

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 12^{ΗΣ} ΜΑΡΤΙΟΥ 1987

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΜΠΟΝΗ

ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ. — **Πιθαναί περιοδικότητες τοῦ ἡλιακοῦ πλάσματος μεγάλης ταχύτητος συναρτήσῃ τοῦ χρόνου**, ὑπὸ *Ἰ. Ξανθάκη, Κων. Πουλάκου καὶ Βασ. Πετροπούλου** [Κέντρον Ἑρευνῶν Ἀστρονομίας καὶ Ἐφαρμοσμένων Μαθηματικῶν τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν], διὰ τοῦ ἀκαδημαϊκοῦ κ. Ἰωάννου Ξανθάκη.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τὸ ρεῦμα πλάσματος μεγάλης ταχύτητος χαρακτηρίζεται ἀπὸ μία μεγάλη αὔξησιν τῆς ταχύτητός του μέσα στὸν ἡλιακὸ ἄνεμο, ἡ ὁποία διαρκεῖ περίπου 3-4 ἡμέρες.

Κατὰ καιροὺς διάφοροι ἐρευνηταὶ ἔδωσαν καὶ διαφορετικὸ ὄρισμὸ τῶν ρευμάτων πλάσματος ὑψηλῆς ταχύτητος (ἐφ' ἑξῆς HSPS). Ὁ Intriligator (1973, 1977) χαρακτηρίζει σὰν ρεῦμα πλάσματος ὑψηλῆς ταχύτητος ἐκεῖνο τὸ ρεῦμα πλάσματος τὸ ὁποῖο αὐξάνει ἀποτόμως τὴν ταχύτητά του στὸν ἡλιακὸ ἄνεμο καὶ ἔχει μιὰ ὑψίστη τιμὴ 450 km sec^{-1} . Ὁ Bame et al (1976) καὶ ὁ Gosling et al (1976) χαρακτηρίζουν ἓνα ρεῦμα πλάσματος ὑψηλῆς ταχύτητος, δηλ. ἓνα HSPS (High Speed Plasma Stream) σὰν ἐκεῖνο τὸ ρεῦμα εἰς τὸ ὁποῖον παρατηρεῖται μιὰ αὔξησιν ταχύτητος τουλάχιστον 150 km sec^{-1} ἐντὸς χρόνου 5 ἡμερῶν. Ὁ Broussard et al (1977) ὀρίζει

* I. XANTHAKIS, C. POULAKOS, B. PETROPOULOS, **Probable periodicities of the solar wind streamers.**

σάν HSPS έκεινο τὸ ρεῦμα τοῦ ἡλιακοῦ ἀνέμου τὸ ὁποῖον ἔχει μέση ἡμερησία ταχύτητα 500 km sec^{-1} .

Ὁ Lindblad (1981) διετύπωσε ἕναν ἄλλο ὁρισμὸ τοῦ HSPS ποὺ τὸν βάσισε στὴ διαφορὰ ταχύτητος τοῦ ρεύματος μεταξὺ δύο διαδοχικῶν ἡμερῶν. Χρησιμοποίησε δηλαδὴ ἕνα χρονικὸ ὄριο μεταξὺ 6 καὶ 48 ὥρῶν κατὰ τὴ διάρκεια τοῦ ὁποῖου παρατηρεῖται ἡ διαφορὰ ταχύτητος. Ὁ Lindblad ἔδωσε ἔμφαση στὴ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος τοῦ HSPS καὶ στὴ μεγίστη τιμὴ τῆς ταχύτητος ποὺ παρατηρεῖται σ' αὐτό. Ὁ ἐν λόγω ἔρευνητὴς βασιζεῖ τὸν ὁρισμὸ αὐτὸ τοῦ HSPS στὸ γεγονὸς τῆς στενῆς σχέσεως ποὺ φαίνεται νὰ ὑφίσταται μεταξὺ τοῦ γεωμαγνητικοῦ πεδίου καὶ τῆς μεταβολῆς τῆς ταχύτητος τοῦ ἡλιακοῦ ἀνέμου. Ἐπειδὴ δὲ ἡ μελέτη τοῦ ἀποσκοποῦσε στὴν ἔρευνα ἡλιακῶν καὶ γήινων φαινομένων, τοῦ ἐφάνη ὅτι ἡ στενὴ σχέση μεταξὺ $\frac{dV}{dt}$ τοῦ HSPS καὶ τῆς γεωμαγνητικῆς δραστηριότητος ἦταν πιὸ σαφὴς γιὰ τὸν ὁρισμὸ ἐνὸς ρεύματος ἡλιακοῦ ἀνέμου σάν HSPS παρὰ ἡ μεγάλη ταχύτης τοῦ ρεύματος.

Τὰ ρεύματα πλάσματος ὑψηλῆς ταχύτητος τοῦ ἡλιακοῦ ἀνέμου (HSPS), ἀνεξαρτήτως ὁρισμοῦ τους, ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἠλεκτρόνια, πρωτόνια, βαρέα ἰόντα, κυρίως σωματίδια α (πυρῆνες H, He, O, Ne, Si, Fe). Ἡ δομὴ τους ἀναλυτικότερα ἐμελετήθη ἀπὸ τοὺς Hirshberg (1975) καὶ Feldman (1977). Τὰ HSPS ἀνάλογα μὲ τὴν ταχύτητά τους ταξινομοῦνται σὲ δύο κυρίως κατηγορίες.

α) σὲ ρεύματα μεγάλης ταχύτητος δηλ. $v = 500 \text{ km sec}^{-1}$

β) σὲ ρεύματα μικρῆς ταχύτητος δηλ. $v = 350 \text{ km sec}^{-1}$

Ἡ μελέτη τῆς κατανομῆς τῆς ταχύτητος τῶν HSPS καθ' ὅλον τὸν ἡλιακὸν κύκλον ἔδειξε ὅτι ἐνῶ ἡ μέση ταχύτης τῶν ρευμάτων φαίνεται νὰ παραμένει σταθερή, λίγο πρὶν ἀπὸ τὸ ἐλάχιστο τοῦ ἡλιακοῦ κύκλου, ἀποτόμως αὐξάνεται ἐγγίζοντας μιὰ τιμὴ τῆς τάξεως τῆς $v = 800 \text{ km sec}^{-1}$. Αὐτὴ ἡ δίκην οὐρᾶς κατανομὴ τῆς ταχύτητος ἀντιπροσωπεύει ρεύματα πλάσματος στὸν ἡλιακὸ ἄνεμο τὰ ὁποῖα κινήθηκαν μὲ πολὺ ὑψηλὰς ταχύτητες. Ἐνα ρεῦμα HSPS ἔχει μίαν δομὴ ἡ ὁποία χαρακτηρίζεται ἀπὸ α) τὸ προφίλ, β) τὴ θερμοκρασία του, γ) τὴν πυκνότητά του, δ) τὴν ταχύτητά του, καὶ ε) τὸ μαγνητικὸ του πεδίο ὅπως αὐτὰ ἀνιχνεύονται πλησίον τῆς γῆς.

Τὰ HSPS περιστρέφονται μὲ τὴν ἰσημερινὴ περίοδο περιστροφῆς τῆς φωτοσφαίρας, δηλαδὴ μὲ περίοδο μιᾶς περιστροφῆς Bartel (27,1 ἡμέρες), καὶ παρατηροῦνται σὲ ὅλες τὶς φάσεις τοῦ ἡλιακοῦ κύκλου, δεικνύουν δὲ μιὰ κάποιαν ἀστάθεια στὴ διάρκειά τους. Τὰ πλέον σταθερᾶς διαρκείας HSPS παρατηρήθησαν κατὰ τὴ

διάρκεια του καθοδικού κλάδου της ηλιακής δραστηριότητας.

Αν και ο 20ός ηλιακός κύκλος, κατά τη διάρκεια του οποίου και ελήφθησαν όλες οι μετρήσεις των HSP οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, δεν αποτελεί ένα χαρακτηριστικό δείγμα ηλιακού κύκλου, οι Gosling⁸ et al (1976) τόσο έντυπωσιάσθηκαν από τη δύναμη και τη σταθερότητα των ρευμάτων του ηλιακού ανέμου κατά τη διάρκεια του έτους 1974, ώστε υπέδειξαν ότι το βασικό χαρακτηριστικό γνώρισμα του ηλιακού ανέμου, σε περίπτωση απουσίας των όριακών μαγνητικών πεδίων, είναι η μεγάλη ταχύτητα των ρευμάτων του.

Μέχρι το 1981 επικρατούσε η άποψη ότι υπάρχει ένας ομαλός, χαμηλής σχετικώς ταχύτητας ηλιακός άνεμος εις τον όποιον είναι εμβαπτισμένα ρεύματα ύψλης ταχύτητας. Σήμερα θεωρείται περισσότερο πιθανόν ότι από κάποια πηγή εξέρχεται ένας άνεμος χαμηλής ταχύτητας εξελισσόμενος σε άνεμο ύψλης ταχύτητας, και ότι αυτή η πηγή δεν είναι άλλο παρά οι στεμματικές όπες (Coronal Holes). Θα πρέπει να σημειώσουμε εδώ πώς αν και τα ρεύματα ύψλης ταχύτητας προέρχονται κυρίως από τις στεμματικές όπες, εν τούτοις δεν είναι και η μόνη πηγή γενεσεώς των. Πράγματι έχει παρατηρηθεί — και γι' αυτό το λόγο τα HSPS ταξινομούνται σε 2 κατηγορίες — ότι ρεύματα μεγάλης ταχύτητας προέρχονται επίσης και από ηλιακές εκλάμψεις και προς διάκρισιν των προηγούμενων σταθερών ρευμάτων (stable HSPS) αυτά τα τελευταία ονομάστηκαν shock waves HSPS.

Ο Simon (1980) διακρίνει τα HSPS επίσης σε δύο κυρίως κατηγορίες δηλ. α) σε HSPS προερχόμενα από Coronal Holes (stable HSPS) και β) σε HSPS προερχόμενα από ισχυρά κέντρα δράσεως του ήλιου σε μέσα και χαμηλά ηλιακά πλάτη. Συσχέτισε εν συνεχεία τα HSPS με τους αριθμούς Wolf (R_Z) κατά τη διάρκεια του 20ού ηλιακού κύκλου και βρήκε μία θετική συσχέτιση μεταξύ των R_Z και HSPS των προερχομένων από ισχυρά κέντρα δράσεως του ήλιου, ενώ αντίθετα βρήκε μια αρνητική συσχέτιση μεταξύ των R_Z και των HSPS των προερχομένων από στεμματικές όπες. Μία εξήγηση του φαινομένου αυτού ίσως είναι το γεγονός πώς οι στεμματικές όπες εδώ σχετίζονται κυρίως με μονοπολικές περιοχές.

