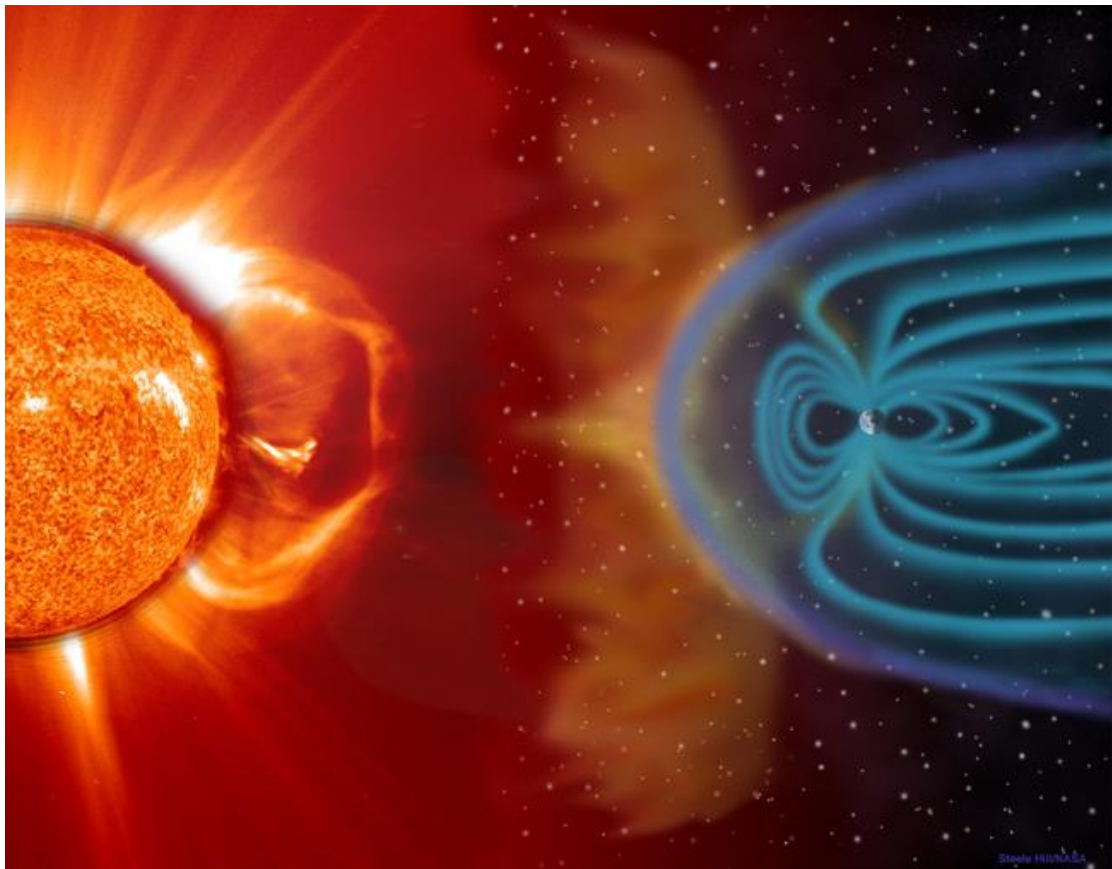


Εργασία στα πλαίσια του μαθήματος
«Εισαγωγή στην ερευνητική μεθοδολογία»

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΡΑΔΙΟΤΗΛΕΣΚΟΠΙΟΥ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ



Ιωάννης Μυσεργλής (Α.Ε.Μ.: 12185)

Αριστοτέλιο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Τμήμα Φυσικής
Τομέας Αστροφυσικής, Αστρονομίας και Μηχανικής
Θεσσαλονίκη
Φεβρουάριος 2011

**ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΡΑΔΙΟΤΗΛΕΣΚΟΠΙΟΥ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ**

Ιωάννης Μυσερλής

Επιβλέποντες Καθηγητές:

Ιωάννης Χ. Σειραδάκης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο

Ulrich Klein, University of Bonn, D-53121, Βόννη, Γερμανία

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Τμήμα Φυσικής

Τομέας Αστροφυσικής, Αστρονομίας και Μηχανικής

Περίληψη

Σε αυτήν την πτυχιακή εργασία παρουσιάζεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την κατασκευή και την εγκατάσταση ενός ραδιοτηλεσκοπίου χαμηλών συχνοτήτων το οποίο λαμβάνει ραδιοκύματα από ουράνιες πηγές στη συχνότητα των 20.1 MHz. Τέτοιες πηγές είναι οι ηλιακές εκρήξεις ραδιοφωνικής ακτινοβολίας (solar radio bursts) καθώς και το σύστημα εκπομπής δεκαμετρικής ακτινοβολίας από τον πλανήτη Δία και τον δορυφόρο του Ιω.

Για την καλύτερη παρατήρηση των σημάτων αυτών, εγκαταστάθηκε στο Αστεροσκοπείο σταθμός συνεχούς καταγραφής (monitoring station) του σήματος που δέχεται το ραδιοτηλεσκόπιο σε μορφή γραφήματος ισχύος-χρόνου καθώς και του ήχου που καταγράφεται μετά την υποβάθμιση του ληφθέντος σήματος σε ακουστικές συχνότητες. Επίσης έγινε βαθμονόμηση του συστήματος ώστε να ξέρουμε ανά πάσα στιγμή την ακριβή τιμή της υπό παρατήρηση συχνότητας αλλά και για να λαμβάνουμε τις μετρήσεις μας εκφρασμένες σε θερμοκρασία κεραίας (antenna temperature).

Με το σύστημα αυτό καταγράφηκαν επιτυχώς πολλές ηλιακές εκρήξεις ραδιοφωνικής ακτινοβολίας και μερικές από το σύστημα Δία-Ιούς αλλά ήταν φανερά και τα αποτελέσματα ανεπιθύμητων παρεμβολών στις παρατηρήσεις μας. Τέλος, αναμένονται πολλές ακόμα καταγραφές από το σύστημα εφόσον λειτουργεί και καταγράφει συνεχώς από τις αρχές Ιουλίου 2010 και το διάστημα που διανύουμε η δραστηριότητα του Ήλιου αυξάνεται συνεχώς λόγω του 11-ετούς κύκλου δραστηριότητάς του.

Abstract

This Diploma thesis is divided into four chapters.

Chapter one is a short introduction to the science of Radio Astronomy. It includes a brief history of the first steps of Radio Astronomy and a description of the basics of radio telescopes. Finally new developments of low frequency Radio Astronomy are mentioned.

In the second chapter, I describe the sources of the radio sky that we should be able to observe with the 20.1 MHz radio telescope that we constructed. At these meter-wavelength frequencies the ionosphere can obscure our observations and a description of its influence is also included in this chapter.

In the third chapter, I describe the whole procedure of the construction of our radio telescope. The antenna and receiver we used are based on the NASA's Radio Jove project design with a few changes. I describe also the software we used for the system to work as a monitoring station that collects data continuously. Finally, the chapter includes a description of the calibration procedure that we followed to make the system work not only in a qualitative but also in a quantitative manner.

In the last chapter, I describe the actual observations we conducted with our radio telescope and the method we used to verify them with other observations in the same or different frequencies. I also describe the natural or manmade interference that made our observations at this frequency difficult.

Ευχαριστίες

Υπάρχουν πολλοί που θα ήθελα να ευχαριστήσω για τη βοήθεια τους, χωρίς την οποία δεν θα μπορούσα να γράψω αυτή τη πτυχιακή εργασία.

Πρώτα απ' όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για όλα όσα έχουν κάνει για την ανατροφή και την εκπαίδευση μου και για την υποστήριξη τους σε κάθε μου απόφαση.

Ό,τι και να γράψω για τον επιβλέπων καθηγητή μου στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Ιωάννη Χ. Σειραδάκη θα ήταν πολύ λίγο. Η καθοδήγηση και οι συμβουλές του ήταν πολύτιμες για κάθε μέρος της προσπάθειας αυτής. Θα ήθελα να τον ευχαριστήσω επίσης επειδή ήταν διαθέσιμος να μου λύσει κάθε απορία, όποτε χρειαζόμουν, και επειδή μοιράζεται τη χαρά μου κάθε φορά που επιβεβαιώνουμε μια επιτυχημένη καταγραφή. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή μου στο Πανεπιστήμιο της Βόννης Ulrich Klein του Argelander Institute for Astronomy (AIfA) για τη βοήθειά του και την καθοδήγησή του στην κατασκευή του δέκτη που έγινε κατά τη διαμονή μου στη Γερμανία με το πρόγραμμα ανταλλαγών ERASMUS.

Η εργασία αυτή απαιτούσε πολλή τεχνική δουλειά για την κατασκευή και εγκατάσταση του ραδιοτηλεσκοπίου χαμηλής συχνότητας. Τίποτα από αυτά δεν θα μπορούσε να γίνει χωρίς τη βοήθεια του προσωπικού του Εργαστηρίου Ηλεκτρονικής του Argelander Institute for Astronomy (AIfA) και συγκεκριμένα του Philipp Muller του οποίου οι συμβουλές ήταν αναγκαίες καθ' όλη τη διάρκεια της κατασκευής του δέκτη. Δεν θα μπορούσα να κατασκευάσω και να εγκαταστήσω την κεραία χωρίς τη βοήθεια του Ευάγγελου Τσορλίνη του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου και δεν θα μπορούσα να ρυθμίσω τον δέκτη χωρίς τις ιδέες του καθηγητή Θεόδωρου Λαόπουλου του Εργαστηρίου Ηλεκτρονικής.

Υπάρχουν πολλοί φίλοι και συνάδελφοι που θα ήθελα να ευχαριστήσω για την βοήθεια και την υποστήριξη τους στην προσπάθεια αυτή και συγκεκριμένα τον Βασίλη Καραμανάκη, τον Γιάννη Βάκουλη και τον Αλέξανδρο Δημάρατο για τη βοήθειά τους στην εγκατάσταση της κεραίας. Επίσης θα ήθελα να εκφράσω την εκτίμησή μου προς πολλά μέλη του προσωπικού του Τμήματος Φυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου, του Argelander Institute for Astronomy (AIfA) στη Βόννη και του Max Planck Institute for Radioastronomy (MPIfR) που με βοήθησαν με την πτυχιακή αυτή εργασία και την διαμονή μου στην Γερμανία. Για να ονομάσω μερικούς, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Μανώλη Αγγελάκη του MPIfR για τη βοήθειά του κατά τη διαμονή μου στη Βόννη, τον John Morgan για τις συζητήσεις που είχαμε πάνω στην συμβολομετρία, τον Κοσμά Λαζαρίδη και τον Γιάννη Αντωνιάδη για τις συμβουλές και τις ιδέες τους πάνω στην εργασία αυτή καθώς και πολλούς άλλους.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους (και είναι πολλοί) όσους είχαν το ενδιαφέρον και την υπομονή να ακούσουν για την εργασία αυτή και να μοιραστούν τις ιδέες τους μαζί μου και επίσης τον λοχαγό μου στο 646 Μηχανοκίνητο Τάγμα Πεζικού, Νεόφυτο Καλτσίδα, επειδή χωρίς την βοήθειά του δεν θα μπορούσα να γράψω αυτή την πτυχιακή εργασία κατά τη διάρκεια της στρατιωτικής μου θητείας στην Κομοτηνή.

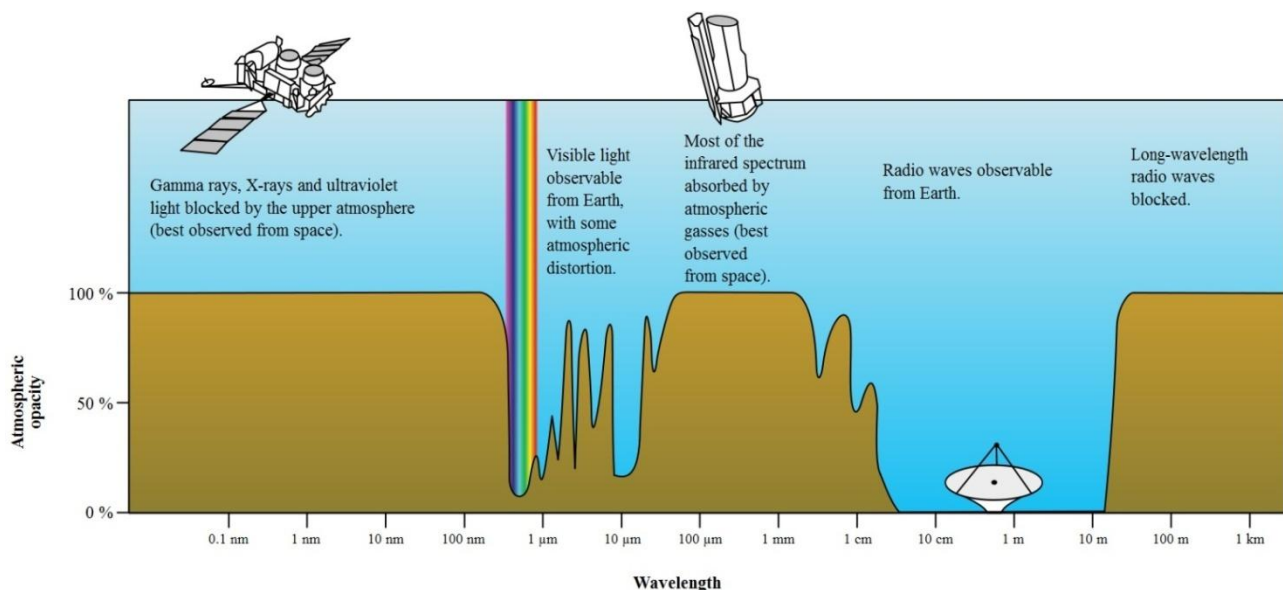
Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Ραδιοαστρονομία

Η Ραδιοαστρονομία είναι ο κλάδος της Αστρονομίας που μελετά τον ουρανό στο ραδιοφωνικό «παράθυρο» του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Παρόλο που είναι ένα σχετικά νέο είδος Αστρονομίας, ήταν το πρώτο κομμάτι του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που αρχίσαμε να κάνουμε παρατηρήσεις μετά τα οπτικά μήκη κύματος.

Κοιτώντας το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα σε σχέση με την διαπερατότητα της ατμόσφαιρας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.1, καταλαβαίνουμε γιατί μετά τα οπτικά αρχίσαμε να παρατηρούμε το Σύμπαν σε ραδιοκύματα.

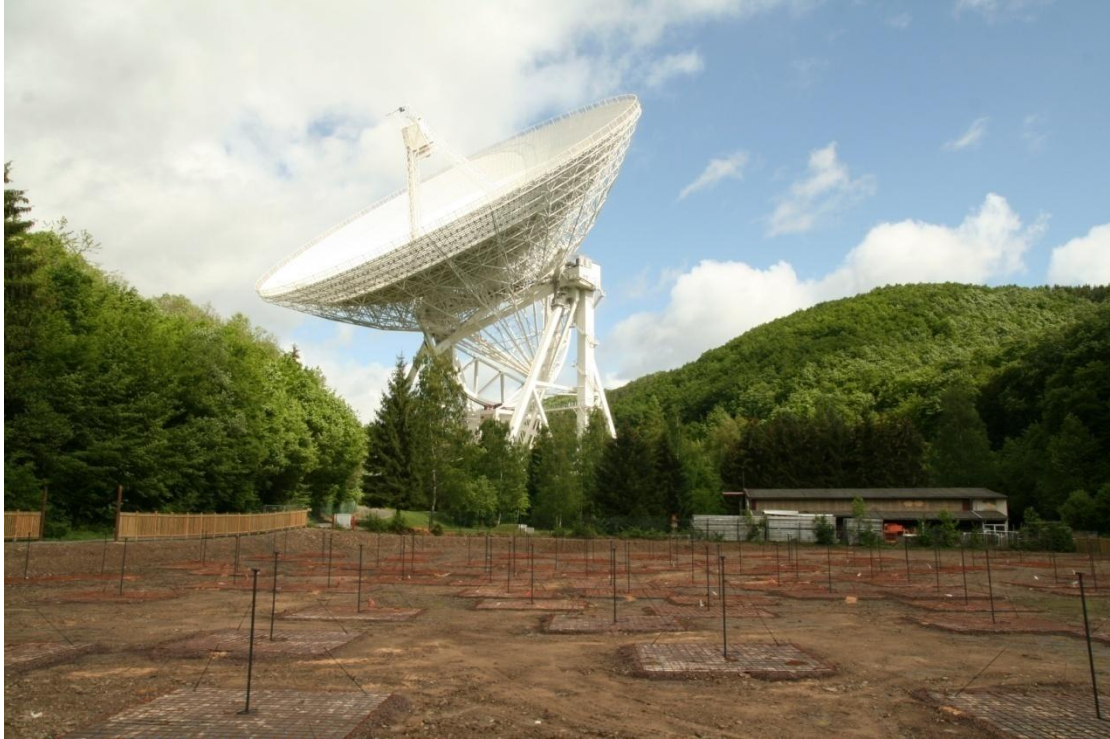


Εικόνα 1.1: Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα και η σχετική διαπερατότητα της γήινης ατμόσφαιρας και ιονόσφαιρας.

