

Καστελόριζο – Λυβύη 2006, υψηλής ανάλυσης ορατό φως, δομή στέμματος και η συσχέτιση με τις παρατηρήσεις σιδήρου (Fe), ηλίου (He)

Στρίκης Ιάκωβος Μάριος
Σύλλογος Ερασιτεχνικής Αστρονομίας, Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών,
Ερασιτεχνικό Αστεροσκοπείο : Elizabeth Observatory of Athens
Αθανάσιος Κουλουμβάκος
Αστρονομική Εταιρεία Πάτρας «ΩΡΙΩΝ», Πανεπιστήμιο Πατρών

Περίληψη

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται την ανάλυση των παρατηρήσεων που έγιναν κατά την διάρκεια της Ολικής Έκλειψης Ηλίου στις 29 Μαρτίου 2006 από το Καστελόριζο. Υψηλής ανάλυσης φωτογραφίες του κοντινού στέμματος σε συνδυασμό με τις εικόνες του Ηλιακού δίσκου από το S.O.H.O. μας αποκαλύπτουν μερικά από τα κυριότερα χαρακτηριστικά της σχέσης ανάμεσα στο Ηλιακό Στέμμα και την Ηλιακή Χρωμόσφαιρα. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσίασαν οι διαταραχές που προκαλούνται στο στέμμα από τις προεξοχές και από μια ενεργή περιοχή στην οποία εκείνη την ώρα εκτιλησώταν μια έκλαμψη.

Καταγραφές

Για την καταγραφή των σχηματισμών αυτών χρησιμοποιήθηκε κατοπτρικός τηλεφακός Ρωσικής κατασκευής 1000 mm εστιακής απόστασης με telekonverter 2X σε συνδυασμό με μια Canon EOS 350 D και πράσινο φίλτρο W#58 της Kodak . Όλο το σύστημα φωτογράφησης του φαινόμενου στηρίζεται σε μια κεφαλή ισημερινή γερμανικού τύπου, HEQ5 της Sky Watcher. Οι ρυθμίσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην φωτογραφική μηχανή για την καταγραφή του φαινόμενου έχουν ως εξής :

100 asa

T 1/500sec ως 2 sec

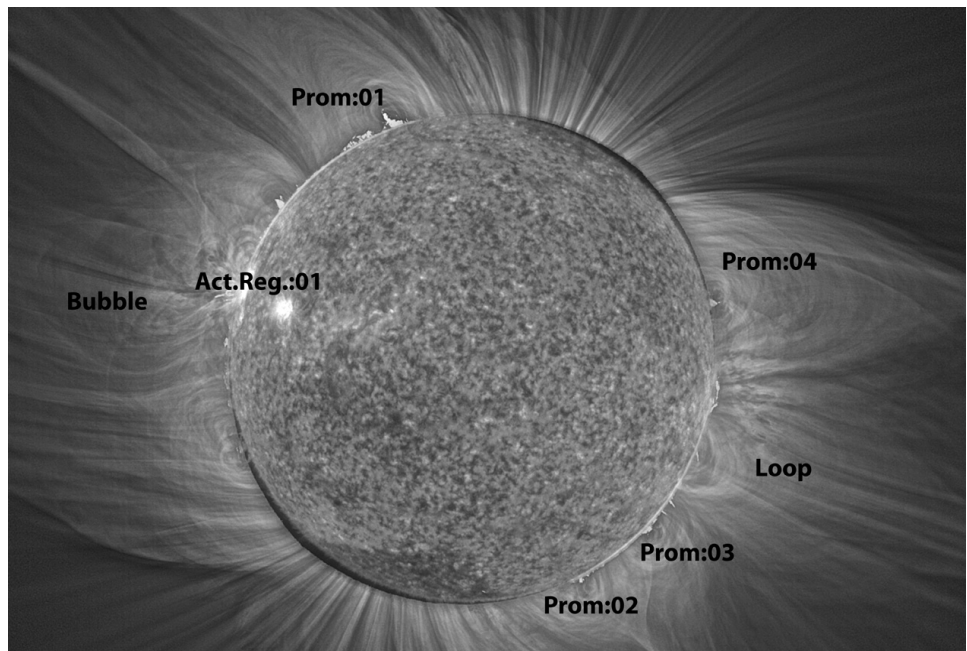
Color Balance: B&W at Auto

Κατά την διάρκεια της επεξεργασίας των εικόνων έγινε stacking όλων των καρτέ

ανά πεδίο για την παραγωγή της τελικής εικόνας. Παράλληλα κατά την διάρκεια του *stacking* σε μερικά καρέ εφαρμόστηκε και το φίλτρο του *Photoshop* με την ονομασία *Emboss* έτσι ώστε να γίνουν καλύτερα αντιληπτά τα όρια του κάθε σχηματισμού. Παράλληλα συγκεντρώθηκαν και παρατηρήσεις και καταγραφές από άλλους ερασιτέχνες αλλά και επαγγελματίες αστρονόμους.

Ανάλυση

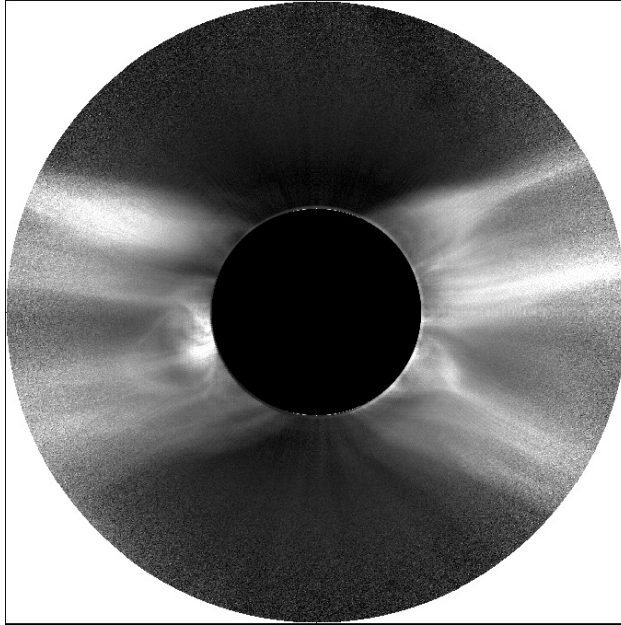
Κατά την διάρκεια της ανάλυσης των παρατηρήσεων καταρτίστηκαν διαγράμματα φωτομετρίας για κάθε σχηματισμό που παρατηρήθηκε στο Ολικό φως αλλά και σε άλλα μήκη κύματος.



Εικόνα 01 : Στην εικόνα αυτή είναι μαρκαρισμένοι όλοι οι σχηματισμοί που φωτογραφήθηκαν και μελετήθηκαν.

Μορφολογία του Στέμματος στην γραμμή $\text{Fe XI } 789.2 \text{ nm}$

Όπως μπορούμε να δούμε στην εικόνα 2 (Fe XI) η εκπομπή του στέμματος σε περίπου 2 Ηλιακές Ακτίνες από το χείλος του δίσκου είναι κάτι το αναπάντεχο, καθώς τέτοια έκταση σε γραμμή εκπομπής είναι αρκετά σπάνια. Ταυτόχρονα υπάρχουν αρκετοί σχηματισμοί οι οποίοι είναι ορατοί σε αυτό το μήκος κύματος. Ένας σχηματισμός που μοιάζει με φυσαλίδα δημιουργεί έναν κώνο σχεδόν 45ο και εμφανίζεται κοντά στον ισημερινό στο Ανατολικό χείλος, ενώ η βάση του αποτελείται από ένα σύνθετο οικοδόμημα από λούπες.