Τη στενή συσχέτιση μεταξύ στεμματικών όπων, είτε στους πόλους είτε στο δίσκο, και των HSPS του ηλιακού ανέμου μελέτησαν οι Gosling (1975), Schwenn et al (1978) Zirker (1977) και Smith (1979). Οι έρευνηται αυτοί βρήκαν ότι υπάρχει μεγάλη συσχέτιση μεταξύ του φωτοσφαιρικού μαγνητικού πεδίου, του μεσοπλανητικού μαγνητικού πεδίου (IMF), των στεμματικών όπων και των ρευμάτων πλάσματος ύψλης ταχύτητας του ηλιακού ανέμου. Ο Sheeley et al (1977) αναλύοντας

παρατηρήσεις του μεσοπλανητικού μαγνητικού πεδίου, των HSPS του ήλιακού ανέμου, και των γεωμαγνητικών διαταραχών τη βοήθεια του δείκτη C9 κατά την περίοδο 1962-1975 έπεβεβαίωσαν αφ' ενός μὲν μερικά χαρακτηριστικά του ήλιακού ανέμου όπως π.χ. τὸ γεγονός ὅτι τὰ ρεύματα του ήλιακού ανέμου εἶναι ταχύτερα, εὐρύτερα καὶ πλέον μακρόβια κατὰ τὴ διάρκεια τῶν περιόδων 1962-1964 καὶ 1973-1974 δηλαδή κατὰ τὸ τέλος τῆς καθοδικῆς φάσεως του ήλιακού κύκλου. Προσέτι δὲ ὅτι τὰ HSPS δεικνύουν στενὴ συσχέτιση μὲ τὴν περιοδικότητα τῆς γεωμαγνητικῆς δραστηριότητος ποὺ εἶναι χαρακτηριστικὴ του καθοδικοῦ κλάδου τῆς ήλιακῆς δραστηριότητος του 11ου ήλιακού κύκλου.

Οἱ Pudovkin et al (1976) καὶ Dvinskikh et al (1981) ἀνεῦρον σχέσεις μεταξύ τῆς ἐντάσεως του γεωμαγνητικού πεδίου καὶ ἰδιαίτερα του δείκτη A_p καὶ τῶν HSPS του ήλιακού ανέμου.

Τέλος οἱ Mavromichalaki et al (1985) ἔδειξαν ὅτι ἡ ἔνταση τῆς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας ποὺ μετρεῖται στὸ ἔδαφος, ἐξαρτᾶται κατὰ τὴν ἐτήσια μεταβολὴ τῆς γιὰ τὴ χρονικὴ περίοδο 1964-1974 ἀπὸ τὸν ἀριθμὸ τῶν HSPS του ήλιακού ανέμου.

Ἡ ἐκπομπὴ λοιπὸν τῶν σωματιδίων ποὺ ἀπαρτίζουν τὰ HSPS δὲν εἶναι οὔτε τυχαία οὔτε ἀκανόνιστος, ἀλλὰ ἐξαρτᾶται ἀφ' ενός μὲν ἀπὸ τὶς στεμματικὲς ὀπές καὶ τὶς ήλιακὲς ἐκλάμψεις (solar flares) ἀφ' ἑτέρου δὲ ἀπὸ τὰ κέντρα δράσεως του ήλιου. Τὰ σωματίδια αὐτὰ ἐπιταχυνόμενα μεγάλως μεταφέρονται δίκην ρευμάτων πλάσματος στὸ μεσοπλανητικὸ χῶρο ἐπηρεάζοντα στὴ συνέχεια τὸ γεωμαγνητικὸ πεδίο.

Τὸν τρόπο σύζευξης μεταξύ του ήλιακού ανέμου καὶ τῆς μαγνητόσφαιρας τῆς γῆς ἀνέλυσε πρόσφατα ὁ Akasofu (1981).

Ἐξ ὅλων τῶν ἀνωτέρω ἐκτεθέντων θεωρήσαμε ὅτι θὰ ἦταν ἐνδιαφέρον νὰ ἐξετασθεῖ τὸ πρόβλημα τῆς στατιστικῆς ἀναλύσεως τῶν ἀριθμῶν τῶν HSPS ποὺ ἐμφανίζονται στὸν ήλιακὸ ἄνεμο καὶ νὰ μελετηθοῦν τυχὸν περιοδικότητες ἐμφανίσεως αὐτῶν καὶ νὰ συγκριθοῦν πρὸς ἄλλες περιοδικότητες μεταξύ γήινων καὶ ήλιακῶν φαινομένων.

Εἰς τὴν παρούσα ἐργασία μελετήθηκαν οἱ μεταβολὲς τῆς συχνότητος ἐμφανίσεως τῶν ρευμάτων πλάσματος ὑψηλῆς ταχύτητος (ὁ ἀριθμὸς τῶν HSPS) συναρτήσει του χρόνου (ἀριθμὸς περιστροφῶν κατὰ Bartel καθὼς καὶ μηνιαῖες τιμές), μὲ σκοπὸ τὴν ἀποκάλυψη πιθανῶν περιοδικότητων ποὺ εἶναι δυνατόν νὰ συνδέονται μὲ ἀντίστοιχες περιοδικότητες γήινων φαινομένων.

Τὰ δεδομένα τῶν παρατηρήσεων καλύπτουν τὴ χρονικὴ περίοδο 1964-1978 καὶ

αποτελούνται από α) ρεύματα HSPS προερχόμενα από στεμματικές όπες β) ρεύματα HSPS προερχόμενα από ήλιακές εκλάμψεις και γ) από ρεύματα HSPS άδιακρίτως πηγής προελεύσεως των.

Πρὸς τοῦτο χρησιμοποιήσαμε τὰ δεδομένα τῶν παρατηρήσεων τὰ ὅποια ἐλήφθησαν διὰ δορυφόρων κατὰ τὴ διάρκεια τῆς χρονικῆς περιόδου 1964-1978 δημοσιευθέντα ὑπὸ τοῦ Lindblad (1981).

2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΣ

2.1. Ρεύματα HSPS προερχόμενα από ήλιακές εκλάμψεις.

Ἐπειδὴ ὁ κατάλογος τοῦ Lindblad ἀπὸ τὸν ὅποῖον ἐλήφθη ὁ ἀριθμὸς τῶν HSPS παρουσιάζει ἀρκετὰ κενὰ χαρακτηριζόμενα μὲ τὸν ἀριθμὸ μηδέν (δηλαδὴ δὲν ἔγιναν μετρήσεις ἀπὸ τοὺς δορυφόρους), θεωρήσαμε σκόπιμο ἀντὶ τοῦ πραγματικοῦ ἀριθμοῦ τῶν HSPS νὰ χρησιμοποιήσουμε τοὺς ἀριθμοὺς τῶν HSPS τοὺς ληφθέντας μὲ τὴ βοήθεια τῶν ἀνὰ 5-περιστροφῶν Bartel κινητῶν μέσων ὅρων σημειωμένων ὡς $F_{(5)}^{\text{obs}}$. Ἡ ποσότης αὕτη δύναται νὰ θεωρηθεῖ ὅτι παριστᾷ τὴ μέση μεταβολὴ τῶν HSPS κατὰ περιστροφὴ Bartel.

Τὰ δεδομένα τοῦ ὑπολογισμοῦ παρέχονται στὴν εἰκόνα 1α ὑπὸ τῶν ἀνοικτῶν κύκλων. Ἡ εἰκόνα αὕτη δεικνύει ὅτι ἡ ποσότης $F_{(5)}$ παρουσιάζει πιθανότατα μία μακρὰ μεταβολὴ μὲ περίοδον 150 περιστροφῶν Bartel δηλ. 11.1 ἔτη. Ἡ μακρὰ αὕτη μεταβολὴ παρίσταται ἀναλυτικῶς ὑπὸ τοῦ ὅρου ποσότητος

$$0.5 + 0.6 \sin \frac{2\pi}{150} (T-1825) \quad (1)$$

Οἱ διαφορὲς $F_{(5)}^{\text{obs}} - \{0.5 + 0.6 \sin \frac{2\pi}{150} (T-1825)\}$ παρίστανται στὴν εἰκόνα 1 b ὑπὸ τῶν ἀνοικτῶν κύκλων. Ἡ εἰκόνα αὕτη δεικνύει ὅτι οἱ ἐν λόγω διαφορὲς δὲν φαίνεται νὰ εἶναι τυχαῖες ἀλλὰ ἐμφανίζονται σποραδικῶς ὑπὸ μορφήν ἡμιπεριόδων καὶ οἱ ὅποιες παρίστανται στὴν εἰκόνα 1b ὑπὸ τῶν συνεχῶν ἡμιτονοειδῶν καμπύλων.

Οἱ περίοδοι τῶν μεταβολῶν τούτων φαίνεται νὰ εἶναι σταθερὲς καὶ ἴσες μὲ 14 ἡμερινὲς περιστροφές ἥτοι ἴσες μὲ 12.6 μῆνες. Ἀναλυτικῶς οἱ περιοδικότητες αὐτὲς παρέχονται ἀπὸ τὴ σχέση

$$F_{(5)}^{\text{obs}} - F_{(5)}^{\text{com}} = 0.6 \sin \frac{2\pi}{14} (T-1828) - 0.6 \sin \frac{2\pi}{14} (T-1846) -$$

1828-34 1846-53

$$- 0.6 \sin \frac{2\pi}{14} (T-1861). \quad (2)$$

1861-82

Τὸ ἄθροισμα τῶν (1) καὶ (2) παριστᾷ τὴ μέση μεταβολὴ τῆς ποσότητος $F_{(5)}^{\text{com}}$ ἢ ὁποία παρίσταται ἀναλυτικῶς ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$F_{(5)}^{\text{com}} = 0.5 + 0.6 \sin \frac{2\pi}{150} (T-1825) + 0.6 \sin \frac{2\pi}{14} (T-1828) -$$

1828-34

$$- 0.6 \sin \frac{2\pi}{14} (T-1846) - 0.6 \sin \frac{2\pi}{14} (T-1861) \quad (3)$$

1846-53 1861-82

Εἰς τὴν εἰκόνα 1c οἱ πλήρεις κύκλοι παριστοῦν τὶς τιμὲς τοῦ $F_{(5)}^{\text{obs}}$, ἡ δὲ συνεχὴς γραμμὴ τὶς τιμὲς τῆς ποσότητος $F_{(5)}^{\text{com}}$, οἱ ὁποῖες παρέχονται ἀπὸ τὴν σχέση (3). Ἡ s.d (standard deviation) τῆς ποσότητος $F_{(5)}^{\text{obs}} - F_{(5)}^{\text{com}}$ εὐρέθη ἴση μὲ ± 0.2 units.