Είναι το μεγαλύτερο κομμάτι του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που είναι ορατό από την επιφάνεια της Γης. Παρατηρήσεις σε άλλα μέρη του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος απαιτούν την κατασκευή τηλεσκοπίων σε μεγάλα υψόμετρα ή ακόμα και αποστολή αυτών στο διάστημα μακριά από την αρνητική επίδραση της γήινης ατμόσφαιρας και ιονόσφαιρας.

Το ραδιοφωνικό «παράθυρο» του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος εκτείνεται σε μήκος κύματος από 1 mm έως των 100 m. Τέτοια ποικιλία σε μήκη κύματος και συχνότητες απαιτεί και ποικιλομορφία στα αντίστοιχα ραδιοτηλεσκόπια. Γι' αυτό τα ραδιοτηλεσκόπια

χαμηλής συχνότητας είναι πολύ διαφορετικά από τα υψηλής. Το όριο υψηλής συχνότητας του ραδιοφωνικού «παράθυρου» οφείλεται στη συγκέντρωση υδρατμών στην γήινη ατμόσφαιρα, ενώ αυτό της χαμηλής συχνότητας οφείλεται στην πυκνότητα ηλεκτρονίων της ιονόσφαιρας και μεταβάλεται κατά τη διάρκεια της μέρας.



Εικόνα 2.2: Η περιοχή παρατηρήσεων Effelsberg κοντά στη Βόννη της Γερμανίας. Μπορούμε να δούμε τη διαφορά μεταξύ ραδιοτηλεσκοπίων υψηλής και χαμηλής συχνότητας στο πίσω και μπροστά μέρος της Εικόνας αντίστοιχα.

Σήμερα, σε όλο το κόσμο, υπάρχουν ραδιοτηλεσκόπια που παρατηρούν τον ουρανό σε όλο το ραδιοφωνικό «παράθυρο» του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος αλλά συνεχώς φτιάχνονται νέα τα οποία προσπαθούν να εκμεταλευτούν το παράθυρο αυτό μέχρι τα έσχατα όριά του. Τέτοια είναι το A.L.M.A. (Atacama Large Millimeter Array) στην Χιλή που κάνει παρατηρήσεις στο όριο των υψηλών συχνοτήτων και το LO.F.A.R. (Low Frequency Array) στην Ολλανδία που κάνει στο όριο χαμηλών συχνοτήτων. Οι παρατηρήσεις που έγιναν για την εργασία αυτή, πραγματοποιήθηκαν με ένα τηλεσκόπιο χαμηλής συχνότητας που κατασκευάσαμε και το οποίο λαμβάνει ραδιοκύματα με συχνότητα περί τα 20.1 MHz.



Εικόνα 1.3: Τρεις από τις κεραιές που κατασκευάζονται για το πρόγραμμα ALMA στη Χιλή.



Εικόνα 1.4: Μία κεραία-δίπολο της μπάντας χαμηλών συχνοτήτων του προγράμματος LOFAR.

1.2 Ραδιοαστρονομία Χαμηλών Συχνοτήτων

Μιά από τις λίγες περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που μένουν για να εξερευνηθούν είναι αυτή των χαμηλών ραδιοφωνικών συχνοτήτων. Μετά τις παρατηρήσεις του Karl Jansky, η ραδιοαστρονομία χαμηλών συχνοτήτων έχει παραγκωνιστεί λόγω της χαμηλής διακριτικής ικανότητας των ραδιοτηλεσκοπίων σε αυτές τις συχνότητες, των ενοχλητικών ιδιοτήτων της ιονόσφαιρας και την ραγδαία εξέλιξη των δεκτών υψηλής συχνότητας μετά τον δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο. Πρόσφατες εξελίξεις της Πληροφορικής μας προσέφεραν την δυνατότητα να κάνουμε τα πρώτα μεγάλα βήματα στον τομέα αυτό και νέα πειράματα άρχισαν να εμφανίζονται στα διάφορα ερευνητικά κέντρα ανά τον κόσμο. Ένα τέτοιο πείραμα είναι το LOFAR (Low Frequency Array), το οποίο ξεκίνησε στην Ολλανδία και αναμένεται να μας δώσει πολύ ενδιαφέροντα αποτελέσματα.

Νέες τεχνικές συμβολομετρίας και σύνθεσης είναι το κλειδί για την επίτευξη υψηλής διακριτικής ικανότητας σε αυτή την περιοχή συχνοτήτων (10 – 300 MHz). Διασκορπίζοντας κεραίες χαμηλής συχνότητας σε όλη την Ευρώπη, μπορούμε να αυξήσουμε την διακριτική ικανότητα του συνόλου των κεραιών σε ικανοποιητικά επίπεδα. Τέτοιες συστάδες κεραιών είναι ικανές και για παρατηρήσεις όλου του ουρανού επειδή η κάθε μία απο αυτές έχει τεράστιο κύριο λοβό αλλά και για λεπτομερείς παρατηρήσεις σε συγκεκριμένα σημεία του ουρανού επειδή ο κύριος λοβός του συνόλου των κεραιών μπορεί να γίνει πολύ μικρός με μία τεχνική που ονομάζεται διαμόρφωση διαγράμματος κεραιάς η οποία εφαρμόζεται στο σήμα που δέχονται όλες οι κεραίες μαζί.

Με τις παρατηρήσεις στις χαμηλές ραδιοφωνικές συχνότητες μπορούμε να κάνουμε νέες ανακαλύψεις στην εικόνα που έχουμε για το Σύμπαν σήμερα. Μία πολύ σημαντική ανακάλυψη που μπορεί να γίνει είναι η παρατήρηση του Σύμπαντος κατά την Εποχή της Ακτινοβολίας με τη χρήση της γραμμής των 21 cm. Εάν θεωρήσουμε ότι η γραμμή αυτή για την Εποχή εκείνη πρέπει να έχει υποστεί μετατόπιση προς το ερυθρό της τάξεως του 10, σήμερα θα είναι παρατηρήσιμη σε συχνότητα περίπου 142 MHz. Εάν καταφέρουμε να εντοπίσουμε την εκπομπή αυτή, θα μπορούσαμε και να μελετήσουμε τη δομή του Σύμπαντος στην αρχέγονη μορφή του.

Πολύ ενδιαφέρουσα θα ήταν και η παρατήρηση του Ήλιου στις συχνότητες αυτές και ιδιαιτέρως κατά την εποχή έντονης ηλιακής δραστηριότητας. Παρατηρήσεις του Ήλιου στις χαμηλές συχνότητες μας βοηθούν να κατανοήσουμε τον μηχανισμό που προκαλεί τις ηλιακές εκλάμψεις οι οποίες με τη σειρά τους προκαλούν εκτινάξεις στεμματικής ηλιακής μάζας (Coronal Mass Ejections, CMEs) και να μελετήσουμε τη σχέση τους με τον ηλιακό άνεμο. Αυτό θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε καλύτερα και ίσως να προβλέψουμε τον διαστημικό καιρό στο μέλλον.

Τέλος, η Ραδιοαστρονομία χαμηλών συχνοτήτων είναι το κλειδί στην μελέτη του μαγνητισμού μεγάλης κλίμακας στο Σύμπαν. Τέτοιες μελέτες θα μας βοηθήσουν να κατανοήσουμε την σπουδαιότητα αυτών των μαγνητικών πεδίων στην εξέλιξη του Σύμπαντος και επίσης θα φέρουν λίγο φως στο πρόβλημα της σκοτεινής ενέργειας. Γίνεται έτσι φανερό πως η Ραδιοαστρονομία χαμηλών συχνοτήτων είναι ένα σημαντικό εργαλείο στην εξερεύνηση του Σύμπαντος.



Εικόνα 1.5: Η κατανομή των σταθμών LOFAR στην Ευρώπη. Τέτοιες μεγάλες αποστάσεις μεταξύ των κεραίων είναι απαραίτητες για την επίτευξη υψηλής διακριτικής ικανότητας σε αυτές τις συχνότητες.

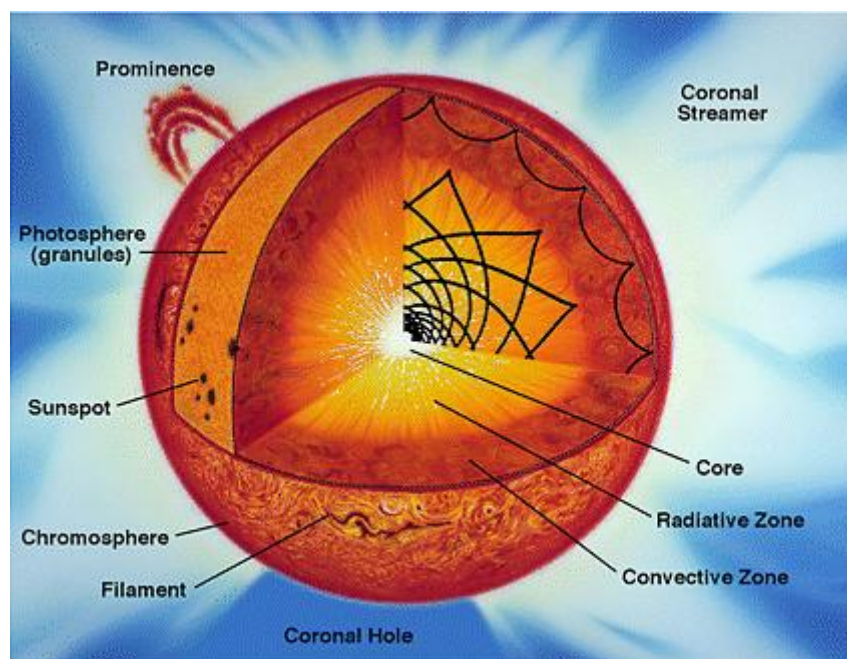
Κεφάλαιο 2

Ο Ήλιος στις χαμηλές συχνότητες

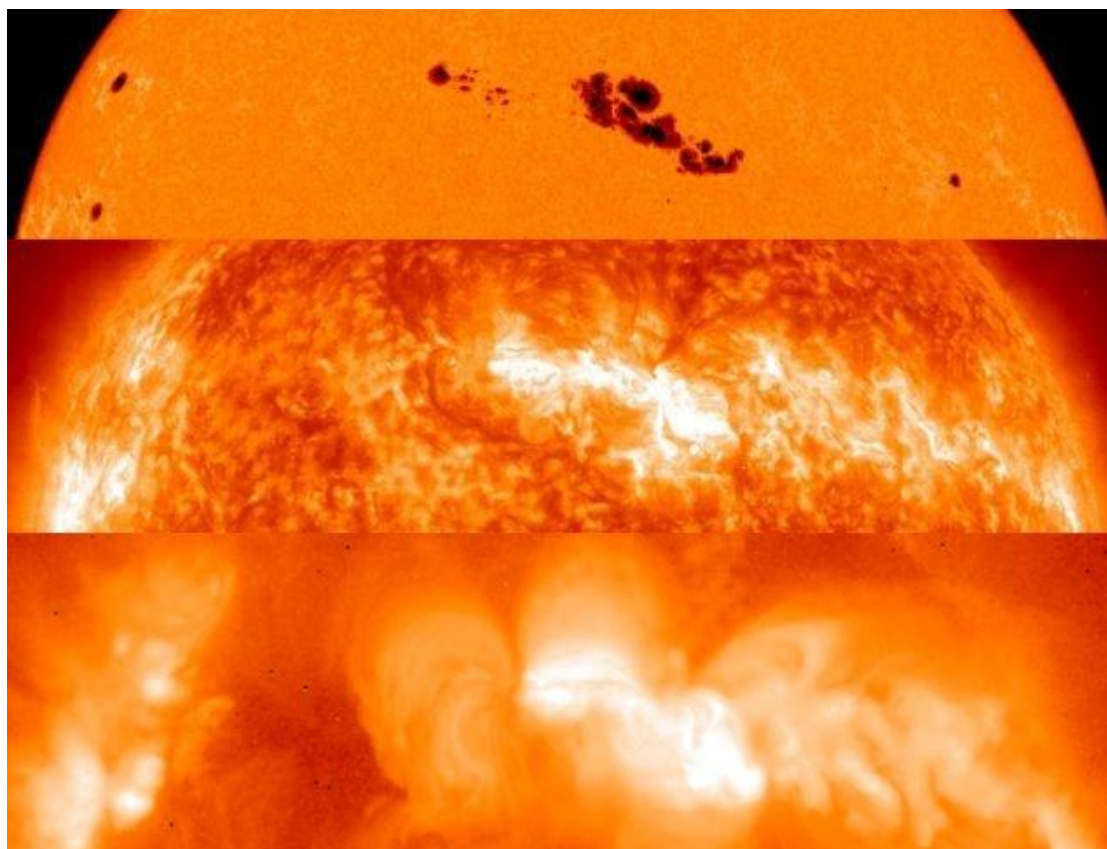
2.1 Ο Ήλιος σε ραδιοφωνικά μήκη κύματος

Ο Ήλιος είναι το κέντρο του ηλιακού μας συστήματος, αλλά και η πηγή ενέργειάς του. Είναι πολύ σημαντικός για τους αστρονόμους διότι είναι ο μόνος αστέρας τόσο κοντά ώστε να μελετηθεί με μεγάλη λεπτομέρεια. Ο ήλιος είναι ένας μάλλον μέτριος αστέρας και έχει φασματικό τύπο G2V. Βρίσκεται προς την ψυχρότερη και αμυδρότερη άκρη της κύριας ακολουθίας στην φασματική ταξινόμηση κατά Hertzsprung - Russell. Η επιφάνεια του ήλιου, όπως φαίνεται με τα οπτικά τηλεσκόπια ονομάζεται φωτόσφαιρα και έχει γωνιώδη διάμετρο περίπου $1/2^\circ$ όπως τη βλέπουμε από τη Γη. Πάνω από τη φωτόσφαιρα βρίσκεται η ηλιακή ατμόσφαιρα, η οποία χωρίζεται σε δύο μέρη, την χαμηλότερη ατμόσφαιρα, ή χρωμόσφαιρα, που εκτείνεται μέχρι ένα υψόμετρο μερικών χιλιάδων χιλιομέτρων και στην ανώτερη ατμόσφαιρα, ή στέμμα, το οποίο εκτείνεται σε πολύ μεγάλα ύψη. Στις ραδιοφωνικές συχνότητες, υπάρχουν ενδείξεις ότι το στέμμα εκτείνεται πολύ μακρύτερα από ένα εκατομμύριο χιλιόμετρα πάνω από τη φωτόσφαιρα.

