series II