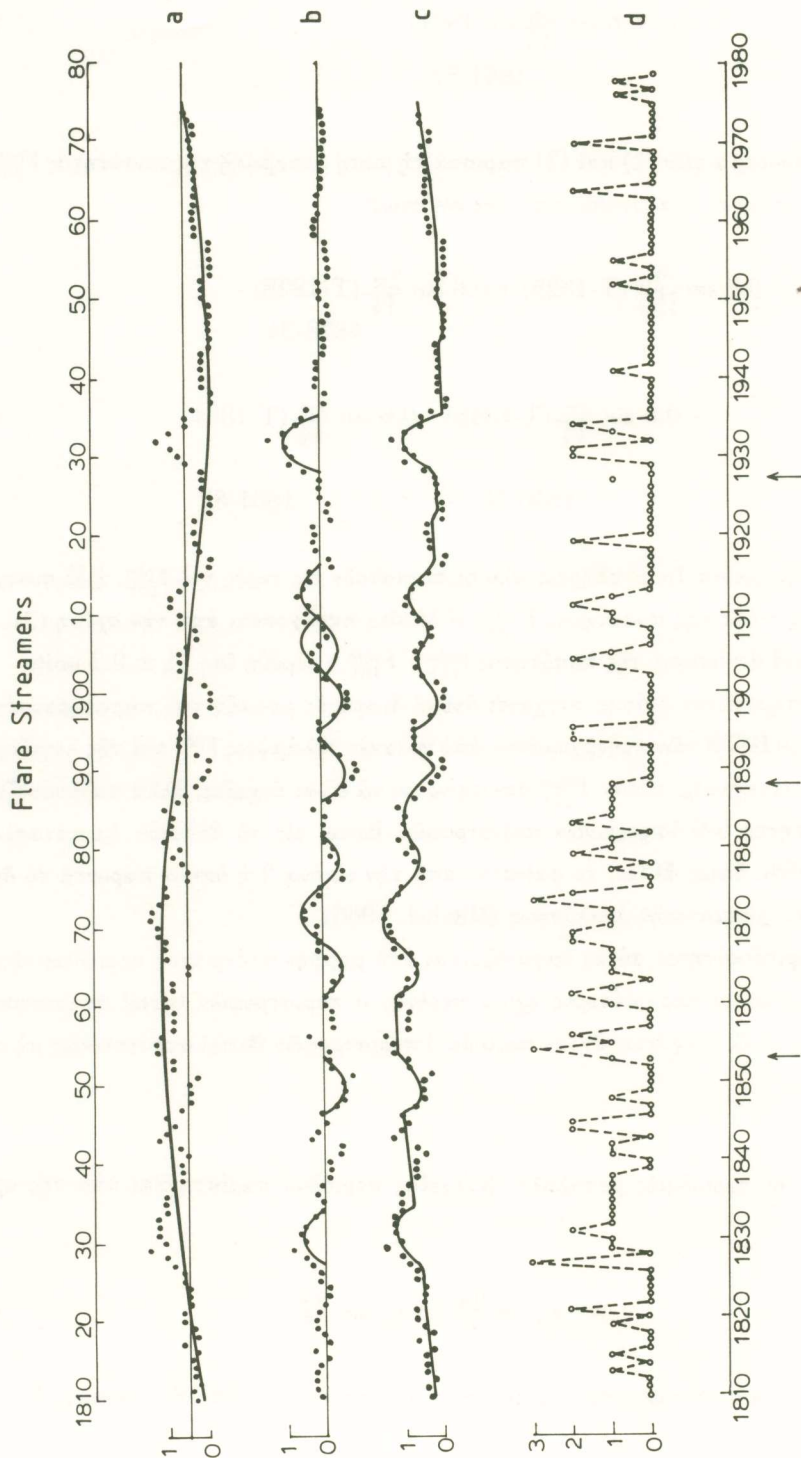
Ἀξιοσημείωτον ἐπίσης τυγχάνει ὅτι οἱ διαφορὲς μεταξὺ τοῦ παρατηρουμένου ἀριθμοῦ τῶν HSPS τῶν προερχομένων ἀπὸ ἡλιακὰς ἐκλάμψεις F^{obs} καὶ τῆς λογιζομένης μέσης μεταβολῆς αὐτοῦ, $F_{(5)}^{\text{com}}$ δὲν φαίνεται νὰ εἶναι τυχαῖες, ἀλλὰ παρουσιάζουν περιοδικότητες 5-6 ἡμερινῶν περιστροφῶν Bartel εἰς τὸ ἐπίπεδο ἐμπιστοσύνης ἄνω τοῦ 95%, ὅπως ἄλλως τε φαίνεται ἀπὸ τὴν εἰκόνα 2 ἢ ὁποία παριστᾷ τὸ διάγραμμα τῆς φασματικῆς ἀναλύσεως (Mitchel, 1966).

Οἱ περιοδικότητες αὐτὲς ἐμφανίζονται ὑπὸ μορφήν πλέγματος περιοδικότητων ἐκ τῶν ὁποίων οἱ περισσότερες ἔχουν περίοδο 6 περιστροφῶν Bartel στατιστικῶς σημαντικές, ἐνῶ ἐλάχιστες ἔχουν περίοδο 3 περιστροφῶν Bartel στατιστικῶς μὴ σημαντικές.

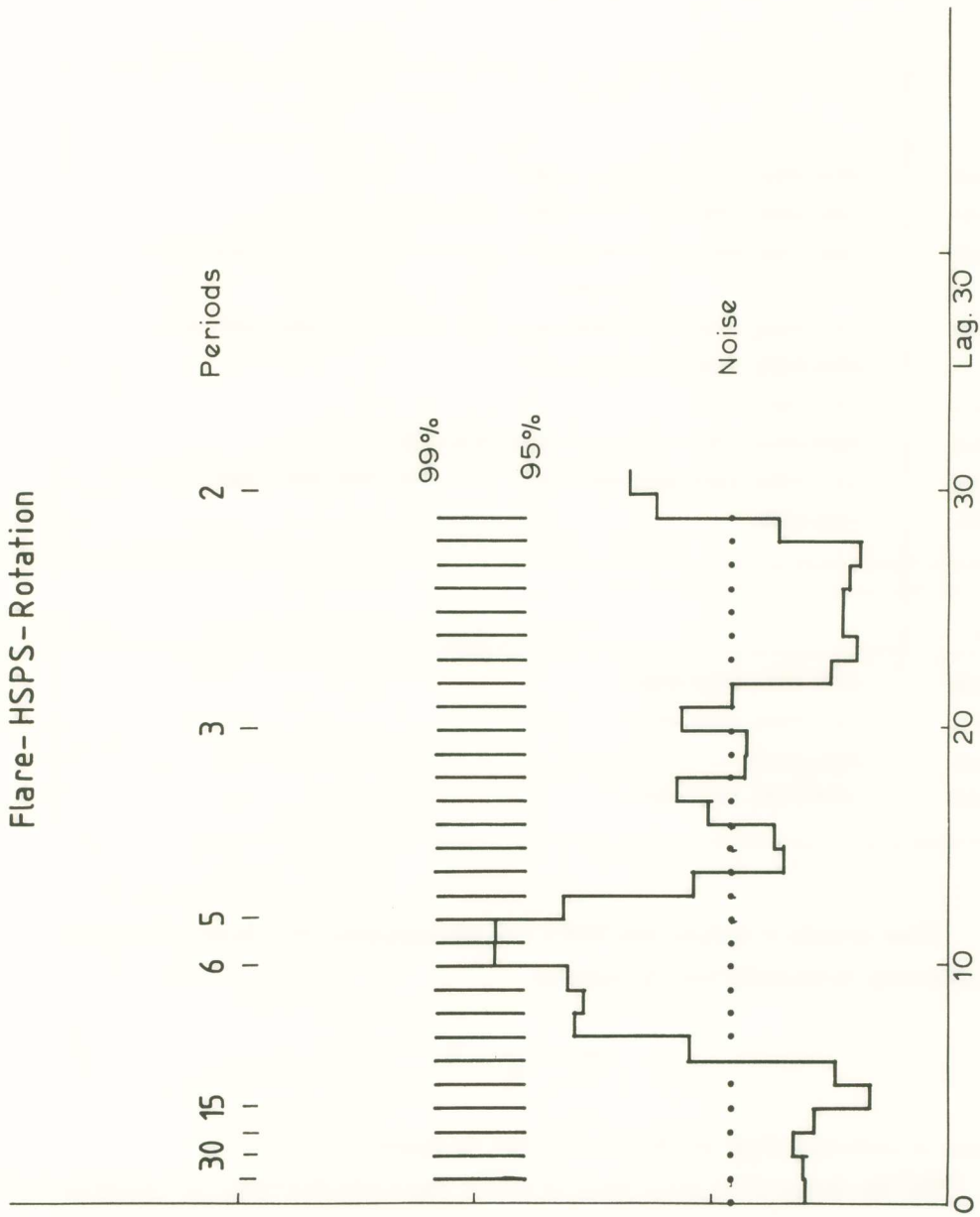
Οὕτω οἱ περιοδικὲς μεταβολὲς βραχείας περιόδου παρίστανται ὑπὸ τῆς σχέσεως

$$W = a_n \sin \frac{2\pi}{6} t + b_n \sin \frac{2\pi}{3} t, \quad (4)$$

Ἡ θέση καὶ τὸ εὔρος τῶν περιοδικότητων παρέχονται ὑπὸ τοῦ πίνακος I



Εικόνα 1



Εικόνα 2

ΠΙΝΑΞ Ι

$$W = a_n \sin \frac{2\pi}{6} t + b_n \sin \frac{2\pi}{3} t$$

a_n	t
+0.6	1812-1824, 1975-1978, 1977-1980
-0.6	1823-1838, 1848-1851, 1850-1856, 1897-1903
+0.6	1835-1842, 1867-1873, 1871-1877, 1872-1875, 1902-1905, 1908-1913, 1850-1863
-1.0	1841-1844, 1845-1848, 1856-1863, 1858-1861, 1891-1894, 1895-1898, 1900-1909, 1934-1941, 1934-1940
-1.5	1879-1883
+1.5	1880-1883, 1893-1896, 1929-1932, 1932-1935
+2.0	1878-1882, 1910-1917, 1913-1919, 1917-1920, 1963-1970, 1965-1969
-3.0	1964-1970
b_n	t
-0.6	1813-1816, 1825-1828
-1.0	1852-1855, 1854-1857
-1.5	1819-1822
+1.5	1826-1830, 1829-1832

Έτσι τελικώς ο αριθμός των HSPS των προερχομένων από ήλιακές εκλάμψεις παρίσταται αναλυτικώς υπό τῆς σχέσεως

$$F^{\text{com}} = F_{(5)}^{\text{com}} + W, \quad (5)$$

όπου οί ποσότητες $F_{(5)}^{\text{com}}$ καὶ W δίδονται ἀπὸ τίς σχέσεις (3) καὶ (4).

Εἰς τὴν εἰκόνα 1d οἱ μικροὶ ἀνοικτοὶ κύκλοι παριστοῦν τὸ πλῆθος τῶν ρευμάτων πλάσματος ὑψηλῆς ταχύτητος τοῦ ἡλιακοῦ ἀνέμου ποὺ παρέχουν οἱ παρατηρήσεις. Ἡ διακεκομμένη γραμμὴ παριστᾷ τίς ἀντίστοιχες τιμὲς ποὺ ὑπολογίζονται μὲ τὴ βοήθεια τῆς σχέσεως (5). Ὅπως διακρίνει κανεῖς, εἰς τρεῖς μόνον περιπτώσεις, ἤτοι

κατὰ τὶς περιστροφές Bartel Nos. 1853, 1888 καὶ 1927, οἱ διαφορές μεταξύ τῶν παρατηρουμένων τιμῶν καὶ τῶν ὑπολογιζομένων τιμῶν ὑπὸ τῆς σχέσεως (5) εἶναι ± 1 .

Θὰ πρέπει ἐπίσης νὰ σημειώσουμε ὅτι ἡ ἀνάλυση αὐτὴ παρέχει τὰ δεδομένα τῆς παρατηρήσεως μὲ τὴ βοήθεια 108 παραμέτρων ἀφήνοντας ὅμως 61 βαθμοὺς ἐλευθερίας.