Υπάρχουν πολλά οπτικά χαρακτηριστικά στην επιφάνεια του ήλιου, όπως οι ηλιακές κηλίδες, οι ιόκκοι, οι εκλάμψεις, οι προεξοχές και τα νήματα. Αυτά τα χαρακτηριστικά της ηλιακής επιφάνειας ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό και ακολουθούν έναν 11-ετή κύκλο ο οποίος ανακαλύφθηκε από τον Schwabe το 1843. Οι εκλάμψεις και οι εκρηκτικές εξάρσεις παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την ραδιοαστρονομία, λόγω της σχέσης τους με την εμφάνιση εκπομπής ραδιοκυμάτων από τον ήλιο. Οι ηλιακές κηλίδες είναι επίσης γνωστό ότι έχουν έντονα τοπικά μαγνητικά πεδία της τάξης των 4000 Gauss που είναι υπεύθυνα για την εκπομπή ραδιοκυμάτων.



Εικόνα 2.1: Η δομή του Ήλιου και της ατμόσφαιράς του. Μερικά από τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας του Ήλιου είναι ορατά



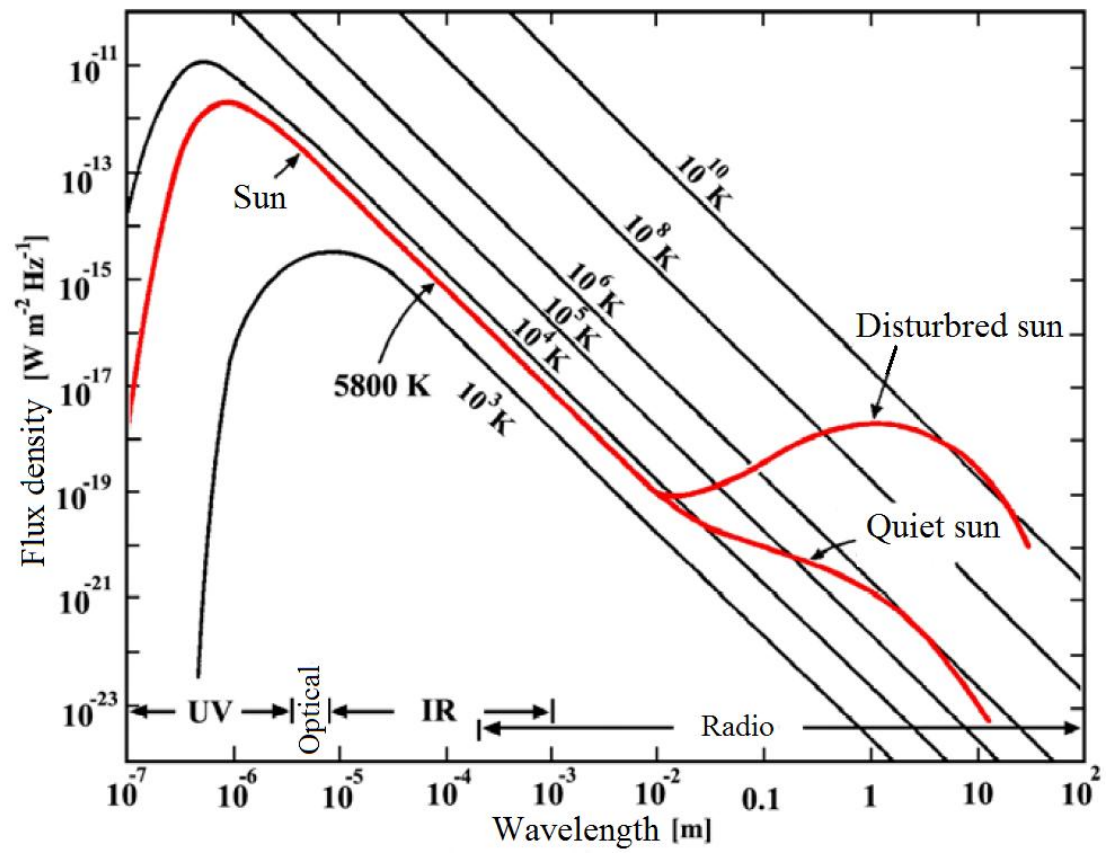
Εικόνα 2.2: Τα χαρακτηριστικά της φωτόσφαιρας του Ήλιου επιδρούν άμεσα στην ατμόσφαιρά του όπως φαίνεται από αυτές τις φωτογραφίες της ίδιας περιοχής που λήφθηκαν σε διάφορες συχνότητες.

Η ανακάλυψη της εκπομπής ραδιοφωνικών κυμάτων από τον Ήλιο έγινε από τον Stanley Hey κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου εντελώς τυχαία. Στην αρχή η ισχυρές παρεμβολές που δέχονταν τα βρετανικά ραντάρ πάνω από τη Μάγχη θεωρήθηκαν ότι προέρχονται από γερμανικές συσκευές παρεμβολών. Αργότερα ανακλύφθηκε ότι οι παρεμβολές αυτές κινούνταν κατά τη διάρκεια της ημέρας μαζί με τον ήλιο. Έτσι, ο Hey ήταν σε θέση να αναφέρει ότι οι παρεμβολές αυτές, πρέπει να έχει προκληθεί από την άμεση διάδοση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από τον Ήλιο. Η αναφορά του Hey του περιείχε πολλά απρόσμενα αποτελέσματα και ορισμένοι επιστήμονες στάθηκαν επιφυλακτικοί απέναντι της, διότι η ένταση της ηλιακής ραδιοφωνικής ακτινοβολίας ήταν σχεδόν ένα εκατομμύριο φορές ισχυρότερη από ό, τι θα μπορούσε να εξηγηθεί από τη θεωρία της θερμικής ακτινοβολίας από τον ήλιο.

Για μια ακτινοβολούσα θερμική πηγή, η πυκνότητας ροής ισχύος που λαμβάνουμε από αυτήν διαφέρει ανάλογα με τη συχνότητα, σύμφωνα με το νόμο ακτινοβολίας του Planck

$$B = \frac{2hv^3}{c^2} \frac{1}{e^{hv/kT} - 1}$$

Ηλιακές οπτικές παρατηρήσεις επιβεβαιώνουν ένα φάσμα που ακολουθεί μια καμπύλη ακτινοβολίας Πλανκ για μέλαν σώμα θερμοκρασίας 6000 K. Ωστόσο, οι ραδιοφωνικές παρατηρήσεις του ήλιου δίνουν πυκνότητες ροής μεγαλύτερες από εκείνες που αντιστοιχούν σε μέλαν σώμα των 6000 K. Αυτό σημαίνει ότι ο μηχανισμός εκπομπής ακτινοβολίας για αυτές τις συχνότητες είναι μη θερμικός όπως ο μηχανισμός εκπομπής σύγχροτρον. Ένα απλουστευμένο ηλιακό φάσμα φαίνεται στην Εικόνα 2.3. Μπορούμε να δούμε ότι το φάσμα ταιριάζει με μια καμπύλη Planck των 6000 K για μήκη κύματος κάτω από 1 cm, αλλά υποδιαιρείται σε δύο καμπύλες, τον ήρεμο ήλιο και τον διαταραγμένο ήλιο για μήκη κύματος μεγαλύτερα από 1 cm. Ο ήρεμος Ήλιος είναι η ελάχιστη ακτινοβολία που λαμβάνουμε από τον ήλιο. Σε περιόδους υψηλής ηλιακής δραστηριότητας η ακτινοβολία μπορεί να αυξηθεί σε μεγάλο βαθμό, όπως προκύπτει από την καμπύλη του διαταραγμένου Ήλιου. Η εκπεμπόμενη ενέργεια του Ήλιου σε περιόδους υψηλής δραστηριότητας είναι τεράστια. Αυτό φαίνεται στην Εικόνα 2.3, όπου η καμπύλη του διαταραγμένου Ήλιου αντιστοιχεί σε καμπύλη μέλανος μέχρι και 10^{10} K.



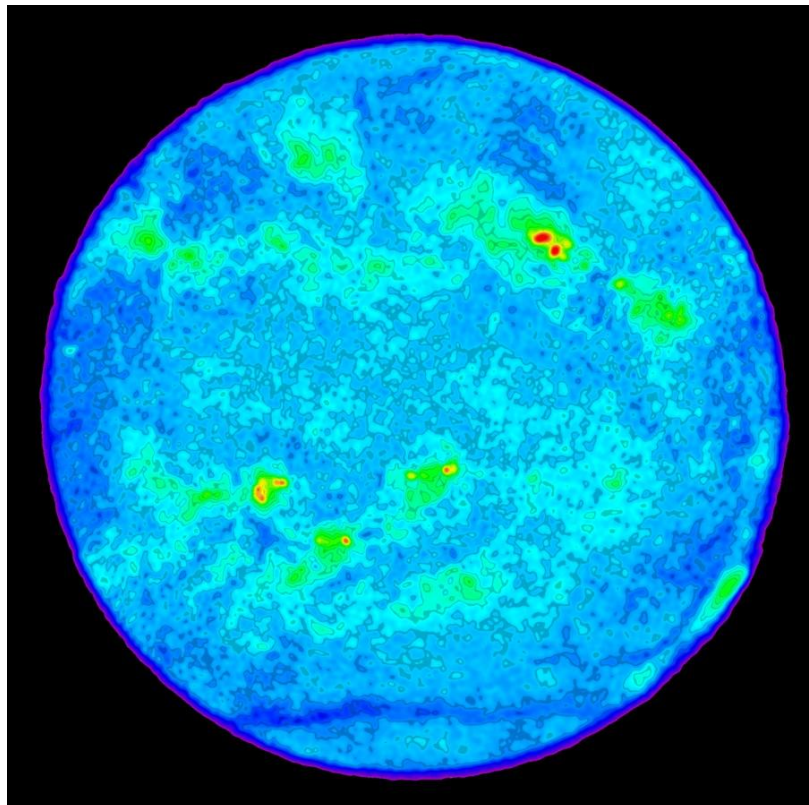
Εικόνα 2.3: Το φάσμα του Ήλιου σε ένα μεγάλο εύρος συχνοτήτων.

2.2 Ο ήρεμος Ήλιος

Σε μια υπό παρατήρηση συχνότητα ν η ακτινοβολία και επομένως η επιφάνεια του Ήλιου που βλέπουμε έρχεται από ένα στρώμα της ηλιακής ατμόσφαιρας το οποίο έχει την απαραίτητη πυκνότητα ηλεκτρονίων. Η συχνότητα του εκάστοτε στρώματος δίνεται από τη σχέση

$$\nu = \frac{e}{2\pi} \sqrt{\frac{N}{\epsilon_0 m}}$$

όπου N είναι η πυκνότητα ηλεκτρονίων σε ηλεκτρόνια· m^{-3} , ν είναι η συχνότητα σε Hz, ϵ_0 είναι η επιτρεπτότητα του κενού ($8.85 \cdot 10^{-12} \text{ farad} \cdot \text{m}^{-1}$), m είναι η μάζα του ηλεκτρονίου ($9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$) και e το φορτίο του ($1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Coulomb}$). Τα διαδοχικά στρώματα της ηλιακής ατμόσφαιρας εκπέμουν ακτινοβολία μειούμενης συχνότητας από κάτω προς τα επάνω.



Εικόνα 2.4: Ο ήρεμος Ήλιος στη συχνότητα των 4.6 GHz ή περίπου 8400 km από την επιφάνεια του Ήλιου.

2.3 Ο διαταραγμένος Ήλιος

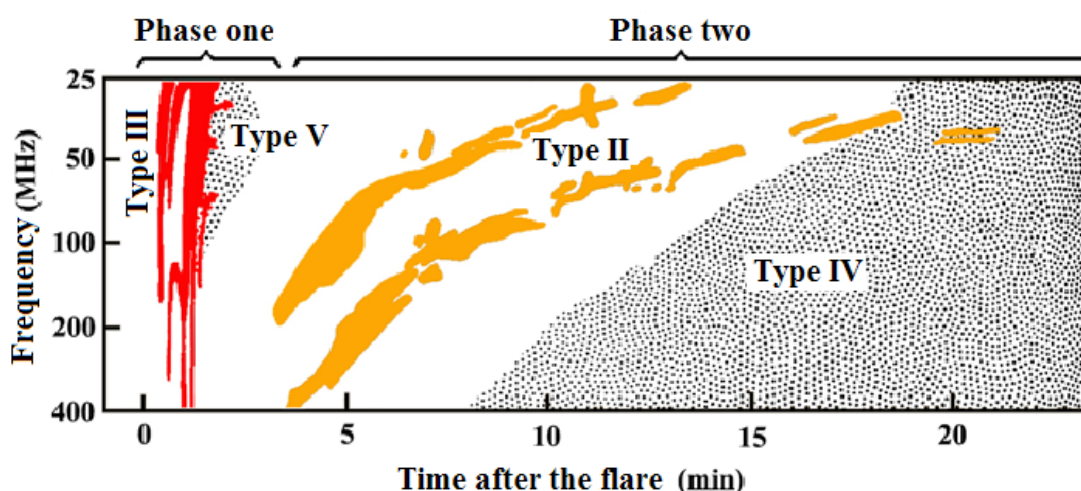
2.3.1 Η βραδέως μεταβαλλόμενη συνιστώσα

Η συνιστώσα αυτή είναι εμφανής σε μήκη κύματος από 3 έως 60 cm. Συνδέεται άμεσα με την εμφάνιση ηλιακών κηλίδων και συνήθως εμφανίζεται σε περιοχές της ατμόσφαιρας πάνω από αυτές όπως μπορούμε να δούμε στην Εικόνα 2.2.

2.3.1 Η ταχέως μεταβαλλόμενη συνιστώσα

Η συνιστώσα αυτή αποτελείται από εκρήξεις ραδιοφωνικής ακτινοβολίας που διαδέχονται της ηλιακές εκλάμψεις. Εμφανίζονται πρώτα σε μεγαλύτερες συχνότητες και μετά σε μικρότερες και διαρκούν μερικά λεπτά της ώρας. Οι ηλιακές εκλάμψεις ταξινομούνται σε A, B, C, M ή X σύμφωνα με την μεγαλύτερη καταγραφόμενη πυκνότητα ροής ακτίνων X που καταγράφονται από των δορυφόρο GOES 14 της the National Oceanic and Atmospheric Association (NOAA).

Οι εκπομπές της ταχέως μεταβαλλόμενης συνιστώσας μπορούν να ταξινομηθούν σε πέντε τύπους. Ο τύπος I αποτελείται από αυξομειώσεις της έντασης της ακτινοβολίας υπό μορφή θορύβου, ο τύπος II από βραδέως ολισθόμενες κατά συχνότητα εκρήξεις, ο τύπος III από ταχέως ολισθόμενες κατά συχνότητα εκρήξεις, ο τύπος IV από εκπομπή ακτινοβολίας συνεχούς φάσματος μεγάλης διάρκειας και ο τύπος V από εκπομπή ακτινοβολίας συνεχούς φάσματος μεγάλης διάρκειας σε χαμηλές συχνότητες. Οι παραπάνω τύποι ραδιοφωνικής εκπομπής εμφανίζονται μετά τις ηλιακές εκλάμψεις σύμφωνα με τη σειρά III-V και εάν η εκλάμψη είναι δυνατή III-V-II-IV όπως φαίνεται συνοπτικά στην Εικόνα 2.5.



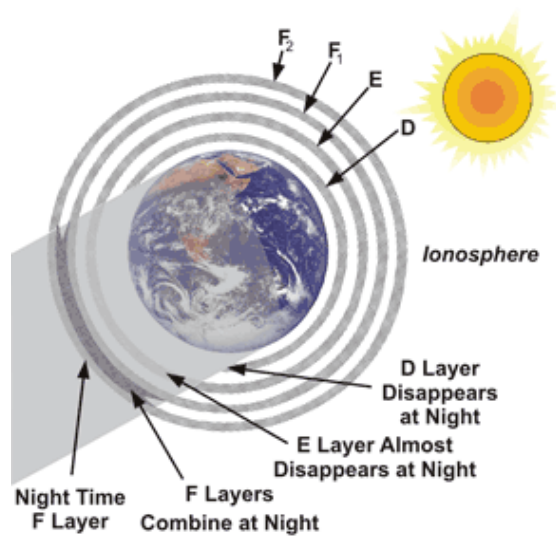
Εικόνα 2.5: Συνοπτικό διάγραμμα των διαφόρων τύπων ηλιακής ακτινοβολίας σε ραδιοκύματα.