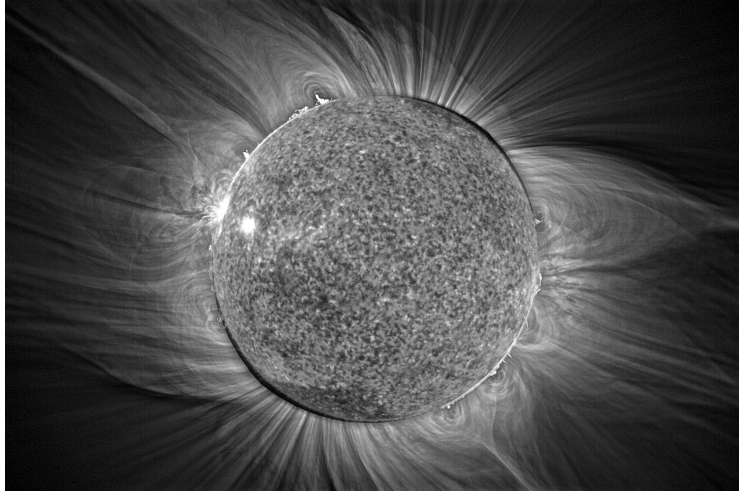


Εικόνα 02 : Στην εικόνα αυτή βλέπουμε την όψη που παρουσίαζε το στέμμα στην γραμμή εκπομπής του Fe XI 789,2 nm.

Στο Δυτικό χείλος τώρα, προς τα νότια υπάρχει μια λαμπρότητα περίπου στις 0,5 ηλιακές ακτίνες πάνω από το χείλος του δίσκου, πάνω από έναν χαμηλού υψομέτρου σχηματισμό με την μορφή λούπας. Βόρεια από αυτόν τον σχηματισμό οι ραβδώσεις μέσα σε έναν σχηματισμό που μπορεί να χαρακτηριστεί ως “Streamer” μοιάζουν να ακολουθούν ανοιχτές μαγνητικές γραμμές που ξεκινούν από την βάση του Στέμματος. Στα Βόρεια του “Streamer” υπάρχει ένας πιο απλός σχηματισμός από μικρές λούπες που εκτεινόμενες προς τα πάνω δημιουργούν έναν σχηματισμό που ονομάζεται “Coronal Helmet”. Παράλληλα αξίζει να σημειωθεί και η παρουσία των στεμματικών «φτερών» πάνω και από τους δυο πόλους.

Μορφολογία του Στέμματος στο Ολικό Φως

Στην εικόνα 03 μπορούμε να διακρίνουμε τους εξής σχηματισμούς : Μια σειρά από προεξοχές που βρίσκονταν στις γωνιακές θέσεις (PA) 40_, 55_, 72_, 110_, 122_, 132_, 230_, 250, 272272_ , 285-295_ και 312_, μετρώντας ανάποδα από την φορά των δεικτών του ρολογιού από τις 00 Βόρεια. Οι συντεταγμένες βρέθηκαν από μια φωτογραφία με πολύ μικρό χρόνο έκθεσης και μετά ταυτοποιήθηκαν και από την εικόνα του οργάνου του SoHO : EIT 3040 .



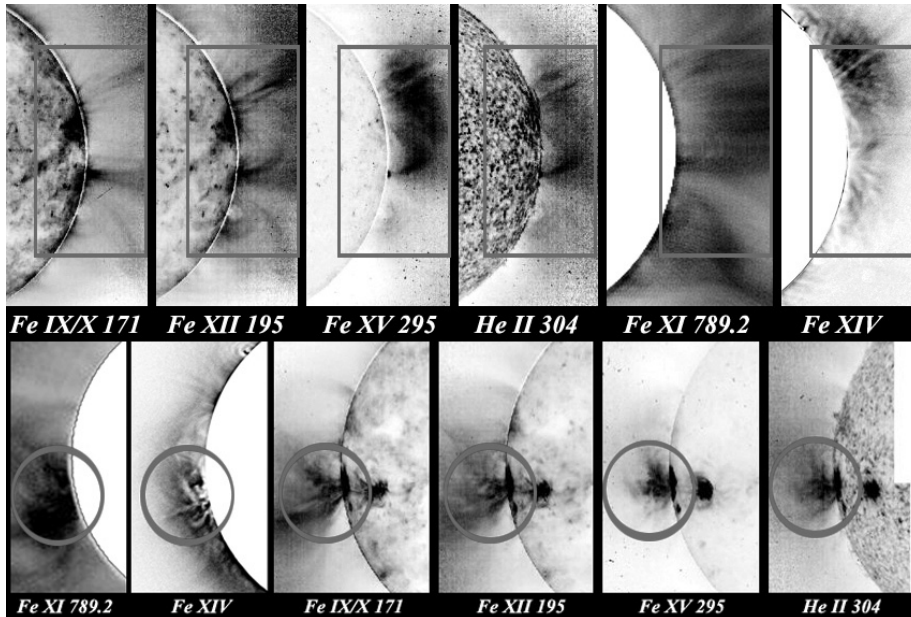
Εικόνα 03 : Υψηλής ανάλυσης εικόνα του στέμματος στο Ολικό φως.

Κοντά στον ισημερινό στο ανατολικό χείλος είναι διακριτός ο σχηματισμός με την μορφή φουσαλίδας που προαναφέρθηκε και στην βάση αυτού, ένα αρκετά περίπλοκο σύστημα αποτελούμενο από λούπες και προεξοχές. Η δημιουργία των σχηματισμών αυτών οφείλεται στην ύπαρξη της ενεργής περιοχής NOAA10866 με συντεταγμένες (S06E55) και στον στενό της συγκάτοικο (AR10865). Πάνω από την φουσαλίδα υπάρχει η προεξοχή 01 πάνω από την οποία μπορούμε να διακρίνουμε μια στρεμματική λούπα σε μορφή τούνελ που δημιουργείτε από την προεξοχή αυτή.

Στο Δυτικό χείλος τώρα βλέπουμε αρκετές προεξοχές μικρού μεγέθους που δημιουργούνε μια σειρά από στεατικούς σχηματισμούς λούπας οι οποίοι στην συνέχεια εκτεινόμενοι δημιουργούν τα Streamers και Coronal Helms που προαναφέραμε.

Συγκριτική Ανάλυση Παρατηρήσεων στις : Fe XI, Fe XIV, Fe IX/X, Fe XII, Fe XV, He II και στο Ολικό φως

Με την βοήθεια της σύγχρονης τεχνολογίας αλλά και το μεράκι που διακατέχει κάποιους ερασιτέχνες αστρονόμους καταφέραμε να δούμε το στέμμα σε διάφορα μήκη κύματος και να παρατηρήσουμε τις διαφορές που έχουν οι σχηματισμοί αναμεταξύ τους.



Εικόνα 04 : Σύνθεση φωτογραφιών που δείχνει τους σχηματισμούς που εδράζονται στο δυτικό (επάνω) και ανατολικό (κάτω) χείλος αντίστοιχα κατά την διάρκεια της έκλειψης, οι εικόνες είναι από ερασιτέχνες αστρονόμους, επαγγελματίες και το SoHO.

Στην εικόνα 04 μπορούμε να διακρίνουμε τις διαφορές που παρουσιάζουν οι ίδιοι σχηματισμοί σε διάφορα μήκη κύματος. Από την ίδια εικόνα και από τις ισόφωτες που καταρτίστηκαν αργότερα για τις ηδείες περιοχές από τις ηδείες φωτογραφίες, μπορούμε να καταλάβουμε ότι μόνον πολύ μεγάλης έντασης σχηματισμοί είναι διακριτοί σε όλα τα μήκη κύματος και όχι οι αμυδρότεροι. Πιο αναλυτικά μπορούμε να δούμε ότι :

A : Για το ανατολικό χείλος.