2.2. Μεταβολὴ τῶν HSPS τῶν προερχομένων ἀπὸ στεμματικές ὁπές συναρτήσει τῶν περιστροφῶν Bartel

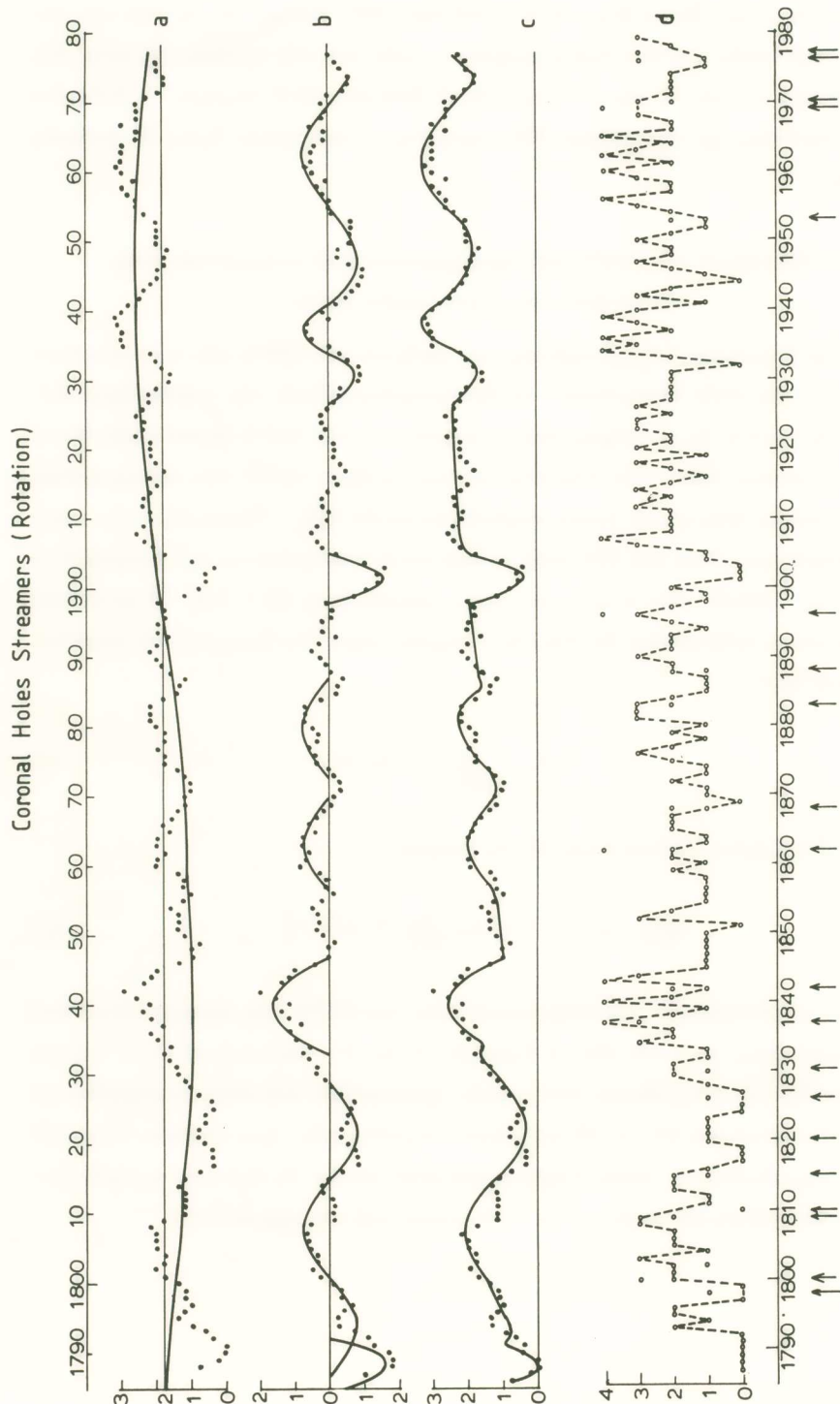
Γιὰ τὴν διερεύνηση τῆς μεταβολῆς τοῦ ἀριθμοῦ τῶν HSPS τῶν προερχομένων ἀπὸ στεμματικές ὁπές ἐφαρμόσαμε τὴ προηγούμενη μέθοδο τῆς παραγράφου 2.1. Ἔτσι εἰς τὴν εἰκόνα 3α οἱ πλήρεις κύκλοι παριστοῦν τοὺς ἀνὰ 5 περιστροφές Bartel κινουμένους μέσους ὅρους τῶν παρατηρουμένων ἀριθμῶν HSPS τῶν προερχομένων ἀπὸ στεμματικές ὁπές καὶ οἱ ὁποῖοι συμβολίζονται ὡς $S_{H(5)}^{\text{obs}}$. Ὅπως καὶ στὴν προηγούμενη περίπτωση ἔτσι καὶ ἐδῶ στὴν εἰκόνα αὐτὴ ὑποδηλώνεται μιὰ μακροχρόνια μεταβολὴ μὲ περίοδο 214 ἡμερινῶν περιστροφῶν ἥτοι 16.1 ἔτη. Ἡ μεταβολὴ αὐτὴ σημειοῦται στὴν εἰκόνα 3β ὑπὸ τῆς συνεχοῦς καμπύλης γραμμῆς καὶ παρίσταται ὑπὸ τοῦ ὅρου

$$1.8 - 0.8 \sin \frac{2\pi}{214} (T-1787). \quad (6)$$

Ἡ εἰκόνα 3 (πλήρεις κύκλοι) παριστᾷ τὶς διαφορές

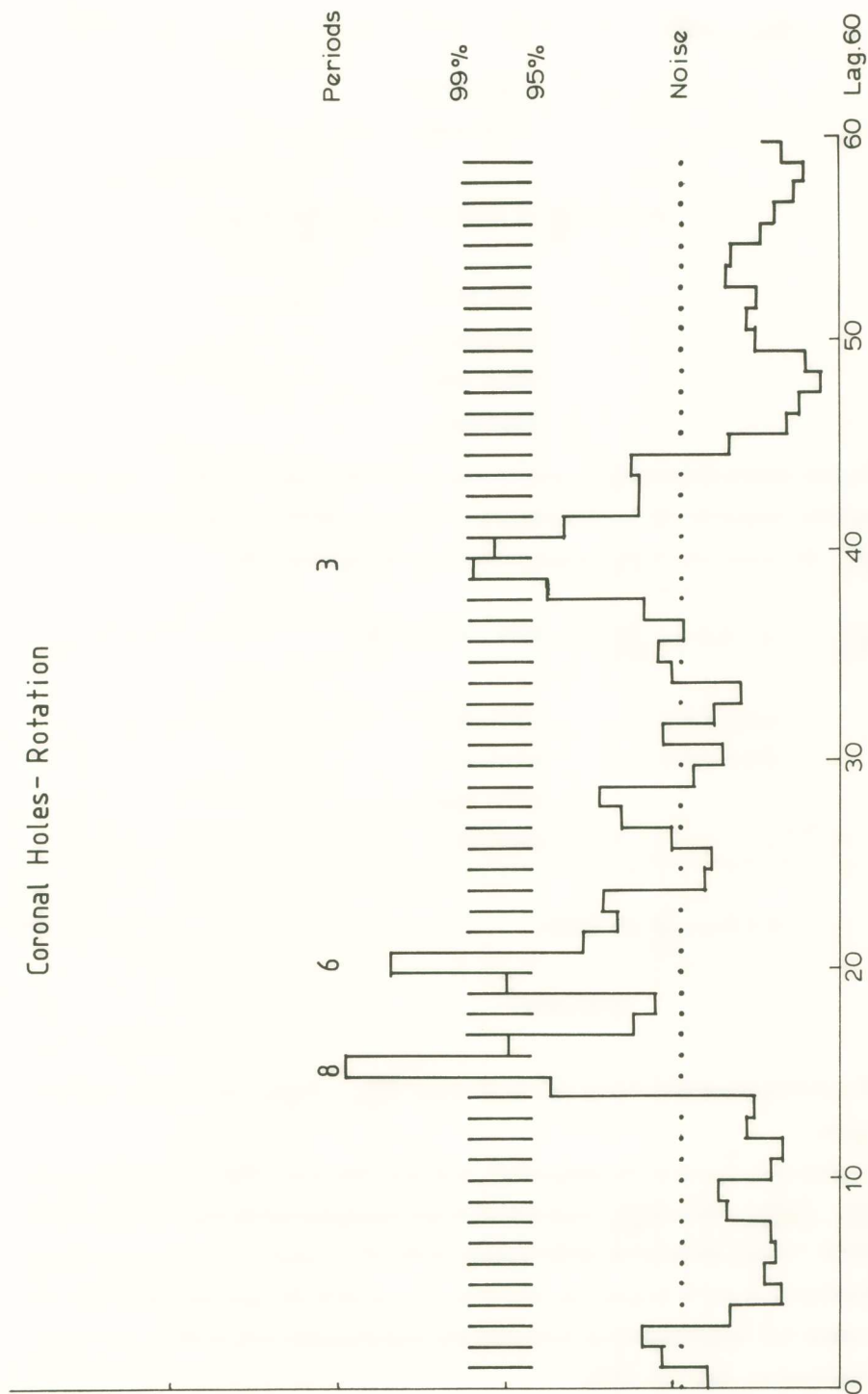
$$S_{H(5)}^{\text{obs}} - \left\{ 1.8 - 0.8 \sin \frac{2\pi}{214} (T-1787) \right\}. \quad (7)$$

Ὅπως παρατηρήσαμε καὶ στὴν περίπτωσι τῶν HSPS τῶν προερχομένων ἀπὸ ἡλιακὲς ἐκλάμψεις, ἔτσι καὶ ἐδῶ οἱ διαφορές αὐτὲς δὲν φαίνεται νὰ εἶναι τυχαῖες ἀλλὰ ἐμφανίζονται σποραδικῶς ὑπὸ μορφήν ἡμιπεριοδῶν καὶ πλήρων περιόδων μὲ περιόδους ἀντιστοίχους 14 καὶ 28 ἡμερινῶν περιστροφῶν, ἥτοι περίπου 12 καὶ 24 μῆνες. Οἱ περιοδικότητες αὐτὲς παρίστανται στὴν εἰκόνα 3b ὑπὸ τῶν συνεχῶν ἡμιτονοειδῶν καμπύλων καὶ παρέχονται ἀναλυτικῶς ὑπὸ τῆς σχέσεως (8).



Εικόνα 3

Coronal Holes - Rotation



$$S_{H(5)}^{\text{obs}} - S_{H(5)}^{\text{com}} = -1.6 \sin \frac{2\pi}{14} (T-1787) \pm$$

1785-1792

1898-1905

$$\pm 0.8 \sin \frac{2\pi}{28} (T-1787) + 1.6 \sin \frac{2\pi}{28} (T-1833). \quad (8)$$

-1787-1833

1833-1847

+1856-1870

+1873-1887

-1941-1974

Εἰς τὴν εἰκόνα 3c οἱ πλήρεις κύκλοι παριστοῦν τὶς τιμὰς τῶν $S_{H(5)}^{\text{ob}}$, ἐνῶ ἡ συνεχὴς καμπύλη παριστᾷ τὴν ὑπολογισθεῖσαν τιμὴν τῶν HSPS τὴν ὁποία παριστᾶμεν μὲ $S_{H(5)}^{\text{com}}$. Οἱ τιμὰς τῶν $S_{H(5)}^{\text{com}}$ παρέχονται ὑπὸ τῆς σχέσεως (9).

$$S_{H(5)}^{\text{obs}} = 1.8 - 0.8 \sin \frac{2\pi}{214} (T-1787) - 1.6 \sin \frac{2\pi}{14} +$$

1785-1792

-1787-1833

1898-1905

+1856-1870

+1873-1887

-1941-1974

$$+ 1.6 \sin \frac{2\pi}{28} (T-1833)$$

(9)

1833-1847

Ἡ s.d (Standard deviation) τῆς ποσότητος $S_{H(5)}^{\text{ob}} - S_{H(5)}^{\text{com}}$ εὑρέθη ἴση πρὸς $\sigma = \pm 0.4$ units.