Εικόνα 2.6: Μιά φωτογραφία μιάς μεγάλης ηλιακής έκλαμψης. Το μέγεθος της Γης δίνεται για σύγκριση.

2.4 Επιρροή της Ιονόσφαιρας

Οι παρατηρήσεις που κάναμε για την εργασία αυτή έγιναν στα 20.1 MHz. Η συχνότητα αυτή ανήκει στην μπάντα των 13 m των βραχέων ραδιοφωνικών κυμάτων και έτσι επιρρεάζεται εύκολα από την Ιονόσφαιρα. Η Ιονόσφαιρα χωρίζεται σε τρεις ζώνες τις D, E και F. Οι D και E δεν επιρρεάζουν τις συχνότητες αυτές αλλά η F, ανάλογα με την πυκνότητα ηλεκτρονίων, μπορεί να επιρρεάσει τις παρατηρήσεις μας. Η επιρροή έγκειται στο ότι ανακλά αυτά τα κύματα, πράγμα πολύ καλό για τις επίγειες επικοινωνίες σε αυτή τη μπάντα αλλά άσχημο για τις παρατηρήσεις μας μιας και ανακλά το ηλιακό σήμα πίσω και δεν το αφήνει να φτάσει στο ραδιοτηλεσκόπιο μας. Η ικανότητα ανακλάσεως αυτής της ζώνης ποικίλει ανάλογα με την πυκνότητα ηλεκτρονίων και αλλάζει κατά τη διάρκεια της μέρας άλλωτε επιτρέποντας τις παρατηρήσεις μας και άλλωτε όχι.



Εικόνα 2.7: Οι ζώνες της Ιονόσφαιρας.

Η επιρροή αυτή ποικίλει και ανάλογα με την φάση που βρίσκεται ο Ήλιος στον 11-ετή κύκλο δραστηριότητας του. Τα όρια της συχνότητας ανάκλασης είναι $\nu_{min} = 3\text{ MHz}$ για ένα φθινοπωρινό βράδυ στο ελάχιστο της ηλιακής δραστηριότητας και $\nu_{min} = 24\text{ MHz}$ για μια ανοιξιάτικη μέρα στο μέγιστό της.

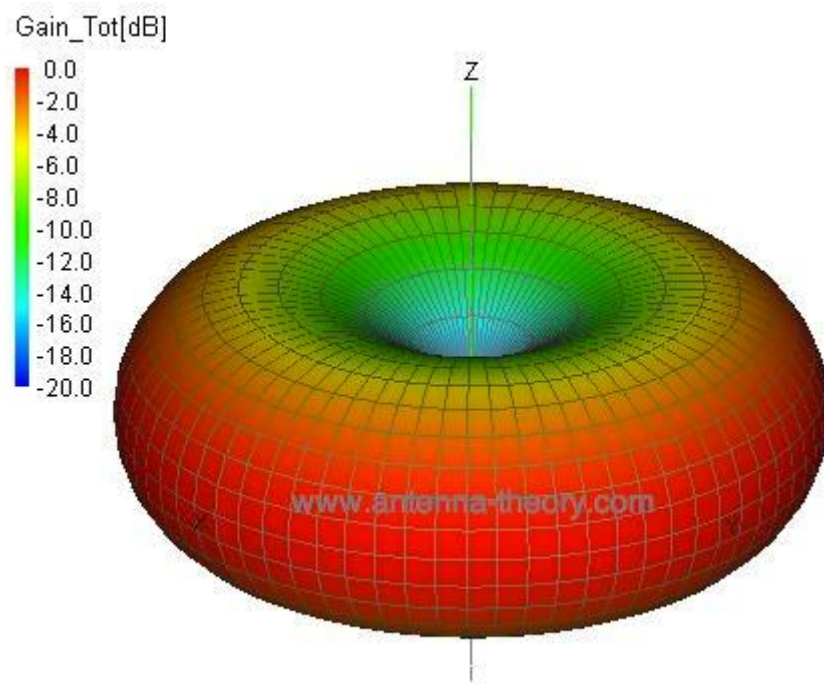
Κεφάλαιο 3

Τεχνικά θέματα

Ο κύριος στόχος της εργασίας αυτής ήταν η κατασκευή και η λειτουργία ενός ραδιοτηλεσκοπίου χαμηλής συχνότητας που δουλεύει στα 20.1 MHz. Το ραδιοτηλεσκόπιο που κατασκευάσαμε βασίζεται στα σχέδια του προγράμματος Radio Jove της NASA και είναι μια αρκετά απλή κατασκευή που μπορεί να δώσει καλά αποτελέσματα.

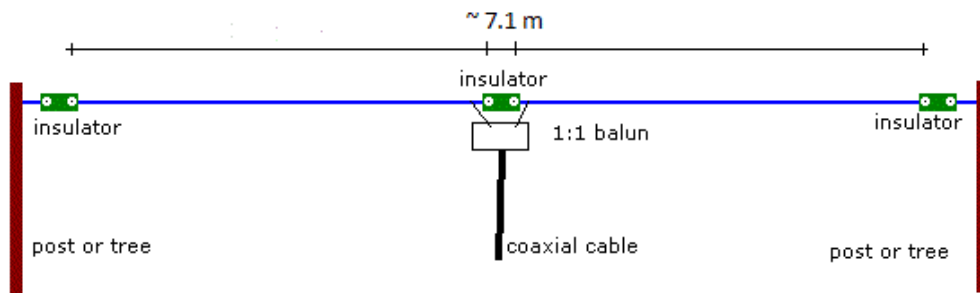
3.1 Περιγραφή και χαρακτηριστικά της κεραίας

Η κεραία που χρησιμοποιήσαμε στις παρατηρήσεις μας αποτελείται από δίπολα τα οποία έχουν ένα διάγραμμα κεραίας όπως η Εικόνα 3.1.



Εικόνα 3.1: Το διάγραμμα κεραίας ενός διπόλου.

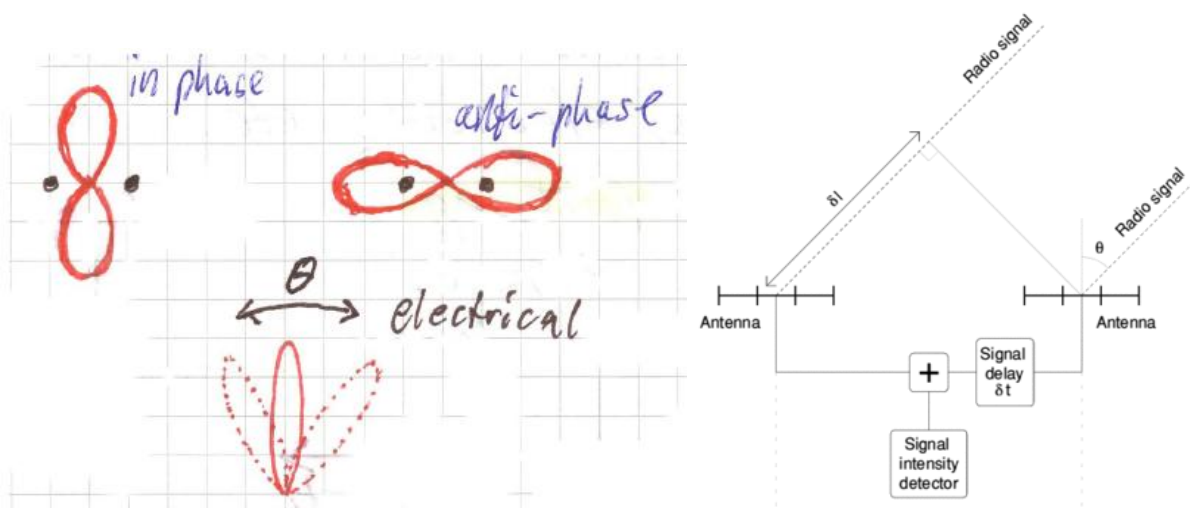
Το δίπολο κατασκευάζεται από δύο κομμάτια σύρμα που ενώνονται με τρία κομμάτια μονωτικό υλικό όπως στην Εικόνα 3.2. Το μήκος του είναι το μισό από το μήκος κύματος που θέλουμε να παρατηρήσουμε για λόγους καλύτερου συντονισμού του σήματος.



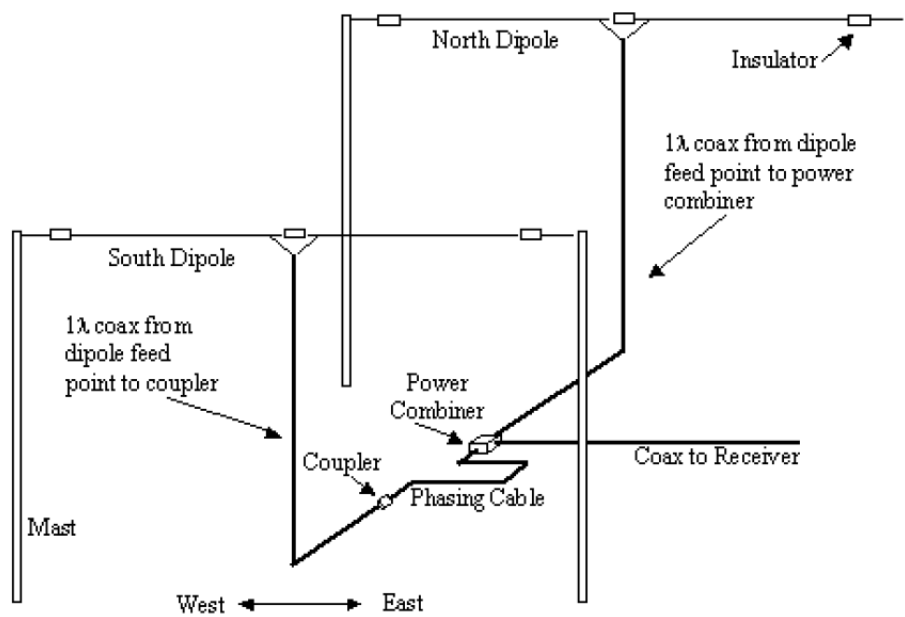
Εικόνα 3.2: Ο τρόπος κατασκευής ενός διπόλου.

Το ομοαξονικό καλώδιο που χρησιμοποιήσαμε ως γραμμή μεταφοράς του σήματος από την κεραία ως τον δέκτη είναι RG-59. Έχει 75 ohms αντίσταση, μείωση ισχύος σήματος 1.5 dB ανά 100 ft. στα 20.1 MHz και παράγοντα ταχύτητας 0.66.

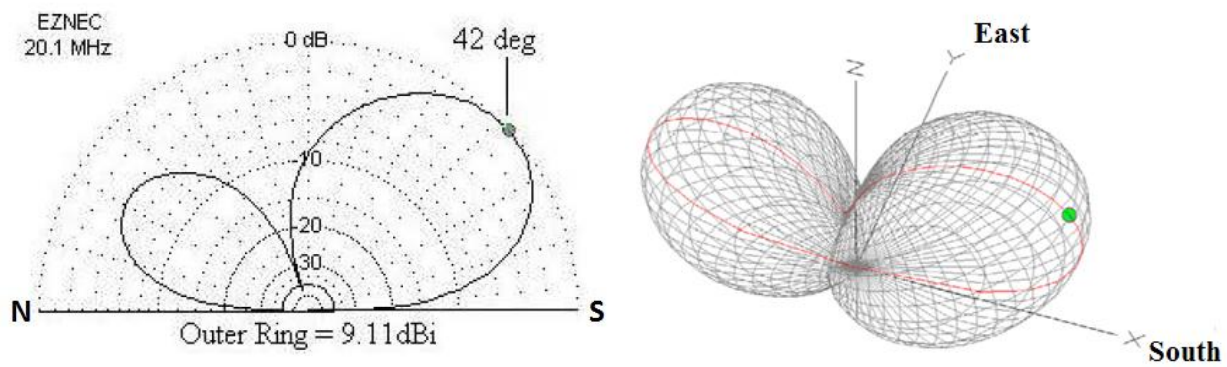
Το ραδιοτηλεσκόπιο έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να κάνει μεσημβρινές παρατηρήσεις των στόχων του τοποθετώντας τα δίπολα σε διεύθυνση Ανατολής – Δύσης. Επίσης η περιοχή της μέγιστης απολαβής του σήματος στον ουρανό καθορίζεται από το ύψος της κεραίας και από τη διαφορά φάσης που τοποθετούμε με τη χρήση ενός συμπληρωματικού ομοαξόνικου καλωδίου στο ένα δίπολο. Όσο πιο ψηλά τοποθετούμε το δίπολο τόσο το σημείο αυτό πλησιάζει τον οριζοντα και η διαφορά φάσης εξαρτάται από το υποπολλαπλάσιο του μήκους κύματος που παρατηρούμε που τοποθετούμε στο ένα δίπολο. Το διάγραμμα κεραίας του ραδιοτηλεσκοπίου που κατασκευάσαμε φαίνεται στην Εικόνα 3.5



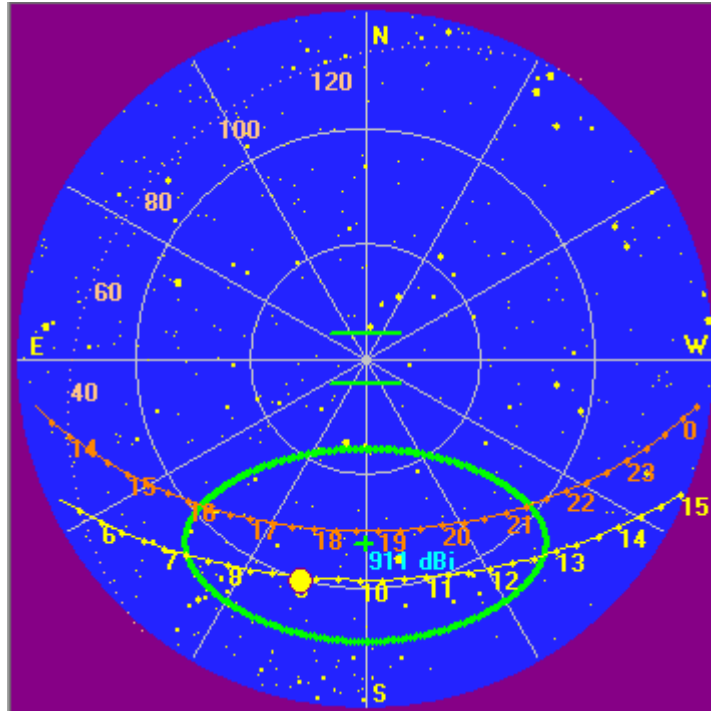
Εικόνα 3.3: Μπορούμε να αλλάξουμε το διάγραμμα κεραίας με την τοποθέτηση ενός καλωδίου διαφοράς φάσης στο ένα δίπολο.



Εικόνα 3.4: Το σχεδιάγραμμα του ραδιοτηλεσκοπίου που κατασκευάσαμε.



Εικόνα 3.5: Το διάγραμμα κεραίας του ραδιοτηλεσκοπίου που κατασκευάσαμε.



Εικόνα 3.6: Η θέση του κύριου λοβού του τηλεσκοπίου μας στον ουρανό.

Η κεραία τοποθετήθηκε στην πίσω αυλή του Αστεροσκοπείου και έχει συντεταγμένες $40^{\circ}37'50''.06$ Βόρεια και $22^{\circ}57'33''.3$ Ανατολικά. Η τοποθεσία αυτή βρέθηκε ότι είναι αρκετά ήσυχη στις συχνότητες που παρατηρούμε εκτός από 2-3 ώρες τη μέρα που λαμβάναμε έναν ραδιοφωνικό σταθμό ο οποίος εμπόδιζε τελείως τις παρατηρήσεις μας.