1ον : Το στέμμα και οι διαταραχές σε αυτό που παρατηρούμε στην εικόνα 01 στο Ολικό φως είναι ανύπαρκτο σε όλα σχεδόν τα υπόλοιπα μήκη κύματος. Μοναδική εξαίρεση είναι αυτή του Fe XIV.

2ον : Η βάση του σχηματισμού με την μορφή της φουσαλίδας είναι ορατή σε όλα τα , μήκη κύματος που μελετάμε. Πιο έντονα όμως από όλα φαίνεται στην γραμμή του Fe XI (789.2nm) ενώ σταδιακά υπάρχει μια μείωση με αποκορύφωμα αυτής στην γραμμή του Fe XV (295.0nm). Την μεταβολή αυτή μπορεί κανείς να την δει στο διάγραμμα 01 όπου για κάθε μήκος κύματος που μελετήσαμε πήραμε δέκα τυχαία σημεία πάνω σε μια ευθεία γραμμή που διατρέχει τον σχηματισμό και με βάση την τιμή της φωτεινότητας των pixel στα σημεία αυτά (τα pixel που πήραμε σε κάθε εικόνα έχουν τις ίδιες συντεταγμένες σε όλες τις φωτογραφίες).

3ον : Μπορούμε τέλος να δούμε ότι η βάση του σχηματισμού «Φυσαλίδα» δεν αλλάζει μόνον φωτεινότητα αλλά και σχήμα σε κάθε μήκος κύματος. Με βάση την εφαρμογή σε όλες τις φωτογραφίες του φίλτρου : contour μπορούμε επίσης να δούμε ότι την μεγαλύτερη έκταση πάνω στην εικόνα πιάνει ο σχηματισμός στην γραμμή Fe XI (789.2nm) ενώ αντίθετα την μικρότερη έκταση καταλαμβάνει στην γραμμή Fe XV (295.0nm).

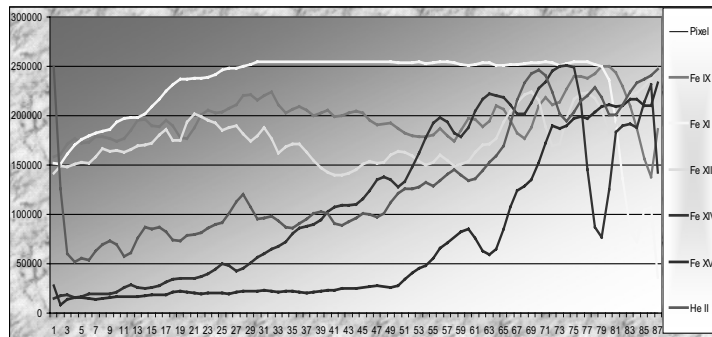
B : Για το δυτικό χείλος.

1ον : Το στέμμα και οι διαταραχές σε αυτό που παρατηρούμε στην εικόνα 01 στο Ολικό φως είναι σχεδόν παντού ορατό και μάλιστα με πολύ μεγαλύτερη πυκνότητα από ότι στο ανατολικό.

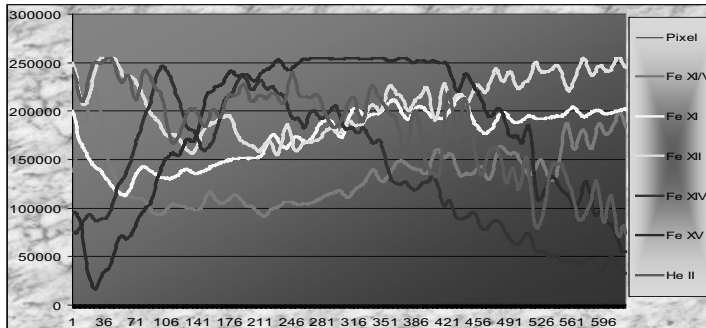
2ον : Οι διαφορές των σχηματισμών είναι πολύ μεγαλύτερες από συχνότητα σε συχνότητα από ότι στο ανατολικό χείλος.

3ον : Οι σχηματισμοί που εδράζονται πάνω από τους : prominence 02, 03 είναι έντονα ορατοί στις γραμμές : Fe XI (789.2nm) & Fe XII (195.0nm) ενώ εξαφανίζονται τελείως στις υπόλοιπες γραμμές.

4ον : Ο σχηματισμός πάνω από το prominence 04 είναι σχεδόν ίδιος σε σχήμα και μέγεθος στις γραμμές : Fe XV (295.0nm) & He II (304.0nm) ενώ στις υπόλοιπες γραμμές αλλάζει τελείως σχήμα και μέγεθος. Τέλος ο σχηματισμός αυτός χάνεται σε μεγάλο βαθμό στην γραμμή : Fe IX/X (171.0nm) & Fe XIV.



Γράφημα 01 : Στο γράφημα αυτό διακρίνει κανείς την μεταβολή της έντασης της βάσης του σχηματισμού της φυσαλίδας (ανατολικό χείλος) στα διάφορα μήκη κύματος τα οποία μελετηθήκαν. Δεξιά είναι το χείλος του Ηλιακού δίσκου ενώ όσο πάμε προς τα αριστερά απομακρυνόμαστε από αυτό μέχρι την απόσταση της μισής Ηλιακής ακτίνας.

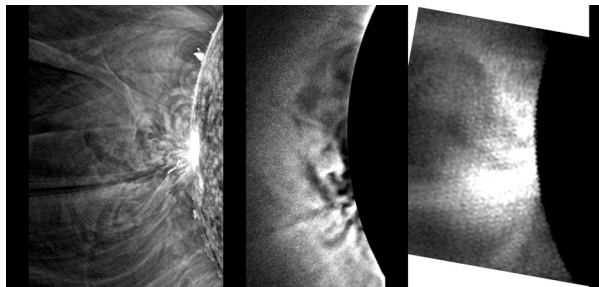


Γράφημα 02 : Στο γράφημα αυτό μπορούμε να δούμε την μεταβολή της έντασης του σχηματισμού ανάμεσα στους Loop & Prominence 04 στα μήκη κύματος που μελετάμε. Αριστερά είναι το χείλος του Ηλιακού δίσκου ενώ όσο προχωράμε προς τα δεξιά απομακρυνόμαστε από αυτό μέχρι την απόσταση της μισής Ηλιακής ακτίνας.

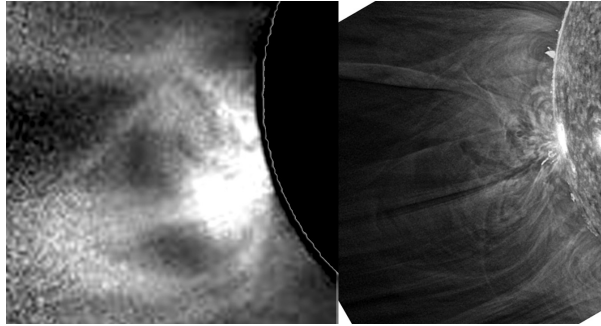
Ολικό φως και Fe XI 789,2 nm, Fe XIV:

Παράλληλα έγινε και συγκριτική ανάλυση των γραμμών του Fe XI 789,2 nm & Fe XIV σε σχέση με την εικόνα που παρουσίαζε το στέμμα στο Ολικό φως και αυτό είναι ίσως ένα από τα πιο ενδιαφέροντα κεφάλαια στην παρούσα μελέτη.