Ἡ εἰκόνα 4 παριστᾷ τὴν φασματικὴν ἀνάλυση (Mitchel, 1966)²⁰ τῶν διαφορῶν $W = S_{H(5)}^{\text{obs}} - S_{H(5)}^{\text{com}}$, ὅπου $S_{H(5)}^{\text{obs}}$ παριστᾷ τὸ παρατηρούμενο κατὰ περιστροφὴ πλῆθος τοῦ HSPS. Ὅπως δεικνύεται στὴν εἰκόνα αὐτή, οἱ διαφορὲς αὐτὲς παρουσιάζουν περιοδικότητες 6 καὶ 8 ἡμερινῶν περιστροφῶν σὲ ἐπίπεδο ἐμπιστοσύνης ἄνω τοῦ 99%, καθὼς καὶ περιοδικότητες 3 ἡμερινῶν περιστροφῶν στὴ στάθμη τοῦ ἐπιπέδου ἐμπιστοσύνης ἄνω τοῦ 95%.

Οὕτω οἱ περιοδικές μεταβολές βραχείας περιόδου παρίστανται ὑπὸ τῆς σχέσεως 10.

$$W = a_n \sin \frac{2\pi}{8} t + b_n \sin \frac{2\pi}{6} t + C_n \sin \frac{2\pi}{3} t. \quad (10)$$

Ἡ θέση καὶ τὸ εὖρος τῶν περιοδικότητων αὐτῶν παρέχονται ὑπὸ τοῦ πίνακος II.

ΠΙΝΑΞ II

$$W = a_n \sin \frac{2\pi}{8} t + b_n \sin \frac{2\pi}{6} t + c_n \sin \frac{2\pi}{3} t$$

a_n	t
+1.0	1812-1833, 1863-1875, 1922-1930, 1927-1931
-1.0	1876-1896
-2.0	1942-1950
b_n	t
+1.0	1974-1800, 1807-1813, 1851-1860, 1854-1858, 1860-1863, 1894-1900, 1898-1904, 1911-1914, 1948-1957, 1971-1977
-1.0	1796-1802, 1872-1878, 1904-1907, 1965-1974
+3.0	1833-1836, 1905-1908, 1932-1935
-3.0	1931-1934
c_n	t
-1.0	1791-1794, 1850-1853, 1912-1921, 1916-1919, 1924-1927, 1960-1966
+1.0	1802-1805, 1843-1846, 1878-1881, 1935-1942, 1934-1943

Εἰς τὴν εἰκόνα 3d οἱ μικροὶ ἀνοικτοὶ κύκλοι παριστοῦν τὸ παρατηρηθὲν πλῆθος τῶν HSPS, S_H^{obs} , τῶν ρευμάτων τῶν προερχομένων ἀπὸ στεμματικές ὀπές, ἡ δὲ διακεκομμένη γραμμὴ τίς ὑπολογιζόμενες τιμὲς ὑπὸ τῆς σχέσεως (11)

$$S_{\text{H}}^{\text{com}} = S_{\text{H}(5)}^{\text{com}} + W. \quad (11)$$

Όπως είναι εύκολο να διακρίνει κανείς στην εικόνα 3d σε όλίγες μόνον περιπτώσεις οι διαφορές μεταξύ $S_{\text{H}(5)}^{\text{obs}}$ και $S_{\text{H}}^{\text{com}}$ είναι ± 1 ή ± 2 . Ο αριθμός των περιστροφών στις οποίες παρουσιάζονται οι διαφορές αυτές δεικνύεται από τα βέλη που σημειοϋνται στο κάτω μέρος της εικόνας 3d.

Θά πρέπει να σημειωθεί τέλος, πώς η ανάλυση αυτή των δεδομένων της παρατήρησης περιέχει 102 παραμέτρους με 82 βαθμούς ελευθερίας.

2.3. Περιοδικότητες των μηνιαίων τιμών των HSPS των προερχομένων από στεμματικές όπες.

Όπως έχουμε ήδη σημειώσει στις παραγράφους 2.1. και 2.2. έπειδή ο κατάλογος που παρέχει τον αριθμό των HSPS παρουσιάζει αρκετά κενά δηλαδή έλλειψη παρατηρήσεων, θεωρήσαμε σκόπιμο για την αναλυτική μελέτη των HSPS να λάβουμε αντί του πραγματικού αριθμού των HSPS τους αριθμούς αυτών τους ληφθέντες με τη βοήθεια των 5-μηνών κινητών μέσων όρων σημειοϋμένων ως $C_{\text{H}(5)}^{\text{obs}}$. Η ποσότης αυτή δύναται να θεωρηθεί ότι παριστᾷ τη μέση μεταβολή των HSPS συναρτήσει του χρόνου με μονάδα το μήνα.

Τὰ δεδομένα του ύπολογισμού παρέχονται στην εικόνα 5α υπό των πλήρων κύκλων. Στην εικόνα αυτή είναι δυνατόν να διακρίνει κανείς μία πιθανή μακρά μεταβολή με περίοδο 192 μηνών ήτοι 16 έτων. Η μακρά αυτή μεταβολή παρίσταται αναλυτικῶς υπό του ὅρου

$$2.2 - 1.2 \sin \frac{2\pi}{192} (T-1963I), \quad (12)$$

και δεικνύεται στην εικόνα 5α υπό της συνεχούς καμπύλης γραμμής.

Οί πλήρεις κύκλοι στην εικόνα 5b παριστοῦν τις διαφορές

$$C_{\text{H}(5)}^{\text{obs}} - [2.2 - 1.2 \sin \frac{2\pi}{192} (T-1963I)]. \quad (13)$$

Όπως είναι φανερό, οι διαφορές αυτές δεν είναι τυχαίες αλλά εμφανίζονται σποραδικῶς υπό μορφήν ἡμιπεριόδων, οι οποίες παρίστανται στην εικόνα 5 υπό των συνεχῶν ἡμιτονοειδῶν καμπύλων. Οί περίοδοι των μεταβολῶν αυτῶν φαίνεται να είναι σταθερές και ἴσες με 36, 24 και 12 μῆνες. Αναλυτικῶς οι περιοδικότητες

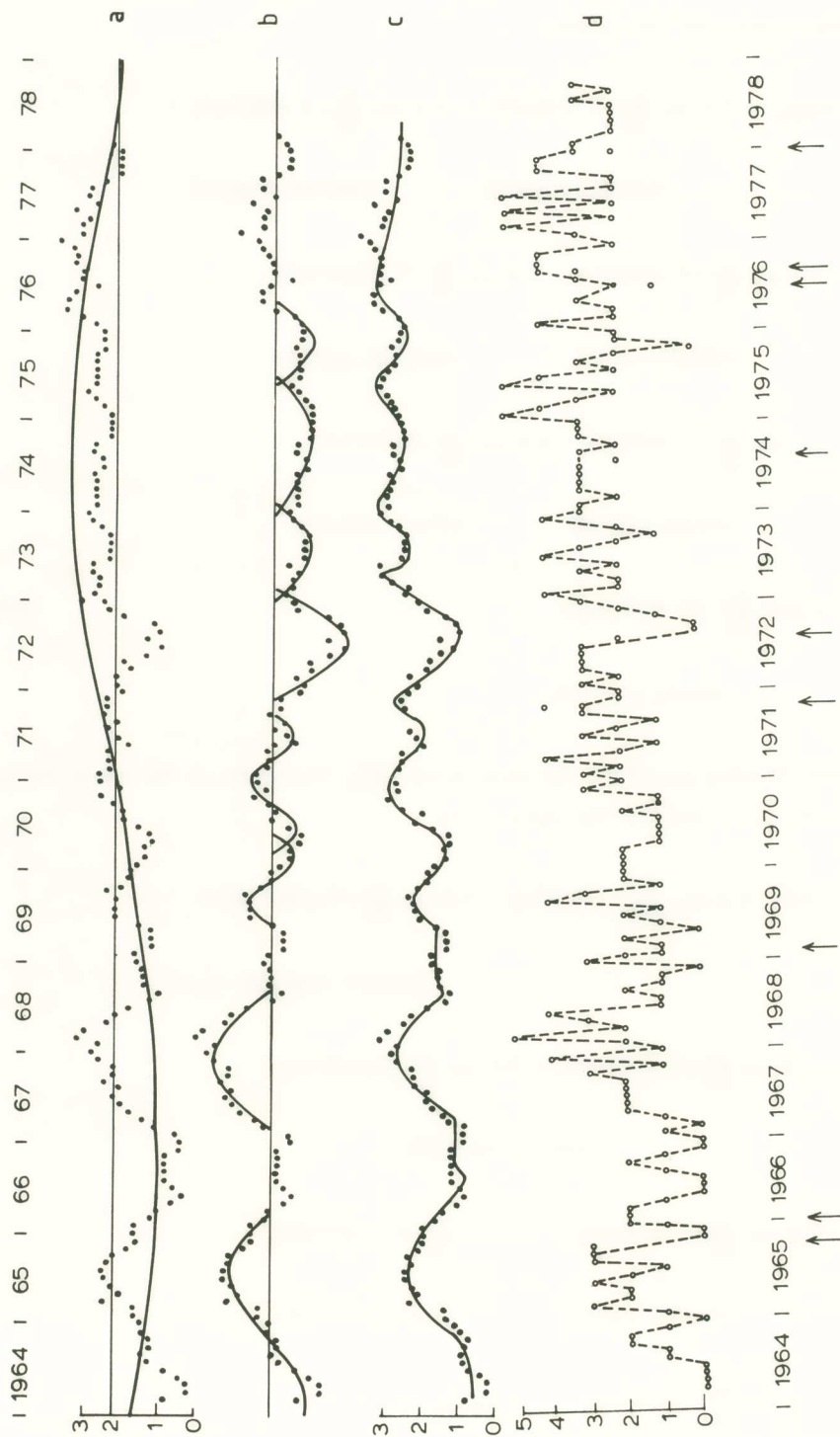
αὐτὲς παρέχονται ὑπὸ τῆς σχέσεως

$$\begin{aligned}
 C_{H(5)}^{\text{obs}} - C_{H(5)}^{\text{com}} = & 1.0 \sin \frac{2\pi}{36} (T-1963\text{IV}) + 1.5 \sin \frac{2\pi}{36} (T-1967\text{III}) + \\
 & 1963\text{IV}-1966\text{IX} \qquad 1967\text{III}-1968\text{IX} \\
 & + 0.6 \sin \frac{2\pi}{12} (T-1969\text{VI}) - 2.0 \sin \frac{2\pi}{36} (T-1967\text{XII}) - \\
 & 1966\text{IV}-1971\text{X} \qquad 1967\text{XII}-1973\text{V} \\
 & - 1.0 \sin \frac{2\pi}{24} (T-1973\text{II}) - 1.0 \sin \frac{2\pi}{36} (T-1974\text{I}) - \\
 & 1973\text{II}-1974\text{II} \qquad 1974\text{I}-1975\text{VII} \\
 & - 1.0 \sin \frac{2\pi}{24} (T-1975\text{VII}) \qquad (13) \\
 & 1975\text{VI}-1976\text{VII}
 \end{aligned}$$

Ἔτσι τὴ μέση μεταβολὴ τῆς ποσότητος $C_{H(5)}^{\text{com}}$ δυνάμεθα νὰ τὴν παραστήσομε ἀναλυτικῶς μὲ τὴ βοήθεια τῆς σχέσεως 14