Εικόνα 3.7: Η κεραία στημένη στην αυλή του Αστεροσκοπείου

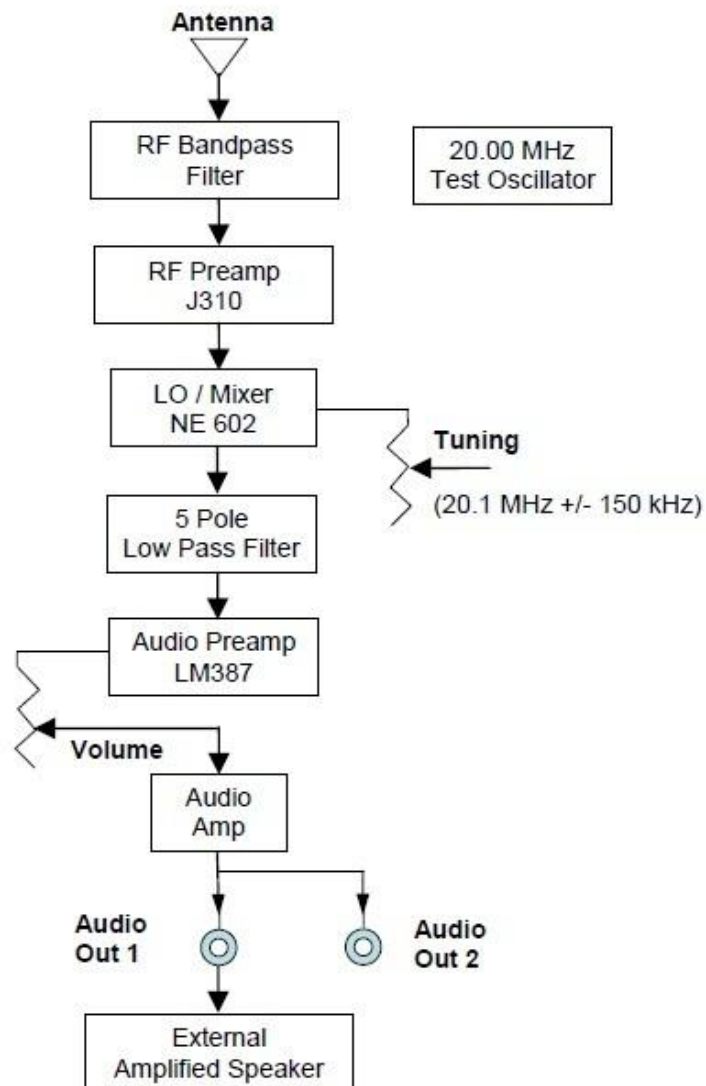


Εικόνα 3.8: Λεπτομέρεια της προηγούμενης φωτογραφίας

3.2 Σχεδίαση και χαρακτηριστικά δέκτη

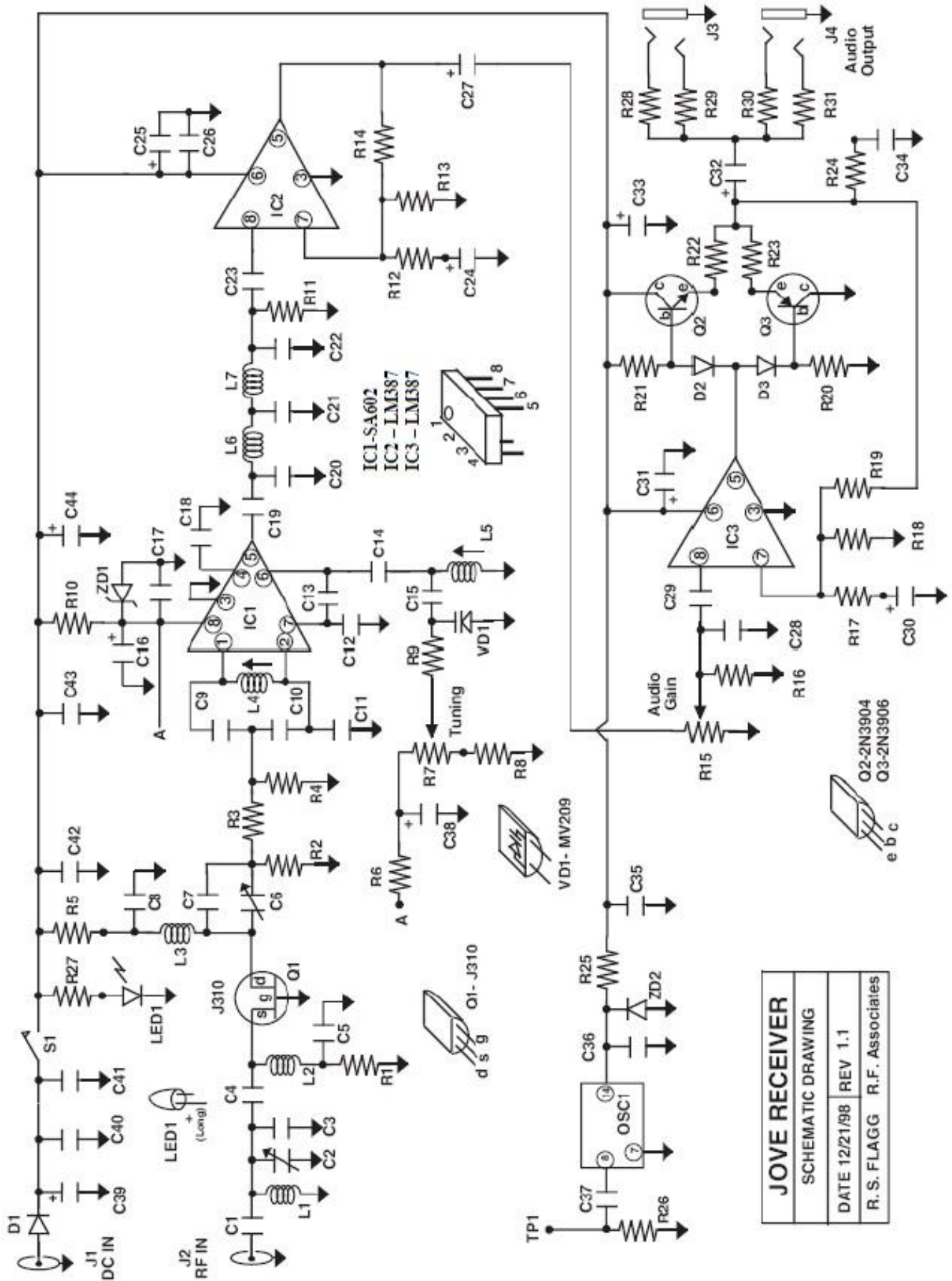
Ο δέκτης που κατασκευάστηκε για την εργασία είναι ένας βραχέων ραδιοκυμάτων superheterodyne δέκτης. Η σχεδίαση του βασίζεται στο πρόγραμμα Radio Jove και τα περισσότερα κομμάτια που τον απαρτίζουν αγοράστηκαν από τη σελίδα του προγράμματος. Ο δέκτης έχει την δυνατότητα να ενισχύει τα ασθενή ουράνια ραδιοφωνικά σήματα και να τα μετατρέπει σε ακουστικές συχνότητες με ισχύ τέτοια ώστε να μπορούν να ακουστούν από ακουστικά ή ηχεία. Το σύστημα είναι σχεδιασμένο για να λειτουργεί σε μια στενή περιοχή συχνοτήτων γύρω από τα 20.1 MHz.

Τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένας τέτοιος δέκτης είναι απλά και φαίνονται στην παρακάτω Εικόνα. Καταλαβαίνουμε έτσι τι γίνεται στο σήμα από τη στιγμή που το λαμβάνουμε μέχρι τη στιγμή που το ακούμε.



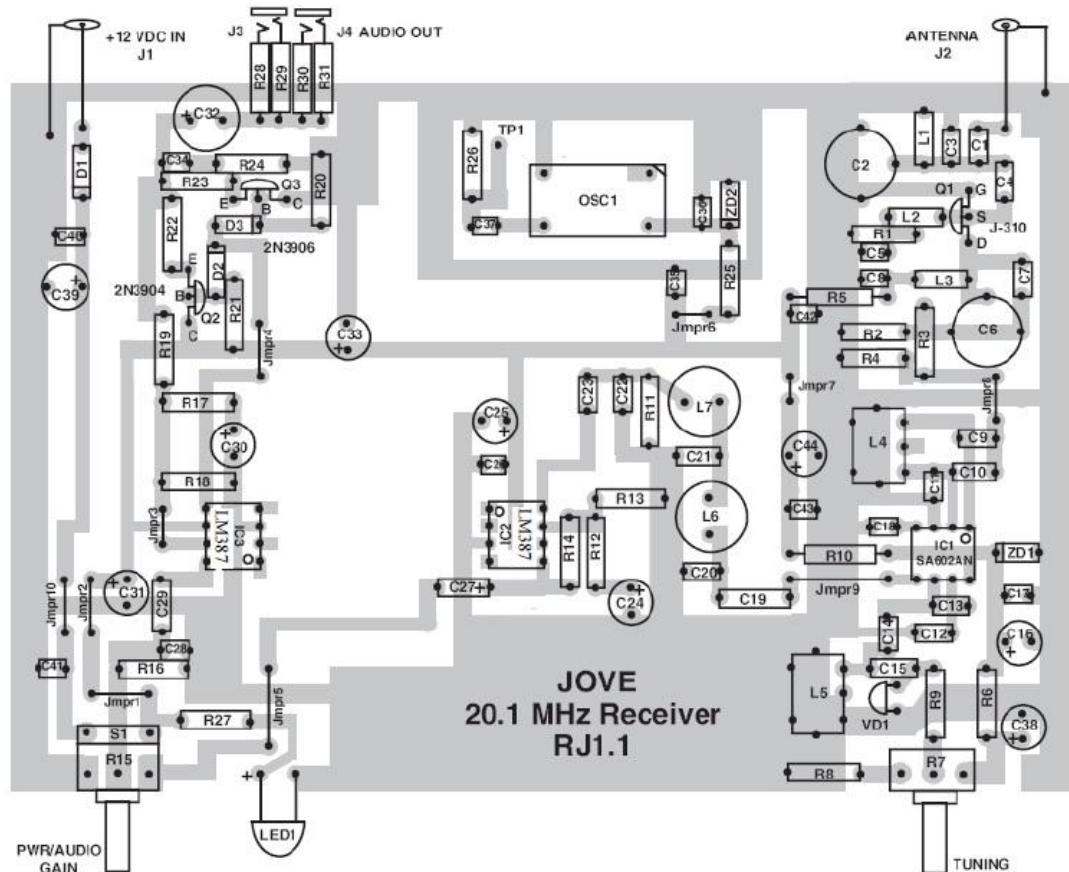
Εικόνα 3.9: Το διάγραμμα λειτουργίας του δέκτη.

Μια πιο λεπτομερή εικόνα του πως λειτουργεί ο δέκτης μπορούμε να έχουμε κοιτώντας το διάγραμμα του κυκλώματος του δέκτη στην παρακάτω Εικόνα

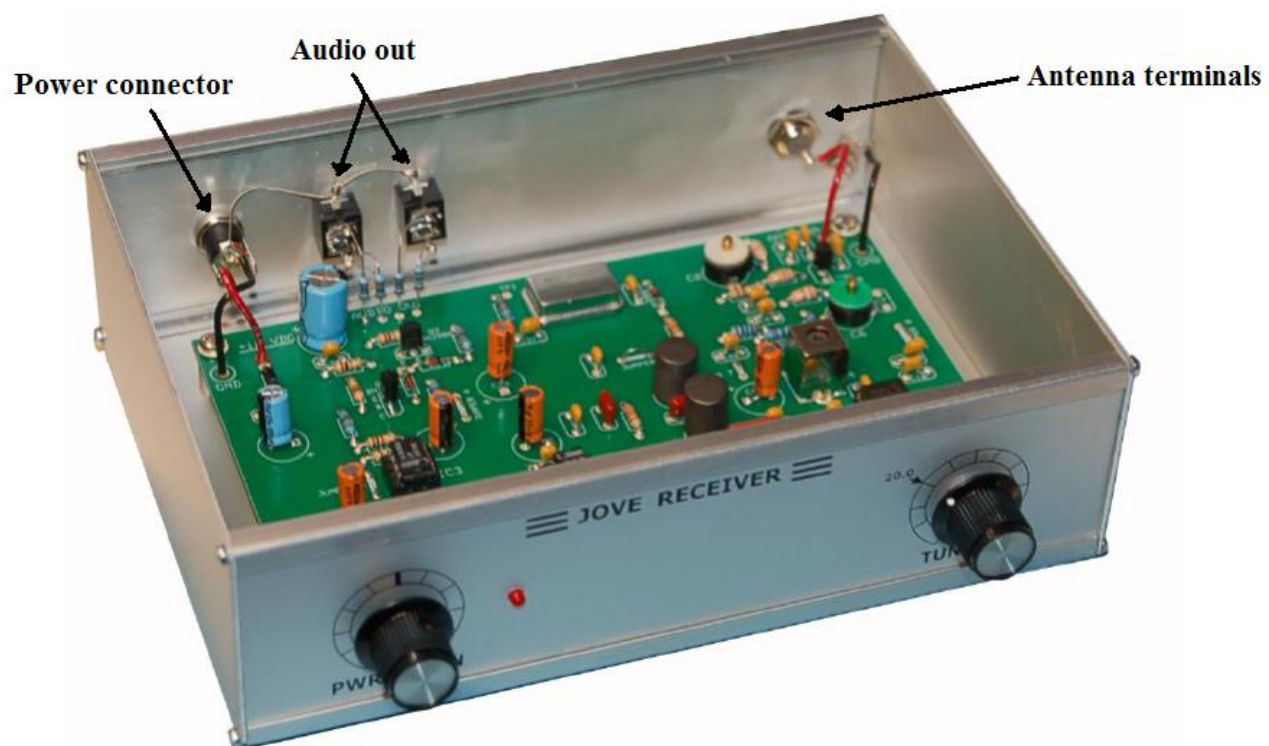


Εικόνα 3.10: Το διάγραμμα του κυκλώματος του δέκτη.

Τα υλικά από τα οποία αποτελείται ο δέκτης τοποθετούνται πάνω σε μία τυπωμένη πλακέτα όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.11. Η τάση λειτουργίας του δέκτη είναι 12 Volts DC και καταναλώνει ρεύμα 60 mA.

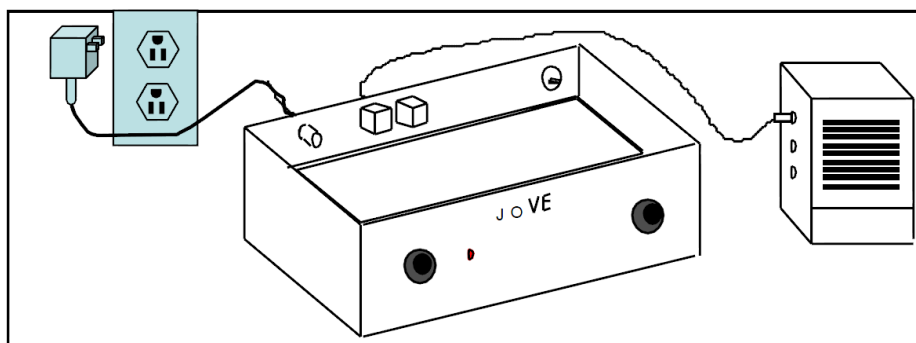


Εικόνα 3.11: Η τυπωμένη πλακέτα του δέκτη.



Εικόνα 3.12: Απόψεις του ολοκληρωμένου δέκτη.

Μετά την κατασκευή του δέκτη, τον ρυθμίσαμε πρόχειρα σύμφωνα με τις οδηγίες που διαθέταμε για να λειτουργεί στα 20.1 MHz όταν ο δείκτης συντονισμού βρίσκεται στην θέση «12». Αυτό γίνεται μέσω του κρυσταλλικού ταλαντωτή των 20 MHz που περιέχει.