Η ανάλυση αυτή έγινε μόνον στους σχηματισμούς «μικρής» κλίμακας οι οποίοι αναφέρονται στην εικόνα 01 και με βάση όχι διαγώνιες γραμμές φωτομετρίας όπως έγινε για τις προηγούμενες περιπτώσεις αλλά με βάση φίλτρα ισοφώτων contour για την καλύτερη θέαση των ορίων των σχηματισμών που μελετήθηκαν.



Εικόνα 05 : Η παραπάνω εικόνα είναι σύνθεση τριών εικόνων στο Ολικό φως & (από αριστερά) στις γραμμές : Fe XIV & Fe XI που δείχνει την δομή που εμφανίζει η περιοχή κάτω από τον σχηματισμό της Φουσαλίδας στα παραπάνω μήκη κύματος.



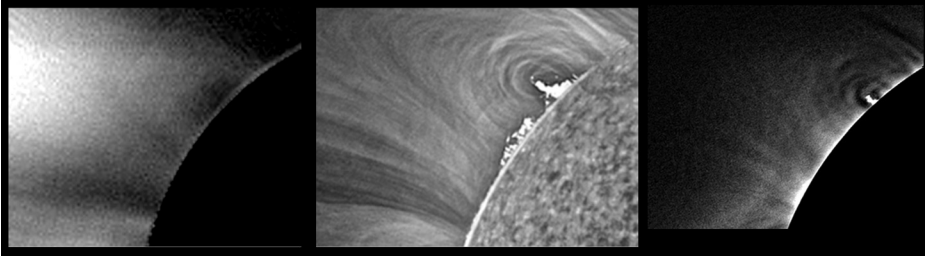
Εικόνα 06 : Η εικόνα αυτή είναι σύνθεση εικόνων από την γραμμή του Fe XI και του Ολικού φωτός (αριστερά) όπου μπορεί κανείς να διακρίνει τον σχηματισμό της φουσαλίδας.

Πιο αναλυτικά :

Ενεργή περιοχή κάτω από τον σχηματισμό της φουσαλίδας: Από την εικόνα 05 μπορούμε να δούμε την διαφοροποίηση του σχηματισμού στα τρία αυτά μήκη κύματος. Μπορούμε να διακρίνουμε ότι στο Ολικό φως ο σχηματισμός αυτός εμφανίζει αρκετά μεγαλύτερη λεπτομέρεια αλλά τα όρια του δεν είναι αρκετά διακριτά καθώς το Ολικό φως αποτελείται από όλες τις προηγούμενες συχνότητες μαζί. Αποτέλεσμα αυτού είναι ότι τα όρια του σχηματισμού συμπέζονται και χάνονται κυριολεκτικά μέσα στην λεπτομέρεια. Τέλος βλέπουμε ότι ενώ στο Ολικό φως και στην γραμμή : Fe XI ο σχηματισμός αυτός είναι πολύ έντονος, στην γραμμή του Fe XIV είναι σχεδόν άφαντος, παρ' όλα αυτά η διαφορά στην λεπτομέρεια που εμφανίζεται ανάμεσα στις τρεις εικόνες είναι εμφανείς. Φαίνεται λοιπόν ότι ενώ στην γραμμή Fe XIV είναι λιγότερο εμφανείς, έχει αρκετά πιο περιτλοκή δομή από ότι στην γραμμή Fe XI.

Σχηματισμός Φουσαλίδα:

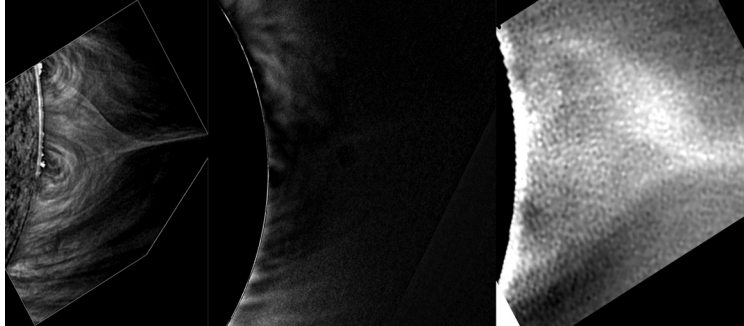
Στην εικόνα 06 μπορεί κανείς να δει ότι η φουσαλίδα είναι ορατή και στις δυο περιοχές του φάσματος ενώ είναι απόλυτος ανύπαρκτη στην γραμμή του Fe XIV. Παράλληλα παρατηρούμε πόσο έντονη είναι η εκπομπή στην γραμμή του Fe XI και ταυτόχρονα ότι ενώ στην εικόνα του ορατού φωτός ο σχηματισμός συνεχίζει να είναι ορατός, είναι αρκετά αμυδρότερος από άλλους που φαίνονται στις ίδιες εικόνες. Καθώς λοιπόν η εικόνα στο Ολικό φως είναι ουσιαστικά σύνθεση εικόνων σε όλα τα μήκη κύματος στα οποία εκπέμπει το στέμμα (και εάν λάβουμε υπόψη μας και τις εικόνες από τα αλλά μήκη κύματος) τότε μπορούμε να πούμε ότι η «φουσαλίδα» είναι σχηματισμός ο οποίος εκπέμπει κατά κύριο λόγο στην γραμμή του Fe XI και πολύ λιγότερο στις άλλες γραμμές εκπομπής του στέμματος.



Εικόνα 07 : Σύνθεση εικόνων στις γραμμές Fe XI (αριστερά) & Fe XIV (δεξιά) με μια εικόνα στο Ολικό φως (κέντρο).

Prominence 01 : Στην εικόνα 07 φαίνεται η περιοχή Prominence 01 που είναι τμήμα της εικόνας 01 στην αρχή του κειμένου. Με βάση την εικόνα αυτή μπορούμε να δούμε στις γραμμές του Fe XI & Fe XIV, ότι η προεξοχή αυτή δεν είναι ορατή σε όλα τα μήκη κύματος. Στο Ολικό φως η προεξοχή είναι εμφανέστατη καθώς η Χρωμόσφαιρα εκπέμπει κυρίως στην γραμμή του H α ' & He II, ενώ στην γραμμή του Fe XI είναι ανύπαρκτη και στην γραμμή του Fe XIV είναι ορατή αλλά αρκετά αμυδρότερη σε σχέση με το Ολικό φως. Επίσης είναι εμφανείς και οι διαφορές που παρουσιάζει το στέμμα στις τρεις αυτές εικόνες:

- 1ον : Στην γραμμή του Fe XI βλέπουμε ότι πάνω και κάτω από την προεξοχή υπάρχουν δυο αμυδρές στρεμματικές συμπυκνώσεις οι οποίες καθώς απομακρύνονται από το χείλος του δίσκου μαζί με άλλες (πιο κάτω) συνενώνονται και δημιουργούν μια τεράστια στρεμματική συμπύκνωση που εκτείνεται σχεδόν σε μισή Ηλιακή ακτίνα προς το διάστημα.
- 2ον : Στην Γραμμή του Fe XIV φαίνονται οι διαταραχές του μαγνητικού παιδιου που προκαλεί η προεξοχή στο πολύ κοντινό σε αυτήν στέμμα και όσο αυτές απομακρύνονται από το χείλος του δίσκου γίνεται και πιο αμυδρή η εμφάνιση τους (δημιουργούν δηλαδή μια αραίωση σε αντίθεση με την γραμμή του Fe XI)
- 3ον : Στην εικόνα του Ολικού φωτός είναι ξεκάθαρες οι διαταραχές που προκαλούνται στο κοντινό στην προεξοχή στέμμα από αυτήν. Καθώς όμως παρατηρώντας το στέμμα γνωρίζουμε ότι το στεμματικό υλικό κατά κύριο λόγο ακολουθεί σε κίνηση την τροχιά που διαγράφουν οι γραμμές του μαγνητικού παιδιου του Ήλιου, μπορούμε να διακρίνουμε ότι ενώ στην βάση του στέμματος σε εκείνη την περιοχή οι μαγνητικές γραμμές είναι κλειστές και περιπλέκονται αναμεταξύ τους, καθώς απομακρυνόμαστε από το χείλος του δίσκου και την προεξοχή, οι μαγνητικές γραμμές τείνουν να ξεχωρίζουν και να δημιουργούν έναν στεμματικό βρόγχο.