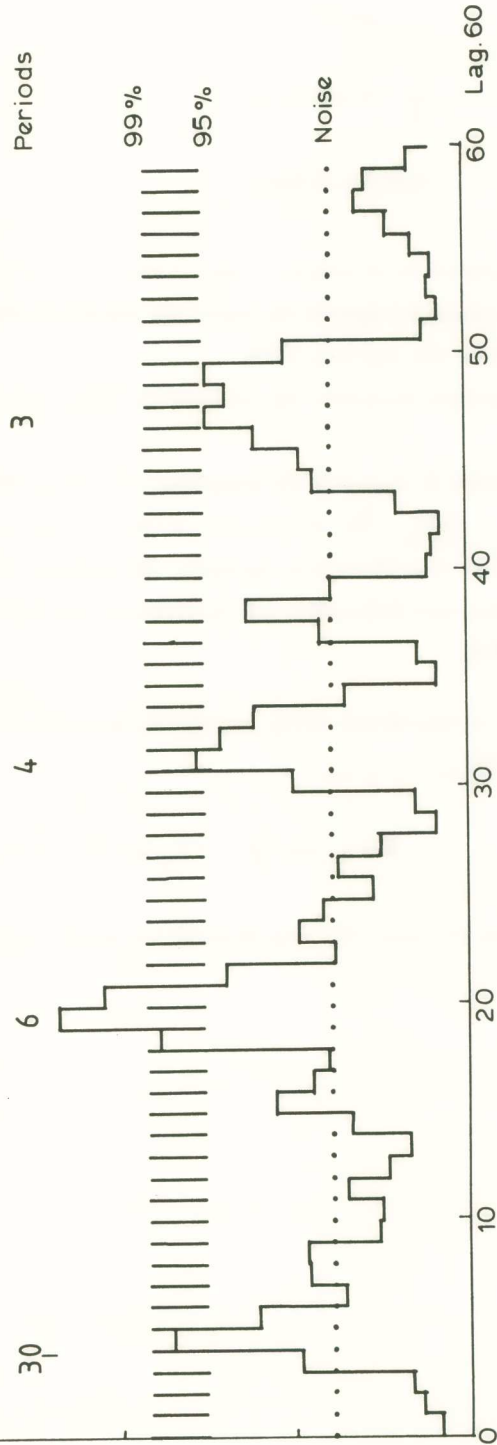
$$\begin{aligned}
 C_{H(5)}^{\text{com}} = & 2.2 - 1.2 \sin \frac{2\pi}{192} (T-1963\text{I}) - 1.0 \sin \frac{2\pi}{36} (T-1963\text{IV}) + \\
 & 1963\text{IV}-1966\text{IX} \\
 & + 1.5 \sin \frac{2\pi}{36} (T-1967\text{III}) + 0.6 \sin \frac{2\pi}{12} (T-1969\text{VI}) - \\
 & 1969\text{VI}-1970\text{XII} \\
 & - 0.6 \sin \frac{2\pi}{12} (T-1966\text{IV}) - 2.0 \sin \frac{2\pi}{36} (T-1967\text{XII}) - \\
 & 1966\text{IV}-1971\text{X} \qquad 1967\text{XII}-1973\text{V} \\
 & - 1.0 \sin \frac{2\pi}{24} (T-1973\text{II}) - 1.0 \sin \frac{2\pi}{36} (T-1974\text{I}) -
 \end{aligned}$$

Coronal Holes



Εικόνα 5

Coronal Holes (monthly values)



Εἰκόνα 6

1973II-1974II

1974I-1975II

$$- 1.0 \sin \frac{2\pi}{24} (T-1975VI) \quad (13)$$

1975VI-1976VI

Στην εικόνα 5c οι πλήρεις κύκλοι παριστοῦν τὶς τιμὲς τῆς ποσότητος $C_{H(5)}^{ob}$, ἐνῶ ἡ συνεχὴς γραμμὴ παριστᾷ τὶς τιμὲς τῆς ποσότητος $C_{H(5)}^{obs}$ οἱ ὁποῖες ὑπολογίζονται μὲ τὴ βοήθεια τῆς σχέσεως (14).

Ἡ standard deviation τῆς ποσότητος $C_{H(5)}^{obs} - C_{H(5)}^{com}$ εὐρέθῃ ἴση μὲ $\sigma = \pm 0.1$ unmits.

Ἡ εἰκόνα 6 παριστᾷ τὴ φασματικὴ ἀνάλυση (Mitchel, 1966) τῶν διαφορῶν $W = C_{H(5)}^{obs} - C_{H(5)}^{com}$. Ἐκ τῆς εἰκόνης αὐτῆς γίνεταί φανερό πὺς οἱ διαφορὲς αὐτὲς παρουσιάζουν περιοδικότητες βραχεῖες τῆς τάξεως τῶν 6 μηνῶν σὲ ἐπίπεδο ἐμπιστοσύνης ἄνω τοῦ 99% καθὼς καὶ περιόδους 4 καὶ 3 μηνῶν σὲ ἐπίπεδο ἐμπιστοσύνης ἄνω τοῦ 95%.

Οὕτω οἱ περιοδικὲς αὐτὲς μεταβολὲς βραχείας περιόδου παρίστανται ὑπὸ τῆς σχέσεως (15)

$$W = a_n \sin \frac{2\pi}{6} t. + b_n \sin \frac{2\pi}{4} t. + C_n \sin \frac{2\pi}{3} t. \quad (15)$$

Ἡ θέση καὶ τὸ εὖρος τῶν περιοδικότητων αὐτῶν παρέχονται ὑπὸ τοῦ πίνακος III

ΠΙΝΑΞ ΙΙΙ

$$W = a_n \sin \frac{2\pi}{6} + b_n \sin \frac{2\pi}{4} + c_n \sin \frac{2\pi}{3}$$

a_n	t
-1.0	1964II-64V, 1964IV-64X, 1966IV-67I, 1966VI-66IX, 1967XI-8VIII, 1969V-69XI, 1970XI-71I, 1972VII-73I, 1977IV-77VII
+1.0	1965VII-1966X, 1972XI-73II, 1974IX-74XII, 1977I-76X, 1977II-77V
-1.5	1970VII-1970X
+1.5	1972II-72V, 1977VI-77IX
+2.0	1971IV-71VII, 1975X-76IV
+2.5	1974XII-75III
-2.0	1975IX-75XII
b_n	t
+1.0	1964IX-65III, 1965IV-65VII, 1971VIII-72II, 1972XII-73IV,
-1.0	1973-67V, 1971VII-72I, 1975I-75V, 1976IX-77I
+1.5	1967X-68II, 1967XII-68VI
-1.5	1967IX-68I, 1969III-69VII
-2.0	1967X-68III
+2.0	1969VIII-69XI
c_n	t
-1.0	1971I-71VII
+1.0	1975VI-75VIII
-1.5	1968X-69I, 1973IV-73VII
-2.0	1975III-75VI, 1975XI-76II
+2.0	1976I-76IV

Κατὰ τὸν τρόπο αὐτὸ ὁ ἀριθμὸς τῶν HSPS δύναται νὰ παρασταθεῖ ἀναλυτικῶς ὑπὸ τῆς σχέσεως (16)

$$C_H^{com} = C_{H(5)}^{com} + W, \quad (16)$$

Στὴν εἰκόνα 5d οἱ ἀνοικτοὶ κύκλοι παριστοῦν τὸ πλῆθος C_H^{obs} τῶν ρευμάτων πλάσματος ὑψηλῆς ταχύτητος τοῦ ἡλιακοῦ ἀνέμου ποὺ παρέχουν οἱ παρατηρήσεις,

ένῳ ἡ διακεκομμένη γραμμὴ παριστᾷ τὶς ἀντίστοιχες τιμὲς τῶν HSPS οἱ ὁποῖες ὑπολογίζονται μὲ τὴ βοήθεια τῆς σχέσεως (16).

Ὅπως φαίνεται στὴν εἰκόνα 5d, σὲ ὀλίγες μόνον περιπτώσεις οἱ διαφορὲς με-
ταξὺ τῶν παρατηρουμένων καὶ τῶν ὑπολογιζομένων τιμῶν τῶν C_H εἶναι ± 1 . Τὶς
περιπτώσεις αὐτὲς δεικνύουν τὰ βέλη κάτωθεν τῆς εἰκόνας 5d.

Θὰ πρέπει τέλος νὰ ἀναφερθεῖ πὺς ἡ παρούσα ἀνάλυση περιέχει 171 παραμέ-
τρους ἀφήνοντας 50 βαθμοὺς ἐλευθερίας. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω φαίνεται ὅτι τὰ HSPS
ποὺ προέρχονται ἀπὸ τὶς ἡλιακὲς ἐκλάμψεις καὶ τὶς στεμματικὲς ὁπὲς παρουσιάζουν
διάφορες περιοδικότητες, δηλ. εἰς μὲν τὴν πρώτη περίπτωσις ἡ μὲν μακρὰ περιοδικό-
της εἶναι 192 περιφορὲς Bartel ἤτοι 11 περίπου ἔτη, δηλ. ὅση καὶ ἡ ἑνδεκαετῆς
περίοδος τῆς ἡλιακῆς δραστηριότητος, εἰς δὲ τὴν δεύτερη περίπτωσις εἶναι 214 πε-
ριφορὲς Bartel ἤτοι 16 ἔτη.

Ἐπίσης ἐνῳ εἰς τὴν πρώτη περίπτωσις (ἐκλάμψεων) ἡ περιοδικότης εἶναι 14
καὶ 6 περιστροφὲς Bartel, ἤτοι 12 καὶ 4 μῆνες περίπου. Εἰς τὴν δεύτερη περίπτωσις
(στεμματικὲς ὁπὲς) οἱ περιοδικότητες εἶναι 36, 24, 12, 6, 4 καὶ 3 μῆνες.

3. METABOLH TOY OΛIKOY APITHMOY TΩN MHNIAIΩN TIMΩN

Ἐνταῦθα ἐξετάζουμε τὴν ἐμφάνισις πιθανῶν περιοδικοτήτων τοῦ ὀλικοῦ
ἀριθμοῦ τῶν ρευμάτων ὑψηλῆς ταχύτητος τοῦ ἡλιακοῦ ἀνέμου. Δηλαδή ἀναλύομε
τὸν ὀλικὸ ἀριθμὸ τῶν HSPS μὴ λαμβάνοντας ὑπ' ὄψιν τὴν πηγὴ τῆς προελεύσεως
τῶν βασιζόμενοι εἰς τὴ μέθοδο τὴν ὁποία ἐφαρμόσαμε καὶ στὶς προηγούμενες παρα-
γράφους.