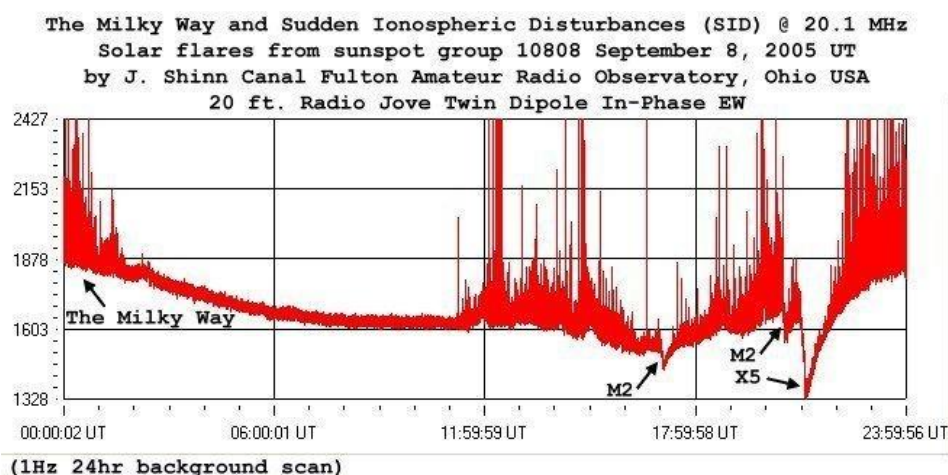


Εικόνα 3.13: Το στήσιμο του συστήματος για την ρύθμιση μετά την κατασκευή του δέκτη.

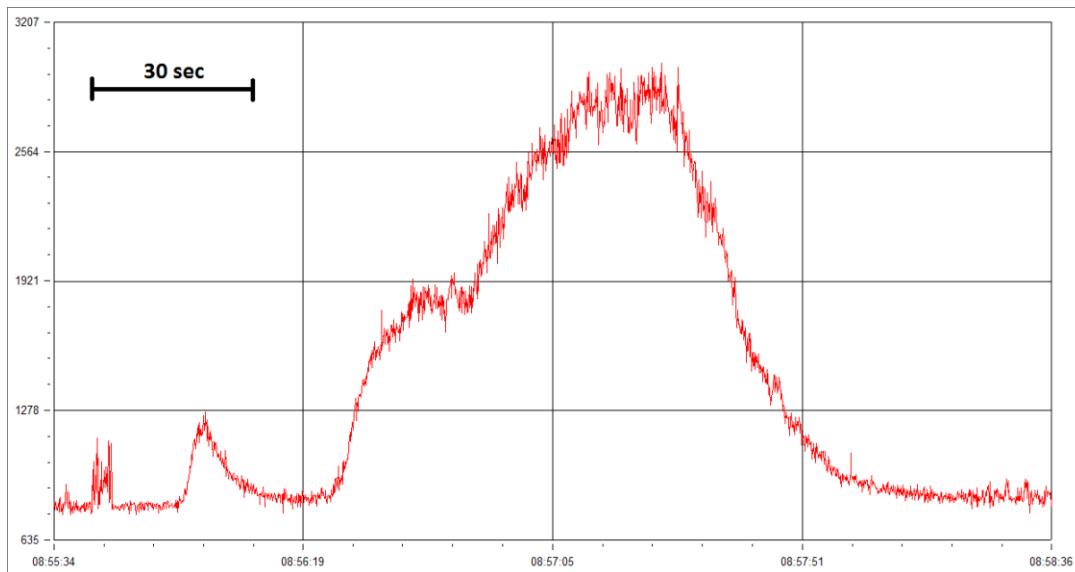
Ο τελικός έλεγχος για τη σωστή λειτουργία του δέκτη έγινε με την κεραία. Όταν ήταν αποσυνδεδεμένη το σήμα χαμήλωνε σε ένταση από ότι όταν ήταν συνδεδεμένη.

3.3 Λογισμικό

Τα προγράμματα που χρησιμοποιήσαμε για την καταγραφή των παρατηρήσεών μας είναι τρία. Το Radio SkyPipe II για την καταγραφή και αποθήκευση του σήματος, το Radio Jupiter Pro 3 για την πρόβλεψη εκρήξεων ραδιοφωνικής ακτινοβολίας από το σύστημα Διά-Ιους και το Loop Recorder Pro 2.06 για την συνεχή καταγραφή του ήχου που λαμβάνουμε.

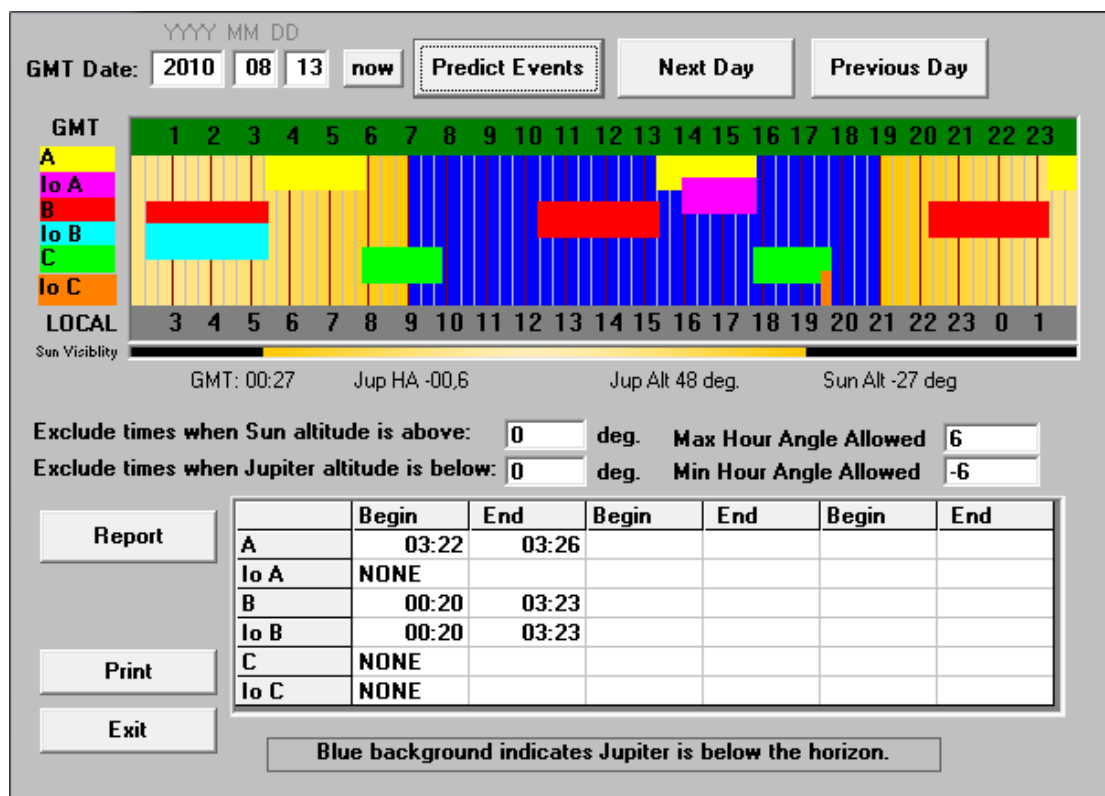


Εικόνα 3.14: Μια εικόνα από το Radio SkyPipe από έναν άλλο σταθμό Radio Jove.

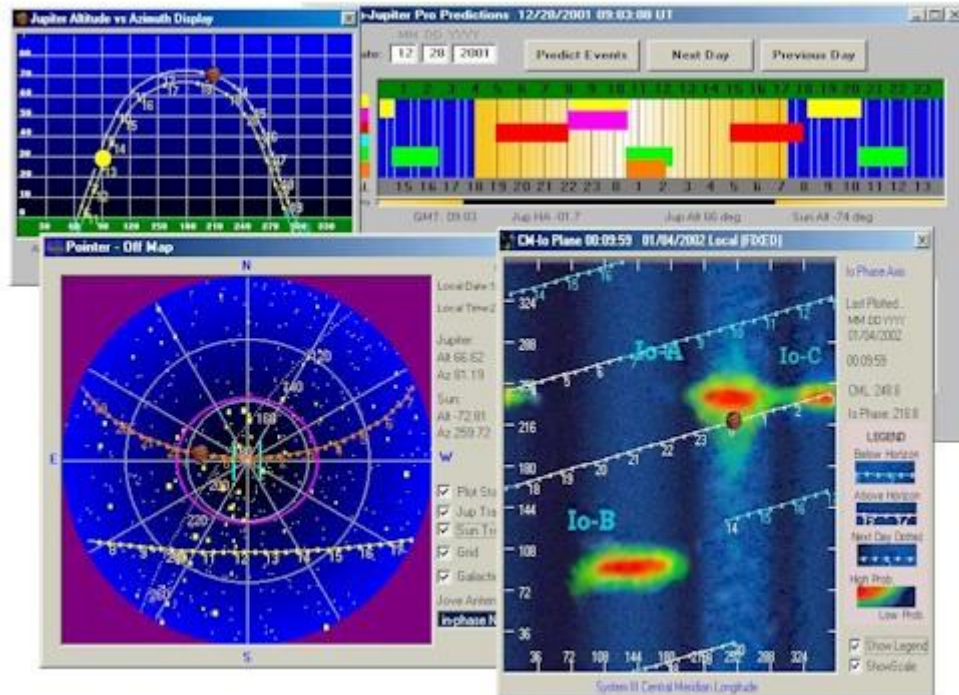


Εικόνα 3.15: Μια ηλιακή ραδιοφωνική έκρηξη όπως καταγράφηκε από το σταθμό μας.

Για την καλύτερη αρχειοθέτηση των παρατηρήσεων τα ονόματα των αρχείων περιέχουν όλες τις πληροφορίες για την ημερομηνία και ώρα της παρατήρησης.

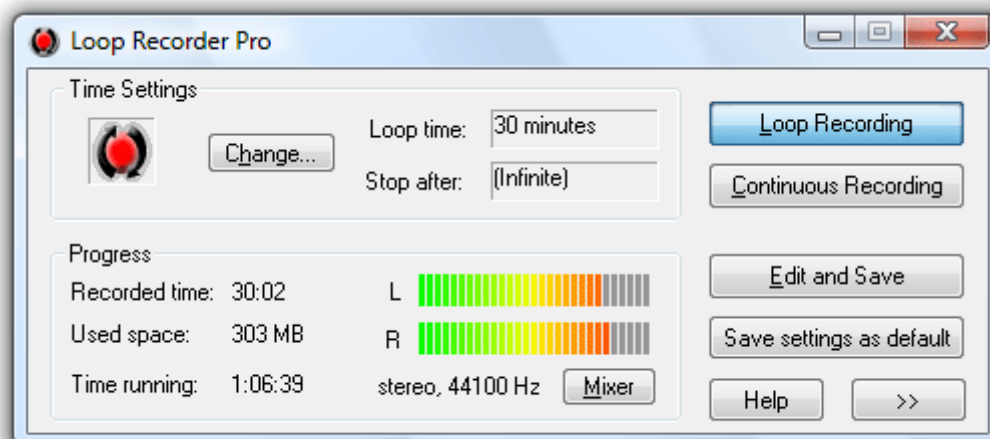


Εικόνα 3.16: Μια πρόβλεψη από το Radio Jupiter Pro 3.



Εικόνα 3.17: Το Radio Jupiter Pro 3 είναι ένα πολύχρησιμο πρόγραμμα με πολλές δυνατότητες.

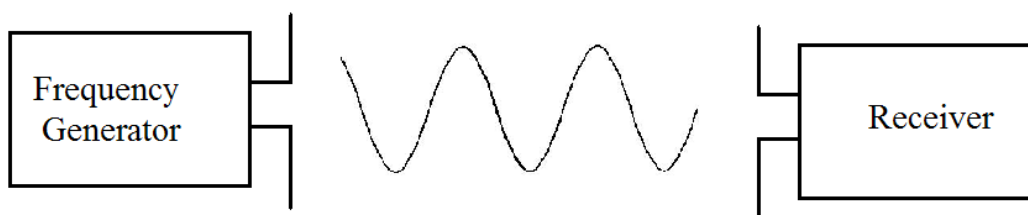
Η καταγραφή του ήχου με το Loop Recorder Pro γίνεται για την επιβεβαίωση ότι το σήμα που καταγράφουμε είναι ηλιακό και όχι κάποια τοπική παρεμβολή. Το καθένα από αυτά παράγει και τον δικό του χαρακτηριστικό ήχο.



Εικόνα 3.18: Μια εικόνα από το Loop Recorder Pro.

3.4 Βαθμονόμηση συστήματος

Το σύστημα βαθμονομήθηκε ώστε να γνωρίζουμε ανα πάσα στιγμή την υπο παρατήρηση συχνότητα και επίσης να λαμβάνουμε τις μετρήσεις μας εκφρασμένες σε θερμοκρασία κεραίας. Η βαθμονόμηση του δείκτη επιλογής της συχνότητας του δέκτη έγινε στο εργαστήριο ηλεκτρονικών του Α.Π.Θ. με τη βοήθεια του καθηγητή Θεόδωρου Λαόπουλου και με υλικά του εργαστηρίου. Η βαθμονόμηση του συστήματος για να λαμβάνουμε τις μετρήσεις μας σε θερμοκρασία κεραίας έγινε με τη βοήθεια της πηγής θορύβου RF2080 C/F.

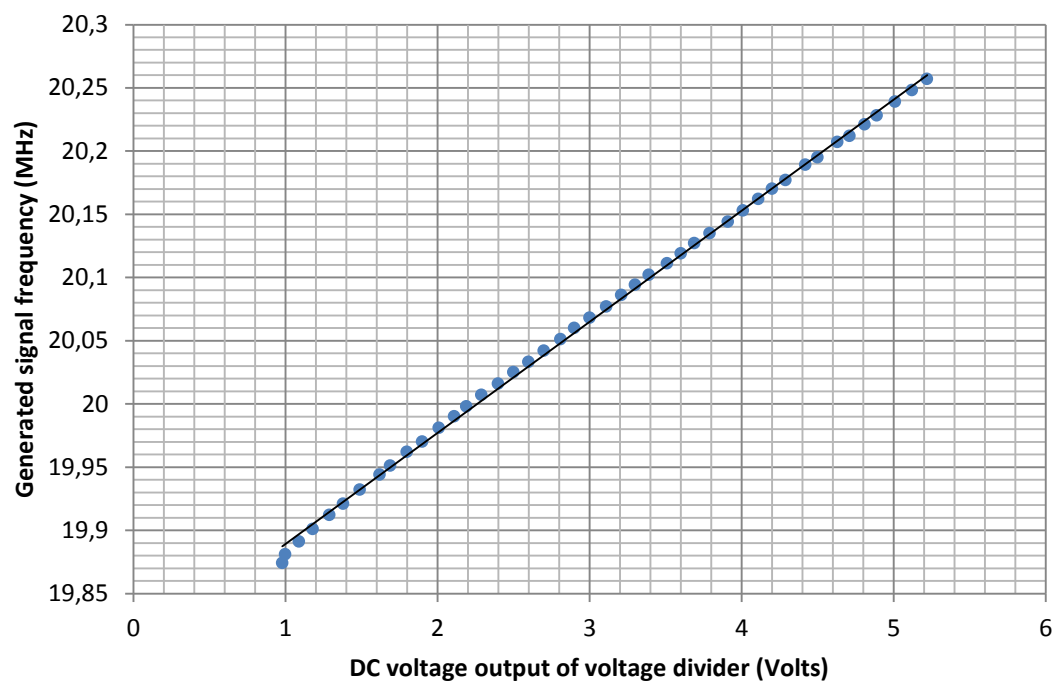


Εικόνα 3.19: Η βαθμονόμηση του δείκτη επιλογής συχνότητας βασίζεται σε μια πολύ απλή ιδέα.

Πίνακας αποτελεσμάτων της βαθμονόμησης του δείκτη επιλογής συχνότητας.

Συχνότητα παραγόμενου σήματος από την πηγή συχνοτήτων (MHz)	DC τάση εξόδου του διαίρετη τάσης που ρυθμίζει την συχνότητα (Volts)
19,874	0,98
19,881	1
19,891	1,09
19,901	1,18
19,912	1,29
19,921	1,38
19,932	1,49
19,944	1,62
19,951	1,69
19,962	1,8
19,97	1,9
19,981	2,01
19,99	2,11
19,998	2,19
20,007	2,29
20,016	2,4
20,025	2,5

20,033	2,6
20,042	2,7
20,051	2,81
20,06	2,9
20,068	3
20,077	3,11
20,086	3,21
20,094	3,3
20,102	3,39
20,111	3,51
20,119	3,6
20,127	3,69
20,135	3,79
20,144	3,91
20,153	4,01
20,162	4,11
20,17	4,2
20,177	4,29
20,189	4,42
20,195	4,5
20,207	4,63
20,212	4,71
20,221	4,81
20,228	4,89
20,239	5,01
20,248	5,12
20,257	5,22



Εικόνα 3.20: Τα αποτελέσματα της βαθμονόμησης.