Εικόνα 08 : Σύνθεση εικόνων στο Ολικό φως (αριστερά) και στις γραμμές του Fe XIV (κέντρο) & Fe XI(δεξιά).

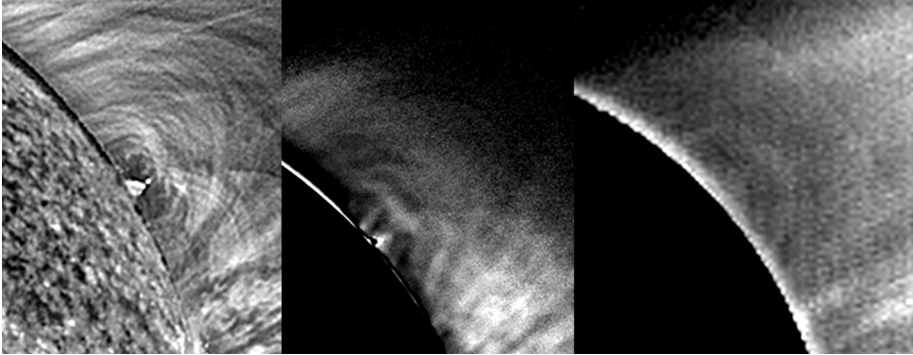
Prominence 02: Στην εικόνα 08 οι διαφορές ανάμεσα στις τρεις περιοχές του φάσματος, είναι πιο ξεκάθαρες από ότι στους προαναφερθέντες σχηματισμούς. Εδώ όπως και πριν υπάρχει μια προεξοχή η οποία όμως είναι ορατή και στις τρεις φωτογραφίες, μάλιστα ακριβώς ανάποδα από ότι πριν, η προεξοχή αυτή είναι πιο έντονη στην περιοχή του Fe XI και όχι στο ολικό φως. Στο στέμμα όμως υπάρχουν τεράστιες ομοιότητες αλλά και τεράστιες διαφορές.

1ον : Στην εικόνα του Ολικού φωτός βλέπουμε ξεκάθαρα ότι η δομή του Στέμματος στην περιοχή γύρω από την προεξοχή, υπάρχει ένα σύστημα από στεμματικές λούπες (κλειστά ρεύματα κινουμένου πλάσματος), όπου όμως όσο απομακρυνόμαστε από αυτή την περιοχή πλησιάζουμε στην βάση ενός μεγαλύτερου σχηματισμού (Coronal Helmet) ο οποίος εν συνεχεία εκτίνεται σε απόσταση περίπου ίση με μισή Ηλιακή ακτίνα.

2ον : Στην εικόνα του Fe XIV αντίθετα βλέπουμε μια αμυδρή δομή η οποία μοιάζει αρκετά με την δομή που παρουσιάζεται στο Ολικό φως αλλά δεν είναι τόσο ισχυρή σε εκπομπή όσο αυτή του Ολικού. Παράλληλα παρατηρούμε ότι ο σχηματισμός που σηκώνεται πάνω από την προεξοχή (Coronal Helmet) εδώ είναι σχεδόν ανύπαρκτος, με μόνη εξαίρεση τα πλαϊνά της βάσης του που αχνοφαινονται στην φωτογραφία.

3ον : Στην γραμμή του Fe XI τώρα ενώ η προεξοχή είναι πιο λαμπρή από ότι στις προηγούμενες εικόνες τώρα οι σχηματισμοί που βρίσκονται ακριβώς από πάνω της είναι ανύπαρκτοι. Αντίθετα με αυτούς ο σχηματισμός coronal helmet είναι εμφανέστατος και πιο λαμπρός από ότι στις άλλες δυο εικόνες. Βλέπουμε τώρα ότι αυτός ο σχηματισμός δεν έχει σαν μοναδικές βάσεις τις δυο άκρες του που φαίνονται στο ολικό φως αλλά έχει και μια ακόμη η οποία ξεκινάει αμέσως πάνω από την προεξοχή και λίγο μετά διακλαδώνεται και αγγίζει τις άλλες δυο με τις οποίες και συνενώνεται.

Prominence 04: Στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι σχετικά εύκολο κανείς να δει ότι οι διαφορές όχι μόνον στις λεπτομέρειες του σχηματισμού αλλά και στις διαταραχές που προκαλεί η προεξοχή στο κοντινό σε αυτήν στέμμα.



Εικόνα 09 : Σύνθεση εικόνων στο Ολικό φως (αριστερά) και στις γραμμές του Fe XIV (κέντρο) & Fe XI(δεξιά).

Στο ολικό φως επικρατεί ένα γενικότερο «χάος» στεμματικού υλικού το οποίο κινείται στα όρια κλειστών μαγνητικών γραμμών οι οποίες περιπλέκονται γύρο από την προεξοχή στην βάση του σχηματισμού .

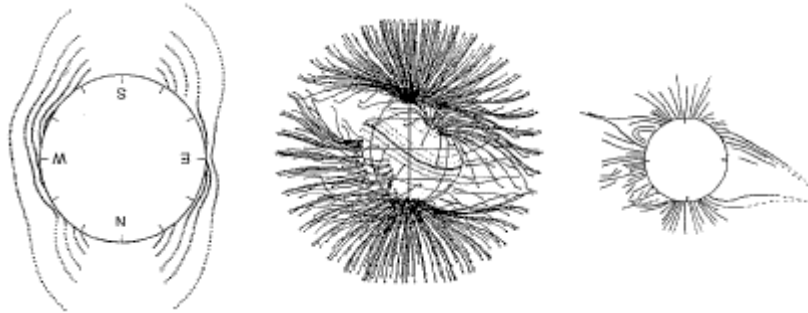
Μπορεί κανείς επίσης να διακρίνει μια κενή περιοχή γύρο από την προεξοχή που μοιάζει με το κενό αέρος που δημιουργεί ένα οστικό κύμα μιας πολύ ισχυρής έκρηξης στην Γη.

Στην μεσαία εικόνα (Fe XIV) αντίθετα τα πράγματα είναι πολύ πιο απλά από άποψη περιπλοκής των μαγνητικών γραμμών , κάτι τέτοιο πιθανόν να οφείλετε και στο ότι η προεξοχή σε αυτό το μήκος κύματος είναι αρκετά μικρότερη σε μέγεθος αλλά και σε φωτεινότητα .