Στὴν εἰκόνα 7α τὰ δεδομένα τῶν παρατηρήσεων παρίστανται ὑπὸ τῶν πλήρων
κύκλων (οἱ τιμὲς τοῦ T^{obs} (5)). Ἐκ τῆς εἰκόνας αὐτῆς καθίσταται φανερὴ μία μα-
κροχρόνια μεταβολὴ τοῦ ὀλικοῦ ἀριθμοῦ τῶν HSPS ἴση μὲ 192 μῆνες, ἤτοι ἴση πρὸς
16 ἔτη. Τὴν μακρόχρονη αὐτὴ μεταβολὴ παραστήσαμε στὴν εἰκόνα 7α μὲ τὴ συνεχῆ
καμπύλη γραμμὴ καὶ ἡ ὁποία δύναται νὰ παρασταθεῖ ὑπὸ τοῦ ὅρου

$$2.7 - 0.6 \sin \frac{2\pi}{192} (T-1963I). \quad (17)$$

Οἱ πλήρεις κύκλοι τῆς εἰκόνας 7 παριστοῦν τὶς διαφορὲς

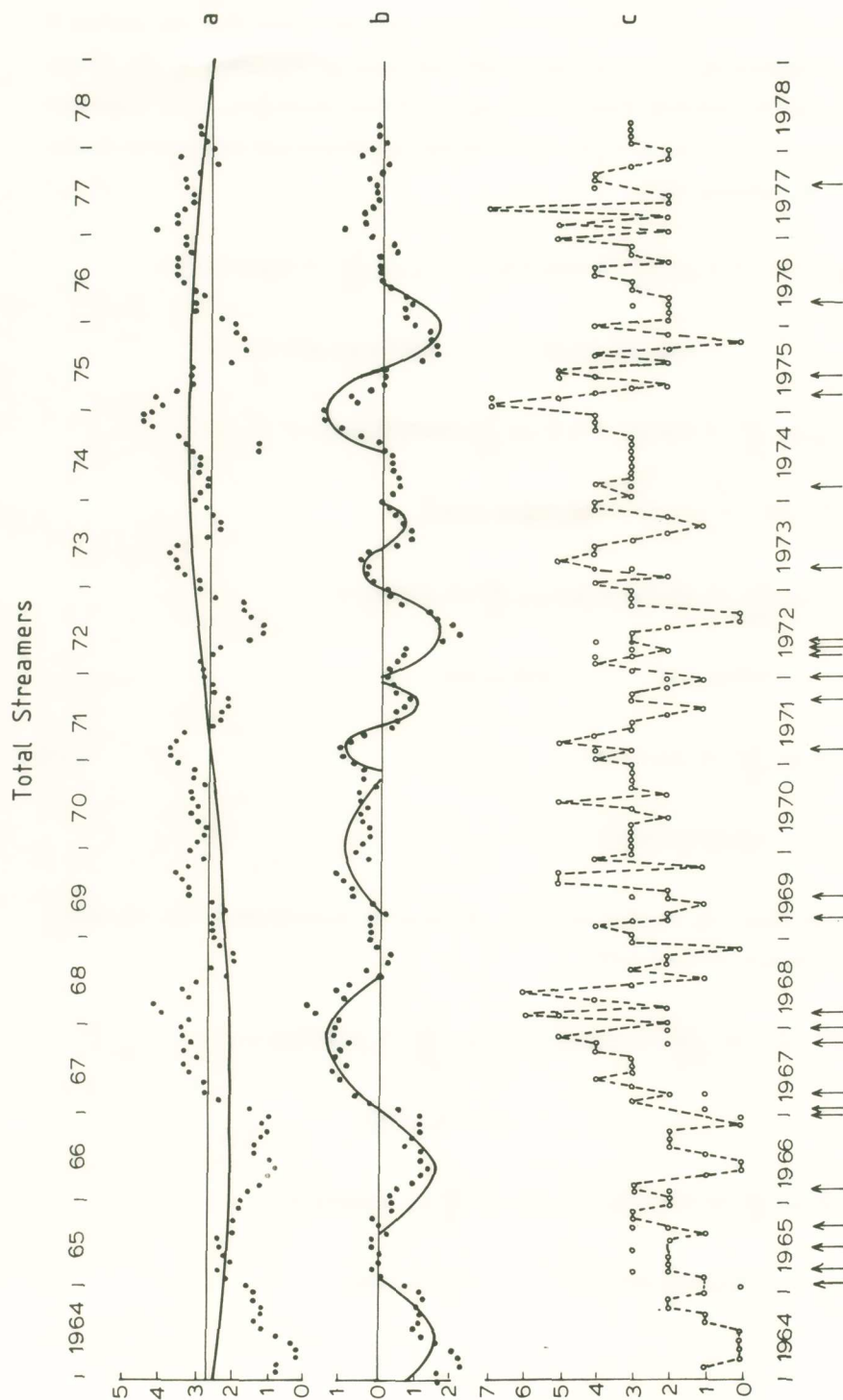
$$T_{S(5)}^{\text{obs}} - [2.7 - 0.6 \sin \frac{2\pi}{192} (T-1963)] \quad (18)$$

Οι διαφορές αυτές, όπως δεικνύεται υπό των συνεχών καμπύλων τῆς εἰκόνας 7, φαίνεται νὰ παρουσιάζουν σποραδικές περιοδικότητες μὲ περιόδους 3, 24, 12 μηνῶν, ἤτοι τριῶν δύο καὶ ἐνὸς ἔτους ἀντιστοίχως. Οἱ περιοδικότητες αὐτὲς παρίστανται στὴν εἰκόνα 7 ὑπὸ των συνεχῶν ἡμιτονοειδῶν καμπύλων καὶ παρέχονται ἀναλυτικῶς ὑπὸ τῆς σχέσεως (19).

$$\begin{aligned}
 T_{S(5)}^{\text{obs}} - T_{S(5)}^{\text{com}} = & -1.5 \sin \frac{2\pi}{36} (T-1963\text{IX}) - 1.5 \sin \frac{2\pi}{36} (T-1965\text{VIII}) + \\
 & 1963\text{IX}-65\text{III} \qquad 1965\text{VIII}-68\text{VIII} \\
 & + 1.0 \sin \frac{2\pi}{36} (T-1969\text{V}) + 1.2 \sin \frac{2\pi}{12} (T-1970\text{XII}) - \\
 & 1970\text{XII}-71\text{XII} \\
 & - 1.5 \sin \frac{2\pi}{24} (T-1972\text{I}) + 0.6 \sin \frac{2\pi}{12} (T-1973\text{I}) + \\
 & 1972\text{I}-73\text{I} \qquad 1973\text{I}-74\text{I} \\
 & + 1.5 \sin \frac{2\pi}{24} (T-1974\text{VII}) \\
 & 1974\text{VII}-76\text{VII}
 \end{aligned} \tag{19}$$

Ἐτσι οἱ τιμὲς τῆς ποσότητος $T_{S(5)}^{\text{com}}$ δύναται νὰ ὑπολογισθοῦν διὰ τῆς ἀθροίσεως τῶν σχέσεων (17) καὶ (19).

$$\begin{aligned}
 T_{S(5)}^{\text{com}} = & 2.7 - 0.6 \sin \frac{2\pi}{192} (T-1963\text{I}) - 1.5 \sin \frac{2\pi}{36} (T-1963\text{IX}) - \\
 & 1963\text{IX}-65\text{III} \\
 & - 1.5 \sin \frac{2\pi}{36} (T-1965\text{VIII}) + 1.0 \sin \frac{2\pi}{36} (T-1969\text{V}) + \\
 & 1965\text{VIII}-68\text{VIII} \qquad (1969-70\text{X}) \\
 & + 1.2 \sin \frac{2\pi}{12} (T-1970\text{XII}) - 1.5 \sin \frac{2\pi}{24} (T-1972\text{I}) +
 \end{aligned}$$



Εικόνα 7



Εικόνα 8

1970XII-71XII

1972I-73I

$$+ 0.6 \sin \frac{2\pi}{12} (T-1973I) + 1.5 \sin \frac{2\pi}{24} (T-1974VII). \quad (20)$$

1973I-74I

1974VII-76VII

Ἡ τυπικὴ ἀπόκλιση ὑπελογίσθη ἴση πρὸς $\sigma = \pm 0.4$ units Ἡ εἰκόνα 8 παριστᾷ τὴ φασματικὴ ἀνάλυση (Mitchel, 1966) τῶν διαφορῶν $W = T_{S(5)}^{obs} - T_{S(5)}^{com}$. Ὅπως φαίνεται ἐκ τῆς εἰκόνης αὐτῆς, οἱ διαφορὲς παρουσιάζουν περιοδικότητες 6 καὶ 3 μηνῶν σὲ ἐπίπεδο ἐμπιστοσύνης ἄνω τοῦ 99%.

Οἱ περιοδικότητες αὐτὲς μεταβολὲς βραχείας περιόδου δύνανται νὰ παρασταθοῦν ὑπὸ τῆς σχέσεως (21).

$$W = a \sin \frac{2\pi}{6} t + b \sin \frac{2\pi}{3} t. \quad (21)$$

τὴ θέση καὶ τὸ εὔρος τῶν περιοδικότητων αὐτῶν εὐρίσκομε ἐκ τοῦ πίνακος IV.

ΠΙΝΑΞ IV

$$W = a \sin \frac{2\pi}{6} t + b \sin \frac{2\pi}{3} t$$

a	t
-1.0	1964II-64V, 1964IV-64VII, 1965II-65VI, 1966IV-67IV, 1967II-67V 1971X-72IV, 1973VII-74II, 1973VIII-73XI, 1974VII-74X, 1974X-75I 1976XI-77II, 1977IV-78I
+1.0	1964VIII-65XI, 1965XI-66II, 1967III-67VI, 1970XII-1971XII, 1971III-71XII 1972X-73I, 1976VII-76X
-1.5	1967XI-68V
-2.0	1975V-75VII, 1976IX-76XII
+2.0	1966I-66IV, 1969I-69XI, 1972IV-72X, 1976IX-76XII
+2.5	1974XII-75VI, 1975X-76II
-2.5	1975I-75VII, 1975IX-75XII
+3.0	1977I-77IV

b	t
-1.0	1968VI-68IX, 1968XI-69III
+1.0	1969V-69VIII, 1972XII-73IV, 1978II-78V
-1.5	1969IX-69XII, 1971I-71IV
-2.0	1968X-69I
-2.5	1964IX-69XII
-3.5	1977II-77V
+3.0	1968I-68V, 1970VI-71IX
+2.0	1970VI-70X

Έτσι ο όλικος αριθμός των HSPS δύναται να παρασταθεί αναλυτικώς υπό της σχέσεως (22).

$$T_S^{\text{com}} = T_{S(5)}^{\text{com}} + W, \quad (22)$$

όπου τα $T_{S(5)}^{\text{com}}$ και W παρέχονται αντιστοίχως υπό των σχέσεων (20) και (21).

Τέλος στην εικόνα 7c οι άνοικτοι κύκλοι παριστούν το όλικό πλήθος των HSPS, ανεξαρτήτως πηγής προελεύσεώς των που παρέχουν οι παρατηρήσεις, ενώ η διακεκομμένη γραμμή παριστᾷ τις αντίστοιχες τιμές των HSPS τις υπολογιζόμενες υπό της σχέσεως (22).

Όπως φαίνεται εκ της εικόνας αὐτῆς σὲ ὀλίγας μόνον περιπτώσεις οἱ διαφορὲς μεταξύ των παρατηρουμένων καὶ των υπολογιζομένων τιμῶν των T_S εἶναι ± 1 .

Τὰ βέλη κάτωθεν τῆς εἰκόνας 7c δεικνύουν τὶς περιπτώσεις αὐτές.

Ὁ ἀριθμὸς των παραμέτρων στὴν περίπτωσι τοῦ ὀλικοῦ ἀριθμοῦ των HSPS εἶναι ἴσος μὲ 171, ἐνῶ παρέχονται 50 βαθμοὶ ἐλευθερίας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ἐκ τῆς ἀνωτέρω στατιστικῆς ἀναλύσεως συνάγεται ὅτι ἡ συχνότης τοῦ ἡλιακοῦ πλάσματος μεγάλης ταχύτητος παρουσιάζει, πιθανῶς, περιοδικὲς μεταβολές.