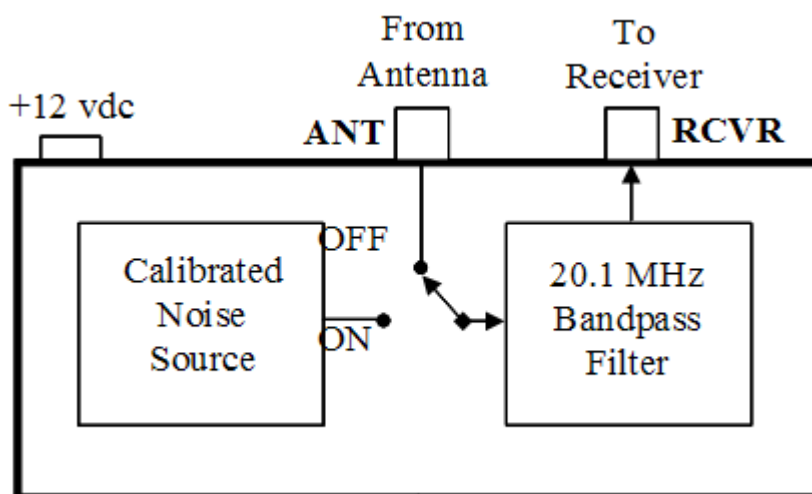


Εικόνα 3.21: Η πηγή θορύβου RF2080 C/F.

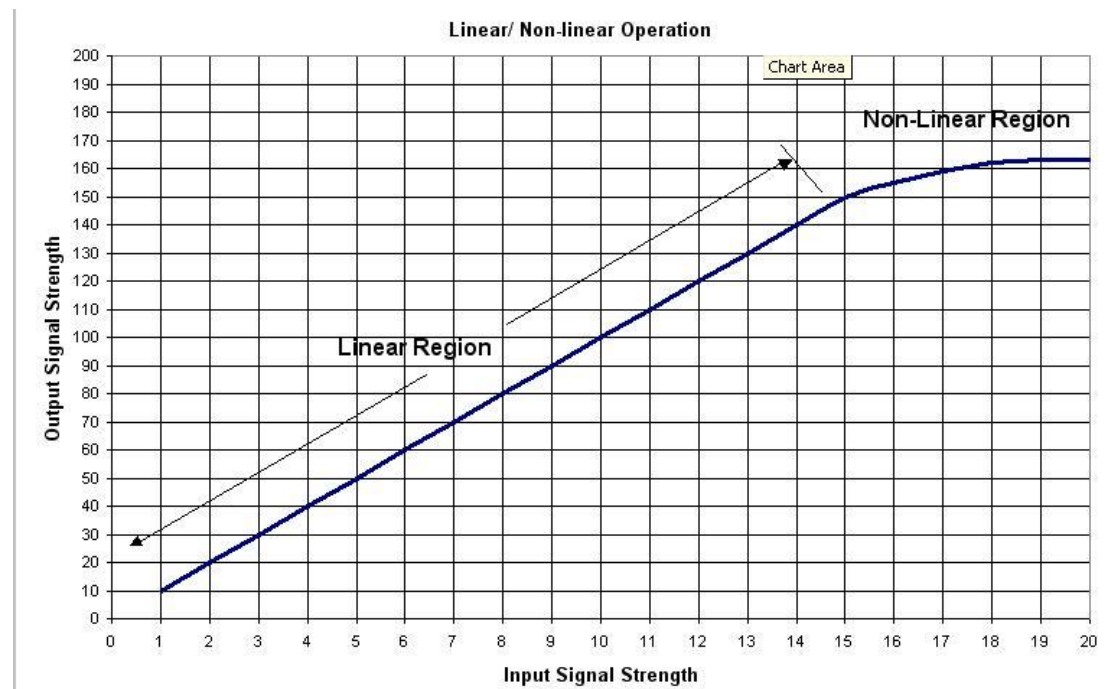
Η βαθμονόμηση του συστήματος για να λαμβάνει τις μετρήσεις σε θερμοκρασία κεραιάς βασίζεται στην εξίσωση

$$P = kBT$$

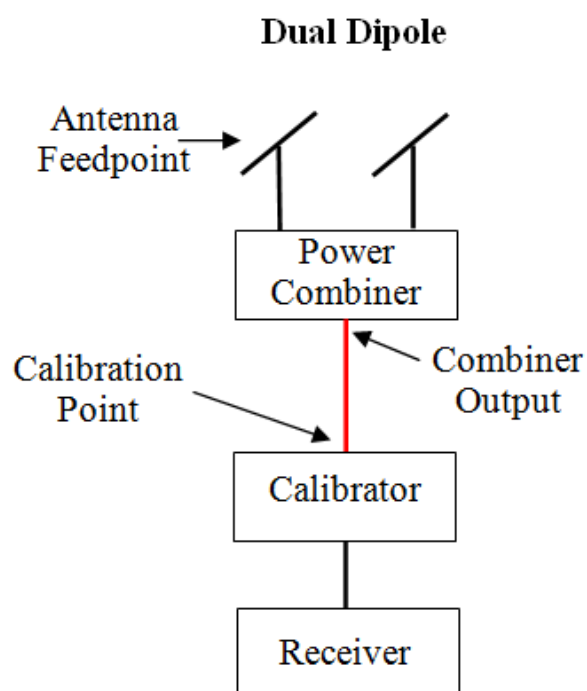
όπου P είναι η ισχύς του σήματος σε watts, k είναι η σταθερά του Boltzmann ($1.38 \cdot 10^{-27} \text{ J/K}$), B είναι το εύρος συχνοτήτων του δέκτη σε Hz και T η θερμοκρασία θορύβου της πηγής σε K. Εφόσον εγκαταστήθηκε σωστά το σύστημα για την βαθμονόμηση βρέθηκε ότι το επίπεδο θορύβου στην περιοχή της κεραιάς είναι περίπου 50 χιλιάδες βαθμοί. Αυτό είναι αρκετά χαμηλό επίπεδο εάν σκεφτούμε ότι μια ηλιακή έκρηξη αντιστοιχεί σε θερμοκρασία περίπου 250 χιλιάδες βαθμοί σε αυτές τις συχνότητες. Η πηγή θορύβου RF2080 C/F περιέχει επίσης ένα φίλτρο συχνοτήτων για την παρεμπόδιση εισχώρισης παρεμβολών στο σύστημα.



Εικόνα 3.22: Οι επιλογές ON και OFF της πηγής θορύβου RF2080 C/F.



Εικόνα 3.23: Οι περιοχές λειτουργίας του δέκτη.



Εικόνα 3.24: Το στήσιμο του συστήματος κατά τη βαθμονόμησή του Radio SkyPipe.

Κεφάλαιο 4

Παρατηρήσεις-Αποτελέσματα

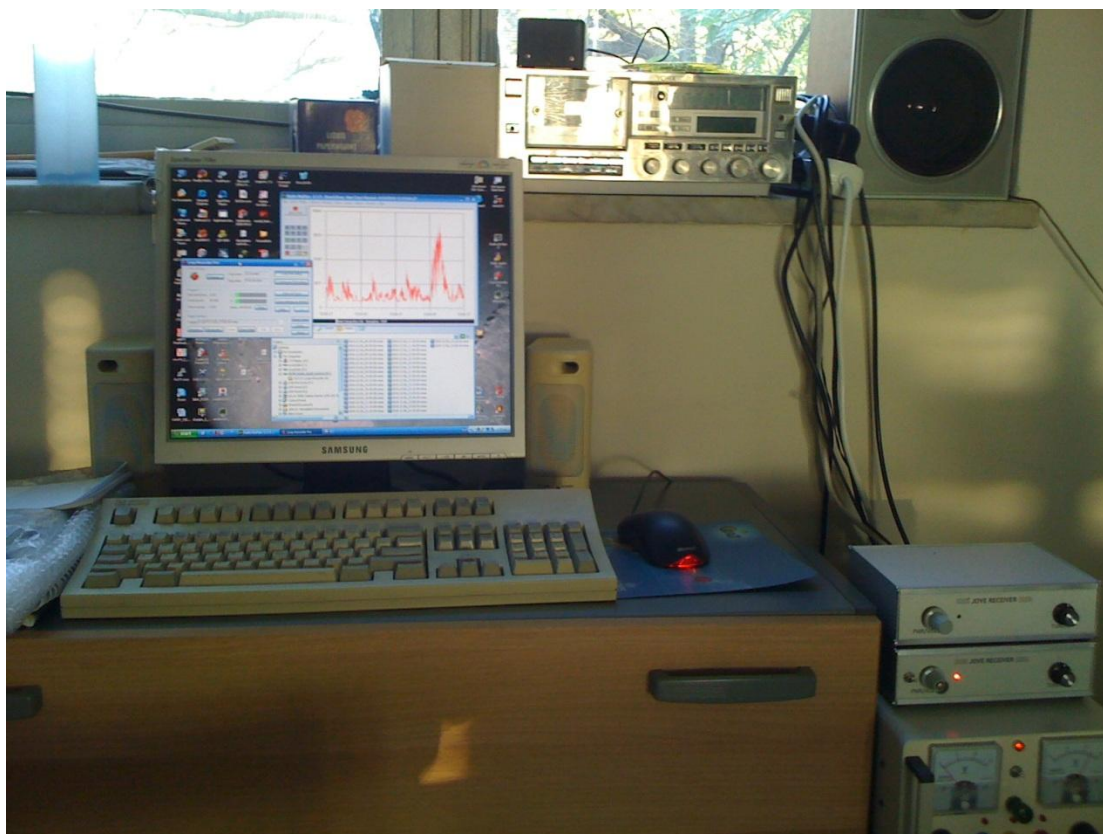
4.1 Επιβεβαίωση μιας παρατήρησης

Η επιβεβαίωση των παρατηρήσεών μας έγινε με την άμεση σύγκριση με άλλους σταθμούς χαμηλής συχνότητας στον κόσμο καθώς και με παρατηρήσεις των φαινομένων σε άλλες συχνότητες και συγκεκριμένα στα οπτικά μέσω των δεδομένων του δορυφόρου SDO της NASA και στις ακτίνες X μέσω των δεδομένων του δορυφόρου GOES 14 της NOAA.

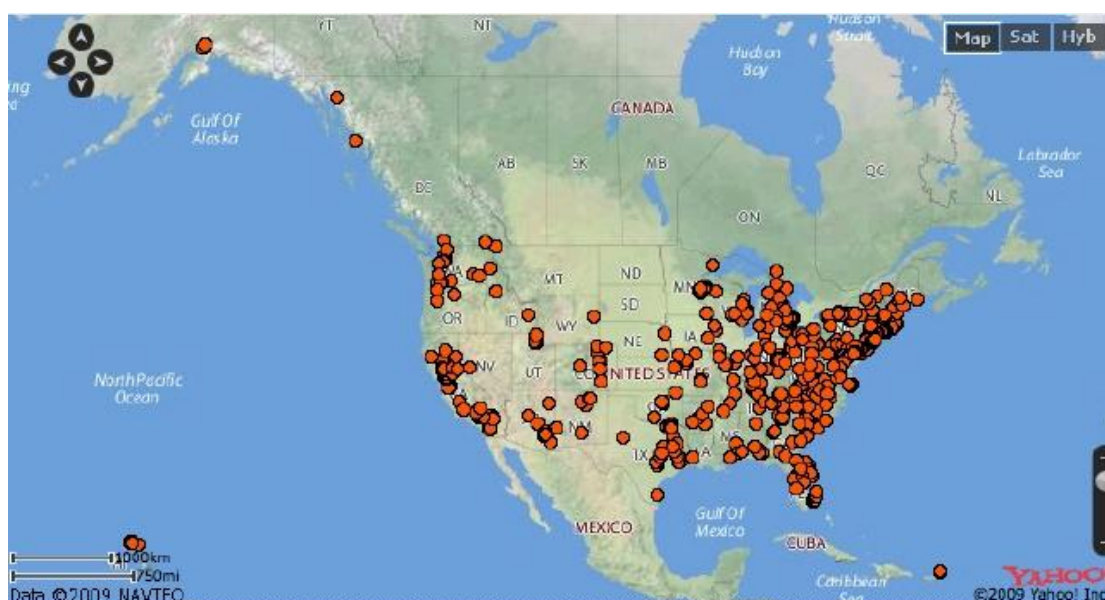


Εικόνα 4.1: Οι πρώτες παρατηρήσεις έγιναν μέσω ενός φορητού σταθμού που στήναμε δίπλα στην κεραία κάθε φορά που θέλα με να παρατηρήσουμε.

Το σύστημα καταγράφει συνεχώς τα δεδομένα που παίρνει από τις αρχές Ιουλίου 2010 μέχρι και σήμερα.



Εικόνα 4.2: Ο μόνιμος σταθμός παρατηρήσεων που βρίσκεται μέσα στο Αστεροσκοπείο.

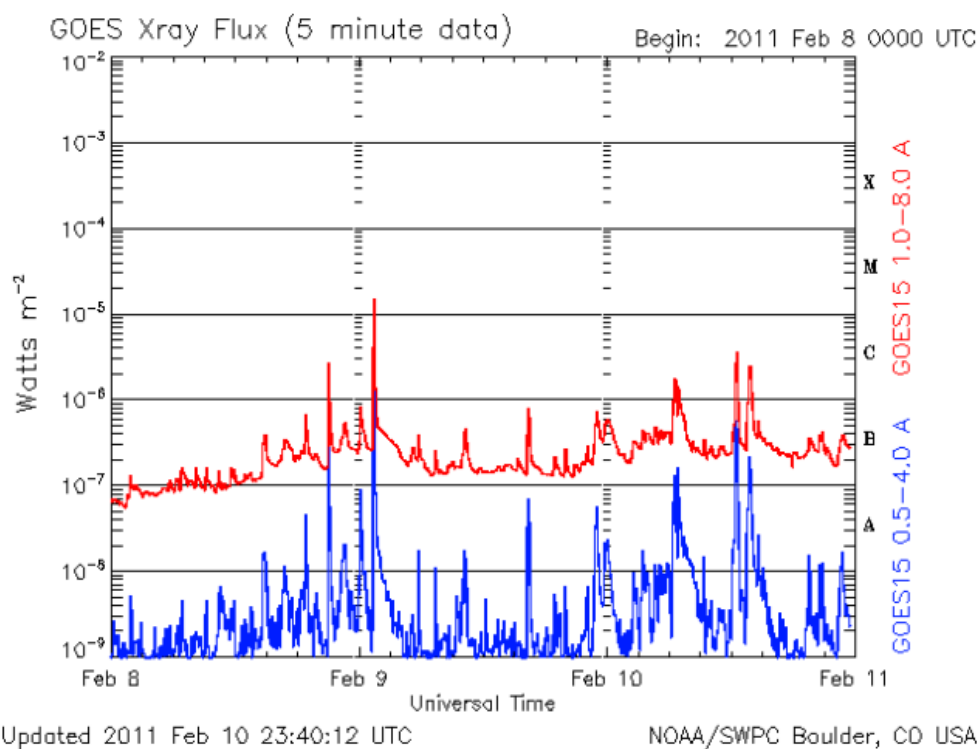


Εικόνα 4.3: Η κατανομή των σταθμών Radio Jove στις Η.Π.Α.