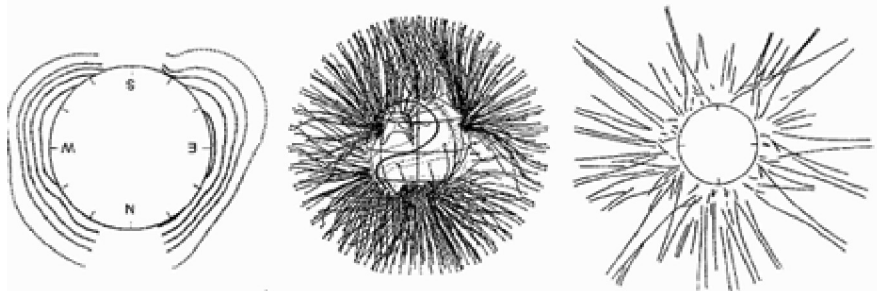
Τέλος στην γραμμή του Fe XI μπορούμε να δούμε ότι η προεξοχή είναι τελείως εξαφανισμένη «από προσώπου Ήλιου». Μπορούμε επίσης να δούμε ότι και η δομή του στέμματος στην περιοχή αυτή είναι αρκετά απλή.

Συμπεράσματα:

- A) Η μορφή του στέμματος που παρατηρήσαμε στο Καστελόριζο δεν ήταν τυχαία. Η εποχή της έκλειψης αυτής συνέπεσε με την περίοδο χαμηλής ηλιακής δραστηριότητας αφού το έτος 2006 ήταν το τελευταίο έτος του 23ου ηλιακού κύκλου. Συγκρίνοντας την έκλειψη αυτή με μία άλλη που έχει τα ίδια σχεδόν χρονολογικά χαρακτηριστικά μπορούμε να συμπεράνουμε ότι έχουν σχεδόν την ίδια μορφολογία. Παρακάτω παρουσιάζουμε σχεδιάγραμμα του στέμματος από μια έκλειψη του 1994 (3 Nov.) στην Criciúma, Brazil στην οποία η ηλιακή δραστηριότητα είναι πολύ χαμηλή αφού η έκλειψη αυτή χρονολογία βρίσκεται στο τέλος του 22ου κύκλου και άλλη μια έκλειψη του 1980 (16 Feb.) στη Jawalagera, India όπου αυτή βρισκόταν στο μέγιστο του 21ου κύκλου.



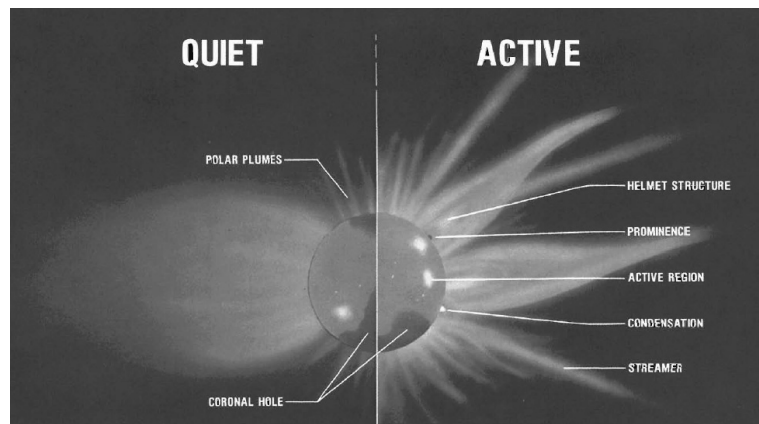
Criciuma, Brazil



Jawalagera, India

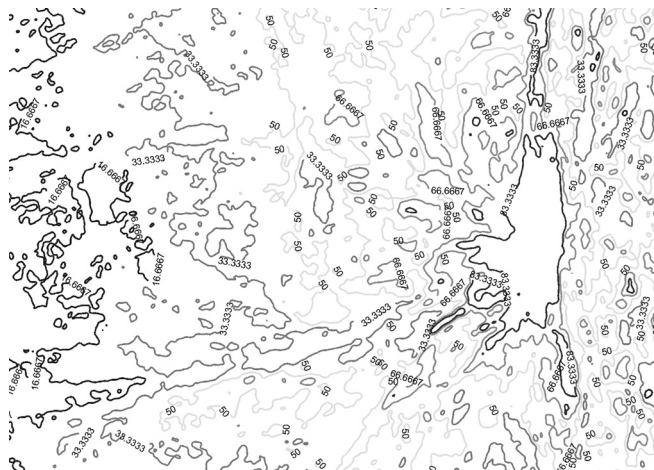
Από τις παραπάνω εικόνες έχουμε μια ξεκάθαρη εικόνα για το πώς μεταβάλλεται η μορφολογία του στέμματος ανάλογα με την ηλιακή δραστηριότητα. Η εικόνα του στέμματος που καταγράψαμε στο Καστελόριζο ταιριάζει όπως αναμέναμε στην μορφή της έκλειψης του 1994 στη Βραζιλία.

Για να γίνει πιο κατανοητή η σύγκριση μεταξύ μιας ήρεμης και μιας ενεργής μορφής στέμματος παραθέτουμε και το παρακάτω σχεδιάγραμμα.

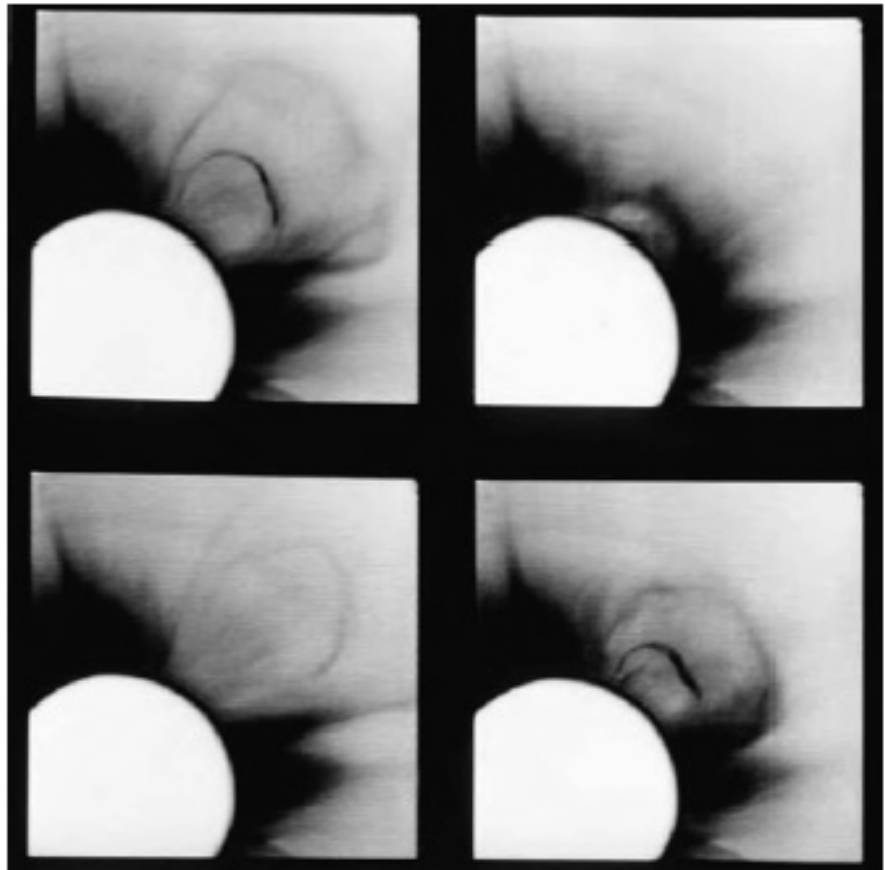


Σε μία ήρεμη περίοδο οι μαγνητικές γραμμές απλώνονται στον μεσοπλανητικό χώρο από τους πόλους με μικρής έκτασης σχηματισμούς γνωστούς και ως polar plumes ενώ στο σημείο του ισημερινού το στέμμα είναι λαμπρότερο από κάθε άλλη περιοχή και παρουσιάζει ομοιόμορφο σχήμα χαμηλής μεταβλητότητας. Αντίθετα σε μια ενεργή περίοδο έχουμε τοπικούς σύνθετους μαγνητικούς σχηματισμούς που βρίσκονται σχεδόν σε όλη την επιφάνεια του ήλιου και με την αλληλεπίδραση τους με τις ενεργές περιοχές μας δίνουν πολύπλοκους στρεμματικούς σχηματισμούς κοντά στην επιφάνεια του ήλιου όπως helmet streamers ή coronal condensations (στεμματικές συμπυκνώσεις). Επίσης τα streamers έχουν αυξηθεί σε αριθμό, τα polar plumes έχουν εξαφανιστεί και τα coronal winds έχουν μειωθεί σε μέγεθος αλλά έχουν αυξημένη πυκνότητα και φωτεινότητα.