Οἱ περιοδικότητες αὐτὲς εἶναι διάφοροι γιὰ τὸ ἡλιακὸ πλάσμα ποὺ προέρχονται ἀπὸ τὶς ἐκλάμψεις (Solar flares) καὶ ἀπὸ τὶς στεμματικὲς ὀπές (Coronal Holes). Πράγματι ἡ περιοδικότης τοῦ ἡλιακοῦ πλάσματος μεγάλης ταχύτητος ποὺ προέρχεται ἀπὸ τὶς στεμματικὲς ὀπές (Solar Flares) εἶναι περίπου 11 ἔτη, δηλαδὴ ὅση

είναι ή ένδεκαετής περίοδος τής ήλιακής δραστηριότητας, ένω ή περιοδικότης που άντιστοιχεί στο ήλιακό πλάσμα και προέρχεται από τις στεμματικές όπες (Coronal Holes) είναι δεκαέξι περίπου έτη και παρουσιάζει αντίθετη φάση με την προηγούμενη.

Ούτω πιθανώς εξηγείται ή υπό του Simon (1980) εύρεθείσα θετική συσχέτιση μεταξύ του άριθμου Wolf R_z που προέρχεται από ισχυρά κέντρα δράσεως του 'Ηλίου, ένω μεταξύ των άριθμών R_z και του ήλιακού πλάσματος που προέρχεται από τις στεμματικές όπες (Coronal Holes) εύρέθη άρνητική συσχέτιση.

Έκτός των περιοδικών τούτων μεταβολών μακρᾶς περιόδου, φαίνεται να υπάρχουν και άλλες βραχύτερες περιοδικότητες με περιόδους 12 και 4 μηνών για τὸ ήλιακό πλάσμα που προέρχεται από τὰ Solar Flares, ένω οί άντίστοιχες περιοδικότητες που άντιστοιχούν στο ήλιακό πλάσμα των στεμματικών όπων είναι 36, 24, 12, 6, 4 και 3 μήνες.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οί μεταβολές των 12, 24, και 36 μηνών έμφανίζονται κυρίως υπό μορφή ήμιπερίόδου, ένω οί βραχεῖς μεταβολές 3 έως 6 μηνών έμφανίζονται πλήρεις μὲν αλλά υπό μορφή πλέγματος, επικαθήμενες έν μέρει ή μία επί τής άλλης.

Φυσικά τὰ άνωτέρω εξαγόμενα παρέχονται υπό μορφή ένδείξεων, διότι τὸ βραχὺ χρονικό διάστημα των παρατηρήσεων δὲν μάς έπιτρέπει να διαπιστώσουμε κατὰ τρόπο άναμφισβήτητο τις παραπάνω εύρεθείσες περιοδικές μεταβολές, περιόδου 12 και 16 έτών.

Είναι άξιον σημειώσεως ότι ή ύπαρξη των περιοδικότητων, των 24 μηνών που παρουσιάζει ὁ άριθμός όσον και από τις στεμματικές όπες ήδύνατο ίσως να συνδυασθεῖ με την περιοδικότητα των δύο έτών που διατύπωσε ὁ Shapiro (1962) από την άνάλυση των άριθμών R_z των ήλιακών κηλίδων για τή χρονική περίοδο 1856-1955. Τήν αύτή δὲ περίοδο εύρίσκει ὁ Sakurai (1979) από τις μηνιαῖες τιμές του άριθμου R για τήν περίοδο 1970-76, τήν όποία έπιπροσθέτως συνδυάζει με παρόμοιες σχεδόν διετεῖς περιοδικότητες που έμφανίζουν οί μηνιαῖες τιμές τής ροῆς των ήλιακών νετρίνων Sakurai (1979, 1980, 1981) που μετρήθηκαν στο έδαφος Davis (1978). Είναι πιθανόν ή διετής αύτή περιοδικότης τής ήλιακής δραστηριότητας να έκδηλώνεται και στα ρεύματα του ήλιακού άνέμου και να έπιδρᾷ στην άτμόσφαιρα τής γῆς, όποτε θα ήταν δυνατό ίσως να συνδυασθεῖ με σχεδόν διετεῖς περιοδικότητες που παρουσιάζουν διάφορα μετεωρολογικά φαινόμενα, όπως λ.χ.:

- α) 'Η μεταβολή τῆς ταχύτητος τοῦ ἀνέμου στὸν ἰσημερινὸ γιὰ τὴν περίοδο 1970-1977 Kokin (1979)
- β) 'Η μεταβολή τῆς θερμοκρασίας, στὸ ἔδαφος ποὺ παρατηρήθηκε σὲ διάφορους σταθμοὺς τῆς 'Ιαπωνίας (Akia καὶ Fukuoka), Sakurai (1980) Kokin (1979)
- γ) 'Η σχεδὸν διετῆς μεταβολή τῆς περιεκτικότητος τοῦ ὀζοντος στὰ μέσα ὕψη τῆς ἀτμόσφαιρας Angel et al (1978), Dutsh (1979), Petropoulos et al (1984).

Ὡς πρὸς τὴν ἐτησία περιοδικότητα ἐξ ἄλλου ποὺ παρουσιάζει ὁ ἀριθμὸς τῶν ρευμάτων τοῦ ἡλιακοῦ ἀνέμου ποὺ προέρχεται τόσον ἀπὸ τὶς ἐκλάμψεις ὅσον καὶ ἀπὸ τὶς στεμματικὲς ὀπές, θὰ ἦταν δυνατόν νὰ ἀποδοθεῖ, στὴν ἐτησία κύμανση τοῦ ἐπιπέδου τῆς ἐκλειπτικῆς, ὡς πρὸς τὶς συντεταγμένες ἀναφορᾶς μὲ κέντρο τὸν ἥλιο Simon (1986).

Τέλος οἱ βραχύτερες περιοδικότητες τῶν ἔξι καὶ τεσσάρων μηνῶν ποὺ ἐμφανίζονται καὶ στὶς δύο περιπτώσεις τῶν ρευμάτων τοῦ ἡλιακοῦ ἀνέμου ποὺ προέρχονται ἀπὸ ἐκλάμψεις καὶ ἀπὸ στεμματικὲς ὀπές θὰ μπορούσαν ἴσως νὰ ἀποδοθοῦν στὴν ἀπόκλιση τοῦ μαγνητικοῦ διπόλου ἀπὸ τὸν ἡλιακὸ ἄξονα περιστροφῆς Simon et al (1986) Legrand et al (1985), Whang (1983).

Τέλος περιοδικότητες 24 καὶ 12 μηνῶν εὐρέυθηκαν πρόσφατα στὴ μεταβολή τοῦ μηνιαίου ἀριθμοῦ τῶν ὀριακῶν ἐπιφανειῶν τοῦ διαπλανητικοῦ μαγνητικοῦ πεδίου γιὰ τὸ χρονικὸ διάστημα 1964-1975 (Ξανθάκης, Τριτάκης 1987).

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- S. J. Akasofu, *Space Sci. Rev.* 28, 121, 1981.
- J. K. Angell and J. Karshaver, *Monthly Weather Rev.* 106, 325, 1978.
- S. J. Bame and J. R. Asbridge, *Astrophys. J.* 207, 977, 1976.
- R. M. Broussard, N. R. Sheeley, R. Tousey and J. H. Underwood, *Stanford Univ. Inst. for Plasma Res.*, Rep. No. 696, 1977.
- R. Jr. Davis, J. C. Evans and B. I. Cleveland, 'The Solar Neutrino Problem', in: E. C. Fowler (ed.), *Neutrino*, Purdue Univ., Lafayette, Vol. 78, p. 53, 1978.
- H. U. Dutsch, *Atm. Terr. Phys.* 41, 771, 1979.
- N. I. Dvinskih, B. G. Dotgoarshinnykh, Yu. V. Pisanko and N. M. Rudneva, *Geomagnetizm Aeronomiya* 21, 367, 1981.
- W. C. Feldman and J. T. Gosling, *Astrophys. J.* 207, 977, 1977.
- W. C. Feldman, J. R. Asbridge, S. J. Bame and J. T. Gosling, *J. Geophys. Res.* 84, 7371, 1979.

- J. T. Gosling, *Rev. Geophys. Space Phys.* 13, 1053.
- J. T. Gosling, J. R. Asbridge, S. J. Bame and W. C. Feldman, *Geophys. Res.* 81, 5061, 1976.
- J. Hirshberg, *Rev. Geophys. Space Phys.* 1975, 13, 1059-1077, 1975.
- D. Intrilligator, Report UAG-27, W.D.C.A. Solar Phys., Boulder, 1973.
- D. Intrilligator, in M. Shea *et al.* (eds.), *Study of Travelling Interplanetary Phenomena*, D. Reidel Publ. Co., Dordrecht, Holland, p. 195, 1977.
- G. A. Kokin, in M. J. Rycroft (ed.), *Space Research*, Vol. 19, Pergamon, Oxford, p. 115, 1979.
- J. P. Legrand and P. A. Simon, *Astron. Astrophys.* 152, 199, 1985.
- B. A. Lindblad, *Solar Phys.* 74, 187, 1981.
- B. A. Lindblad and H. Lundstedt, *Solar Phys.* 88, 377, 1983.
- H. Mavromichalaki and B. Petropoulos, *Astrophys. Space Sci.* 106, 61, 1984.
- J. M. Mitchel, 1966,
- B. Petropoulos and J. Liritzis, Quadrennial Ozone Symposium of the International Associations of Meteorology and Atmospheric Physics, Chalkidiki, Greece, 1984.
- M. Yu. Pudovkin and A. D. Chertkov, *Solar Phys.* 50, 213, 1976.
- K. Sakurai, *Sun and Climate*, Edit. Centre Nat. d'Études Spatial, Int. Conf., Toulouse, p. 165, 1980.
- K. Sakurai, *Nature* 278, 146, 1979.
- K. Sakurai, *Solar Phys.* 74, 38, 1981.
- R. Schwenn, *et al.* *J. Geophys. Res.* 81, 5054, 1978.
- R. Shapiro and F. Ward, *J. Atm. Sci.* 19, 506, 1962.
- N. R. Sheeley, J. R. Asbridge, S. J. Bame and J. W. Warwey, *Solar Phys.* 52, 485, 1977.
- Kp. A. Simon and J. P. Legrand, *Sun and Climate*, Int. Conf. CNES, Toulouse, p. 33, 1980.
- P. A. Simon and J. P. Legrand, *Astron. Astrophys.* 155, 227, 1986.
- E. J. Smith, *Rev. Geophys. Space Phys.* 17, 610, 1979.
- Y. C. Whang, *Solar Phys.* 88, 343, 1983.
- G. A. Kokin, *Space Research*, 19, ed. by M.J. Rucroft, Pergamon Oxford, p. 115, 1979.
- J. K. Angell, J. Karshaver, *Month Weather Rev.* 106, 325, 1978.
- H. U. Dütsch, *J. Atmosph. Terr. Phys.* 41, 771, 1979.
- B. Petropoulos, J. Liritzis, Quadrennial Ozone Symposium of the International Assiations of Meteorology and Atm. Physics Chalkidiki Greece, 1984.
- J. P. Legrand, P. A. Simon, *Astron. Astrophys.* 152, 199, 1985.
- P. A. Simon, J. P. Legrand, *Astron. Astrophys.* 155, 227, 1986.
- Y. C. Whang, *Sol. Phys.* 88, 343, 1983.
- J. Xanthakis, B. Tritakis (in press).

SUMMARY

Probable periodicities of the solar wind streamers

We have made a statistical analysis of the monthly numbers of high velocity solar wind streamers observed by the satellites for the time periode 1964-1978.

The following periods have been found:

- 1) 11 years, 6 and 3 months for the solar wind streamers, which have solar flares as sources
- 2) 14 years, and 36, 24, 12, 6, 4, 3 months for the number fo solar wind streamers, which have coronal holes as sources
- 3) 16 years, for the total number of solar wind streamers.