- B) Οι εικόνες του στέμματος που καταγράφονται σε μια ολική έκλειψη ηλίου είναι μεγίστης επιστημονικής σημασίας και αυτό διότι κανένα όργανο δεν είναι ικανό να καταγράψει με λεπτομέρεια τους μικροσχηματισμούς του στέμματος σε ακτίνα μικρότερη των δυο ηλιακών ακτινών. Επίσης οι φωτογραφίες του στέμματος στο λευκό φως μπορούν να μας αποκαλύψουν όχι μόνο μεγάλης κλίμακας μαγνητικές δομές αλλά και μικρής κλίμακας οι οποίες βρίσκονται κοντά στο επίπεδο της χρωμόσφαιρας. Παρατηρώντας τις μικρής κλίμακας μαγνητικές δομές μπορούμε να κατανοήσουμε την αλληλεπίδραση που έχουν τα φαινόμενα της χρωμόσφαιρας με τους σχηματισμούς του στέμματος. Παρατηρώντας την ενεργή περιοχή του ήλιου στις εικόνες 2 και 3 βλέπουμε πως η εμφάνιση κηλίδων στην επιφάνεια του ήλιου έχει επηρεάσει δραματικά την εικόνα του στέμματος στην δυτική περιοχή. Ακριβώς πάνω από την κηλίδα υπάρχουν περίπλοκες μαγνητικές δομές, όπως φαίνονται και στο διάγραμμα ισόφωτων γραμμών, οι οποίες μεταφέρουν χρωμοσφαιρικό υλικό μέχρι και την μεταβατική ζώνη χρωμόσφαιρας-στέμματος.

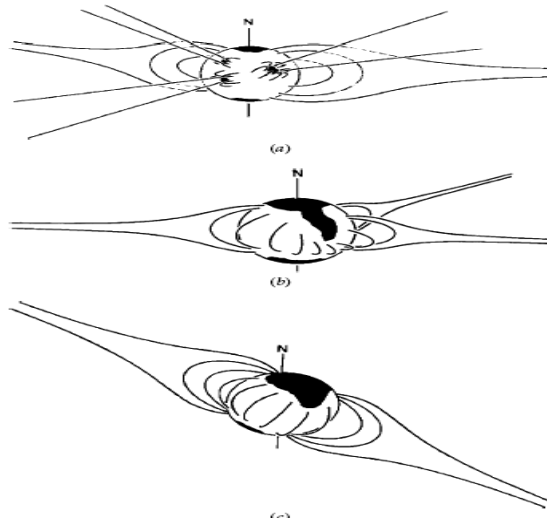


Οι μαγνητικές γραμμές, στην περιοχή, στην πλειοψηφία τους τείνουν να σχηματίσουν κλειστούς βρόχους εκτρέποντας ξανά το υλικό αυτό στην χρωμόσφαιρα. Μερικές από αυτές ωστόσο συνθέτουν ένα σχηματισμό φυσαλίδας, ορατό στο Fe XI, μεγάλου μεγέθους ο οποίος είναι κατά κύριο λόγο χρονικά σταθερός αλλά έχει την ιδιότητα να ταλαντώνεται μεταβάλλοντας το μέγεθός του. Κατά την μεταβολή αυτή καθώς το μαγνητικό πεδίο πιθανόν να χάνει ενέργεια και να εξασθενεί δίνει μικρής έντασης C.M.E.S οι οποίες συμβάλουν στην εκτόνωση του φαινομένου. Τέτοιου είδους σχηματισμοί έχουν καταγραφεί αρκετές φορές στο παρελθόν όπως για παράδειγμα αυτοί τις παρακάτω εικόνες οι οποίοι κατά την πλειοψηφία τους συνδέονται κυρίως με φαινόμενα CMES. Αξίζει να αναφέρουμε σε αυτό το σημείο ότι δεν το χαρακτηρίσαμε από την αρχή το σχηματισμό bubble ως CME γιατί τότε ο σχηματισμός τις θα έπρεπε να φαίνεται καθαρά στις εικόνες wight-light corona.

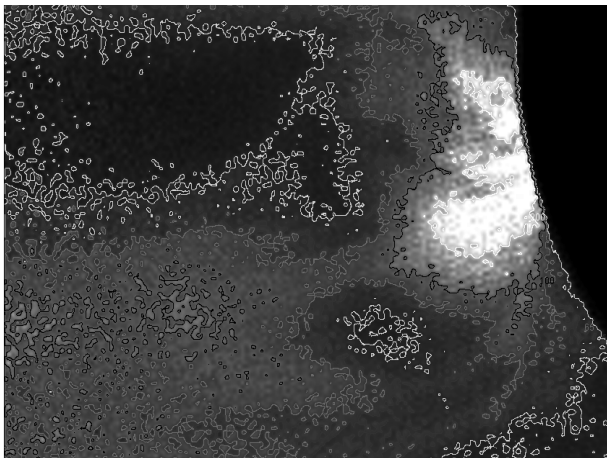


Τέλος τον σχηματισμό της φυσαλίδας που περιγράψαμε πιο πάνω τον τέμνει μια

γραμμή πυκνού υλικού το οποίο προέρχεται από το κέντρο της ενεργής περιοχής και εκτείνεται μέχρι το τέλος της καταγραφόμενης περιοχής του στέμματος. Στο κατώτερο σημείο του jet παρατηρείται μια φωτεινή στρεμματική συμπύκνωση η οποία τροφοδοτεί με υλικό το σχηματισμό αυτό. Η μαγνητικές γραμμές φεύγουν κάθετα από την ενεργή περιοχή και διαχέονται στην περιοχή του στέμματος δίνοντας ένα φαινόμενο που μάλλον μας θυμίζει το γνωστό active region jet (ίσως να είναι και streamer).



Το επίπεδο αυτού του πίδακα συμπίπτει με αυτό του σχηματισμού bubble και στο σημείο που συναντιούνται οι δυο αυτοί σχηματισμοί η φωτεινότητα της περιοχής γίνεται μέγιστη όπως φαίνεται και από της ισόφωτες καμπύλες. Επίσης από το παρακάτω διάγραμμα φαίνεται ότι ο πίδακας αυτός καθώς αλληλεπιδρά με την φουσαλίδα παρασέρνει υλικό από αυτή.



Γ) Επειδή τη συγκεκριμένη εποχή της έκλειψης η φαινόμενη διάμετρος της σελήνης και του ήλιου ήταν σχεδόν η ίδια είχαμε το προνόμιο να καταγράψουμε πληθώρα χρωμοσφαιρικών φαινομένων. Στις αναλύσεις των εικόνων που κάναμε πιο πάνω αναφερθήκαμε σε αυτά τα φαινόμενα ονομάζοντάς τα prominences χωρίς να μας περάσει από το μυαλό ότι μπορούσε να είναι οτιδήποτε άλλο. Εξάλλου τα όρια διαχωρισμού αυτών των φαινομένων είναι αρκετά μικρά οπότε το γεγονός αυτό ήταν σχεδόν αναπόφευκτο. Ωστόσο κατά την ανάλυση, μας δημιουργήθηκε ένα εύλογο ερώτημα το οποίο αφορά τους σχηματισμούς του ανατολικού χείλους. Γιατί δυο οπτικά όμοια φαινόμενα του ορατού φωτός δίνουν τόσο διαφορετικές φωτογραφίες στην περιοχή των μετάλλων μήπως είναι δυο διαφορετικά φαινόμενα; Χωρίς να είμαστε απόλυτοι στις παρακάτω θεωρήσεις μας θα προσπαθήσουμε προσεγγίσουμε το ζήτημα.

Γνωρίζουμε από τις θεωρητικές μελέτες και από σχετικές αναφορές(1) ότι οι προεξοχές φωτογραφίζονται σε μια έκλειψη στο ορατό φάσμα με χρώμα κόκκινο ενώ είναι μαύρες στην πλειοψηφία τους στην fexii corona. Άρα για τον σχηματισμό του νοτιοανατολικού χείλους θα πρέπει ή να έχουμε ένα διαφορετικό φαινόμενο από prominence αφού στις φωτογραφίες η περιοχή εκείνη έχει μεγάλη φωτεινότητα ή θα πρέπει να εξετάσουμε τις κατηγορίες των prominences οι οποίες μπορούν να δώσουν ένα τέτοιο αποτέλεσμα. Ωστόσο επειδή το ζήτημα αυτό ξεφεύγει από τις δικές μας γνώσεις και επειδή η βιβλιογραφία δεν είναι αρκετά ακριβείς και ξεκάθαρη όσον αφορά τις γραμμές εκτομπής του κάθε είδους prominence εμείς με κάθε επιφύλαξη εκτιμούμε ότι πρόκειται για μια ανερχόμενη προεξοχή (ascending prominence) η οποία μάλιστα τροφοδοτεί την περιοχή εκείνη του στέμματος (το coronal helmet) με υλικό το οποίο προέρχεται από τρία διαφορετικά σημεία τις προεξοχής. Περιμένουμε τους αστροφυσικούς να μας δώσουν μια πιο σωστή εκτίμηση. Βέβαια στην περιοχή του παραπάνω σχηματισμού υπάρχουν τουλάχιστον τέσσερις prominences μικρής εκτάσεως, που δεν συνδέονται με την περίπτωση που αναλύσαμε.

Όσον αφορά τις υπόλοιπες προεξοχές που καταγράφηκαν έχουμε να παρατηρήσουμε τα εξής. Όλες οι προεξοχές επηρεάζουν την μορφολογία του στέμματος στην κοντινή περιοχή τους δημιουργώντας όπως περιγράψαμε και στην ανάλυσή μας κλειστούς βρόχους οι οποίοι στην βιβλιογραφία αναφέρονται ως helmet streamers. Τα helmet streamers συνδέονται με την δημιουργία των προεξοχών και πολύ σπάνια θα παρατηρήσουμε μια προεξοχή κατά την διάρκεια μιας έκλειψης η οποία δεν θα έχει από πάνω της σχηματισμούς helmet streamers. Οι προεξοχές δημιουργούνται σε περιοχές της φωτόσφαιρας οι οποίες παρουσιάζουν σημεία αναστροφής της πολικότητάς της. Δύο από τα πιο γνωστά μοντέλα δημιουργίας και συντήρησης των προεξοχών στα στρώματα της χρωμόσφαιρας είναι αυτό των Kirpenhahn–Schluter (α) και των Kuperus–Raadu (β) τα οποία μας δίνουν μια εικόνα των μαγνητικών γραμμών που υπάρχουν γύρω από την προεξοχή. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζουμε τα δυο αυτά μοντέλα. Το οριζόντιο επίπεδο είναι η φωτόσφαιρα και το σκιασμένο μέρος είναι η κάθετη τομή της προεξοχής.

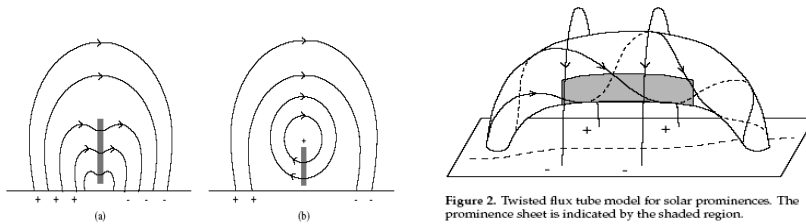


Figure 2. Twisted flux tube model for solar prominences. The prominence sheet is indicated by the shaded region.

Η δομή των μαγνητικών γραμμών πάνω από τις προεξοχές όπως φαίνεται και στο σχήμα προσδίδουν αυτή τη μορφολογία στο στέμμα δημιουργώντας τα helmet streamers.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- 1) Φυσική Διαστήματος : Ξενοφών Δ. Μουσσας, Παν. Πρεκα – Παπαδήμα Σημειώσεις από τις πανεπιστημιακές παραδόσεις. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (Αθήνα 2003)
- 2) *SUN Observers Guide* : Pam Spence Octopus Publishing Group Great Britain 2004
- 3) *Παρατηρησιακή Αστρονομία* : Στ. Ι. Αυγολουπης, Γιάννης Χ. Σειραδακης Πλανητάριο Θεσσαλονίκης Θεσσαλονίκη 2004
- 4) *Structure & Dynamics of the solar chromo sphere* : Johannes Mattheus Krijger
- 5) *Connections Between the White Light Eclipse Corona and Magnetic Fields over the Solar Cycle* : J.Sykora, O.G.Badalyan & V.N.Obridko *Solar Physics* 212: 301-318, 2003 *Netherlands September 2002*
- 6) *The different Types of Solar Flares*: Jan Janssens *VVS Solar Section September 2002*
- 7) *Solar & Heliospheric Physics, Abstracts of Selected Proposals: NNH05ZDA001N-SHP* 2006
- 8) *The Sun, Our Star*: Iain Nicolson *Astronomy Now* : October 1997
- 9) *Probing The Sun*: Bhola Dwivedeli & Claus Wilhelm *Astronomy Now* : April 1997
- 10) *Unsolved Mysteries of the Sun – Part 01*: Kenneth R.Lang *Sky & Telescope* : August 1996
- 11) *Coronal Magnetic Field Measurements – Optical / IR.* : S. Tomezyk *High Altitude Observatory, National Center for Atmospheric Research.*

30 August 2005

- 12) CONNECTIONS BETWEEN THE WHITE-LIGHT ECLIPSE CORONA AND MAGNETIC FIELDS OVER THE SOLAR CYCLE
J. SÝKORA¹, O.G. BADALYAN² and V. N. OBRIDKO²
- 13) Structure and Dynamics of the Solar Corona S.Koutchmy
- 14) ON THE NATURE OF PROMINENCE ABSORPTION AND EMISSION IN HIGHLY IONIZED IRON AND IN NEUTRAL HYDROGEN ODDBJORN ENGVOLD, HANS JAKOBSSON, EINAR TANDBERG-HANSEN, JOE B. GURMAN³ and DANIEL MOSES⁴
- 15) Golub L and Pasachoff 1997 *The Solar Corona* (Cambridge: Cambridge University Press)
- 16) ENCYCLOPEDIA OF ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS
- 17) THE 8 APRIL 2005 ECLIPSE WHITE-LIGHT CORONA JAY M. PASACHOFF and SHELBY B. KIMMEL.