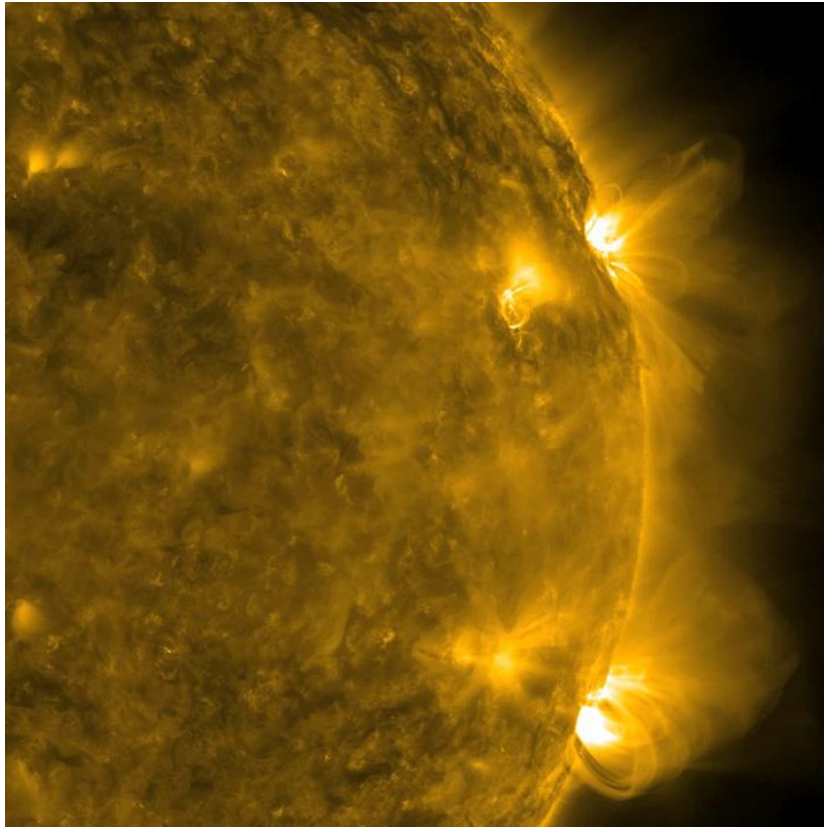
Data Products Key	
	Image File Available
	SkyPipe File Available
	Text File Available
	Sound File Available

FIRST_NAME	LAST_NAME	SCHOOL/OBS	START_DATE	START_TIME	STOP_DATE	STOP_TIME	OBJECT	STORM_TYPE	FREQUENCY	DATA PRODUCTS
Dave	Typinski	AJ4CO Observatory	01/20/2011	1748	01/20/2011	1752	Sun	Unknown	20.1	  
Dave	Typinski	AJ4CO Observatory	01/20/2011	1748	01/20/2011	1752	Sun	Unknown	18-24	 

Εικόνα 4.4: Μία αναφορά μιας επιτυχημένης παρατήρησης από έναν άλλο σταθμό Radio Jove.



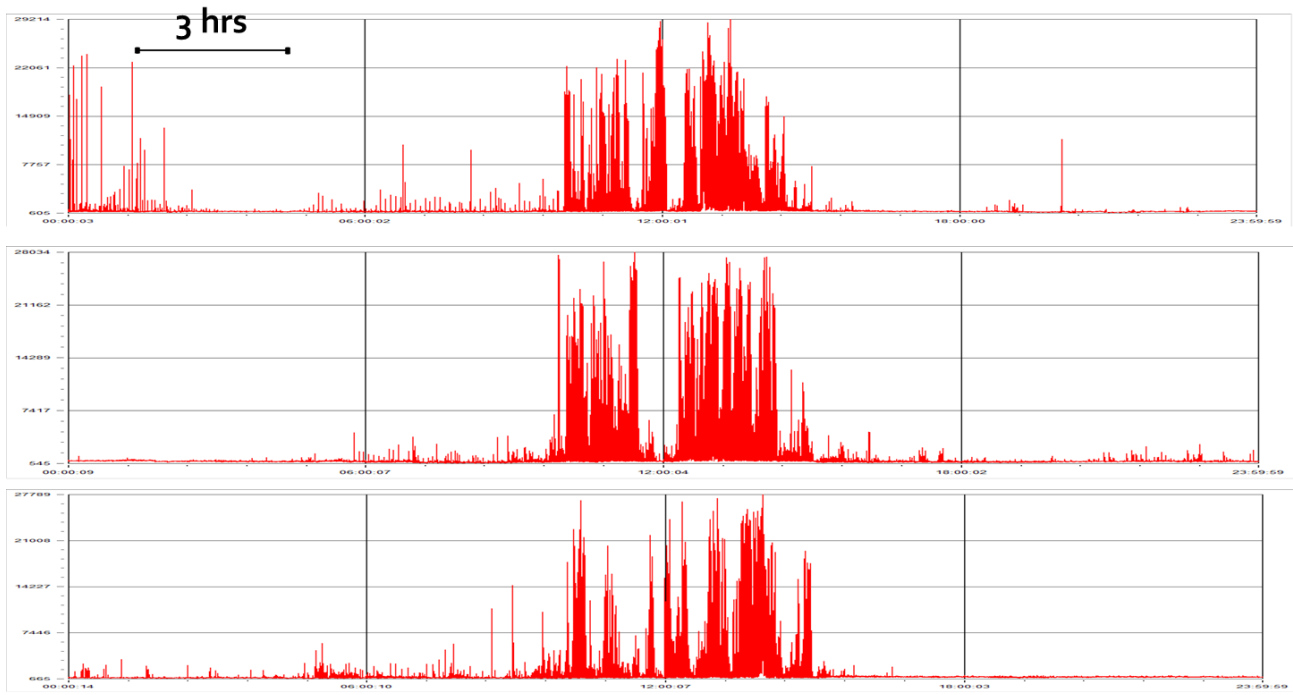
Εικόνα 4.5: Ο δορυφόρος GOES 14 παρατηρεί συνεχώς την πυκνότητα ροής των ακτίνων X που εκπέμπονται από τον Ήλιο.



Εικόνα 4.6: Ο δορυφόρος SDO της NASA καταγράφει συνεχώς εικόνες υψηλής ευκρίνειας της φωτόσφαιρας του Ήλιου.

4.2 Παρεμβολές

Οι παρεμβολές που εμπόδιζαν τις παρατηρήσεις μας προέρχονταν είτε από κοντινές καταιγίδες είτε από τοπικές συσκευές που δεν είναι καλά μονωμένες ηλεκτρομαγνητικά. Η κυριότερη παρεμβολή είναι ένας ραδιοφωνικός σταθμός από το Μαρόκο που εμπόδιζε τις παρατηρήσεις μας για 2-3 ώρες κάθε μέρα.



Εικόνα 4.7: Οι καταγραφές μας από τρεις συνεχόμενες μέρες. Είναι φανερή η επιρροή της ραδιοφωνικής λήψης στις παρατηρήσεις μας. Στο πάνω αριστερό κομμάτι της εικόνας φαίνονται παρεμβολές από μια τοπική καταιγίδα.

4.3 Ηλιακές παρατηρήσεις

Από τις αρχές Ιουλίου 2010 μέχρι τα τέλη Οκτωβρίου 2010 καταγράφηκαν πάνω από 20 εκρήξεις, οι 15 από τις οποίες επιβεβαιώθηκαν με άλλους σταθμούς χαμηλής συχνότητας. Για 3 απο αυτές βρέθηκαν παρατηρήσεις και από το SDO και από τον GOES 14.

Παρατήρηση 1:

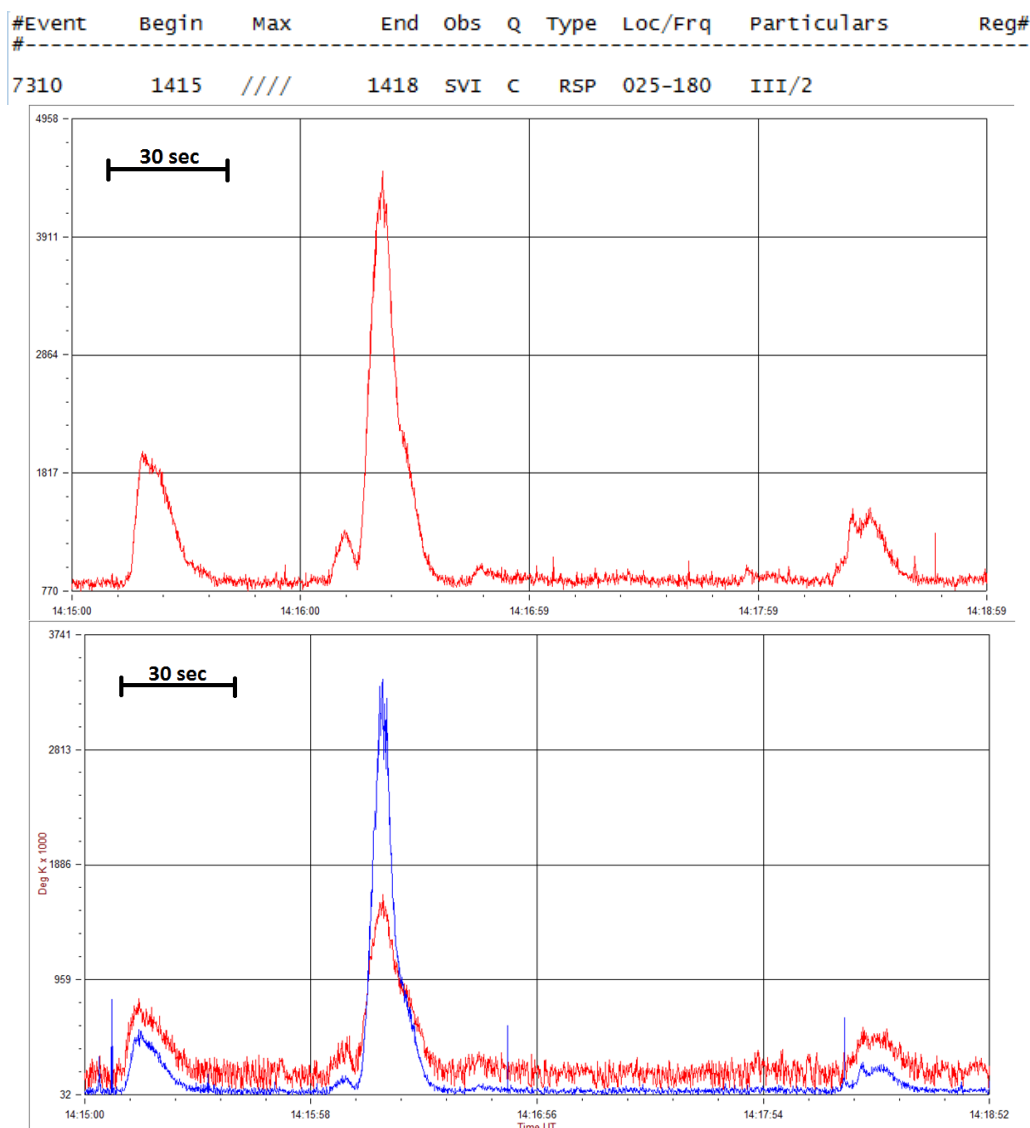
Ημερομηνία: 01-08-2010

Διάρκεια: 4 λεπτά

Τύπος έκρηξης: III

Λόγος σήματος προς θόρυβο: ~35

Μέγιστη θερμοκρασία κεραιάς: ~260000 K



Εικόνα 4.8: Το γεγονός της 1^{ης} Αυγούστου 2010. Η παρατήρησή μου είναι στο πάνω μέρος της εικόνας ενώ στο κάτω είναι η παρατήρηση από έναν άλλο σταθμό χαμηλής συχνότητας.

Παρατήρηση 2:

Ημερομηνία: 17-10-2010

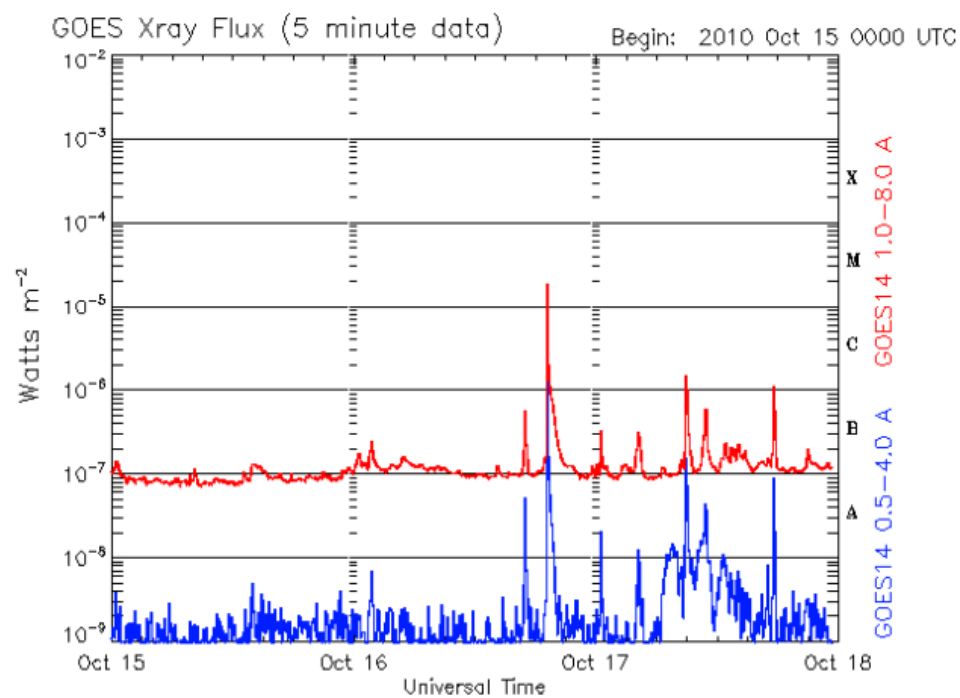
Διάρκεια: 2 λεπτά

Τύπος έκρηξης: III και V

Λόγος σήματος προς θόρυβο: ~47

Μέγιστη θερμοκρασία κεραίας: ~185000 K

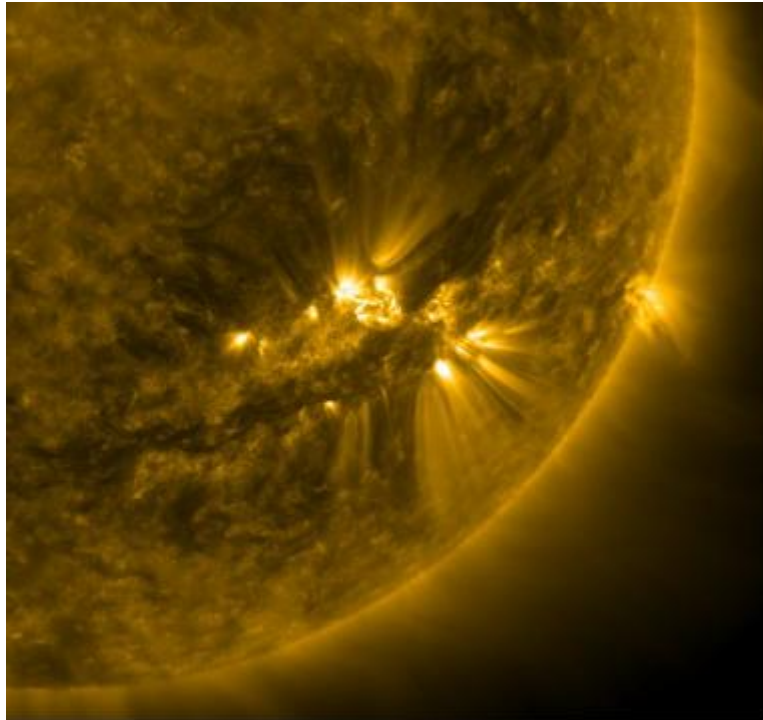
Event	Begin	Max	End	Obs	Q	Type	Loc/Frq	Particulars	Reg#
6790 +	0826	0830	0833	G14	5	XRA	1-8A	B1.7 4.8E-05	1112
6800 +	0852	0859	0908	G14	5	XRA	1-8A	C1.7 1.1E-03	1112
6800 +	0855	////	0856	SVI	C	RSP	025-180	III/1	1112
6800 +	0856	////	0858	SVI	C	RSP	025-180	V/2	1112
6800 +	B0906	U0907	A0928	SVI	3	FLA	S19W31	SF ERU	1112



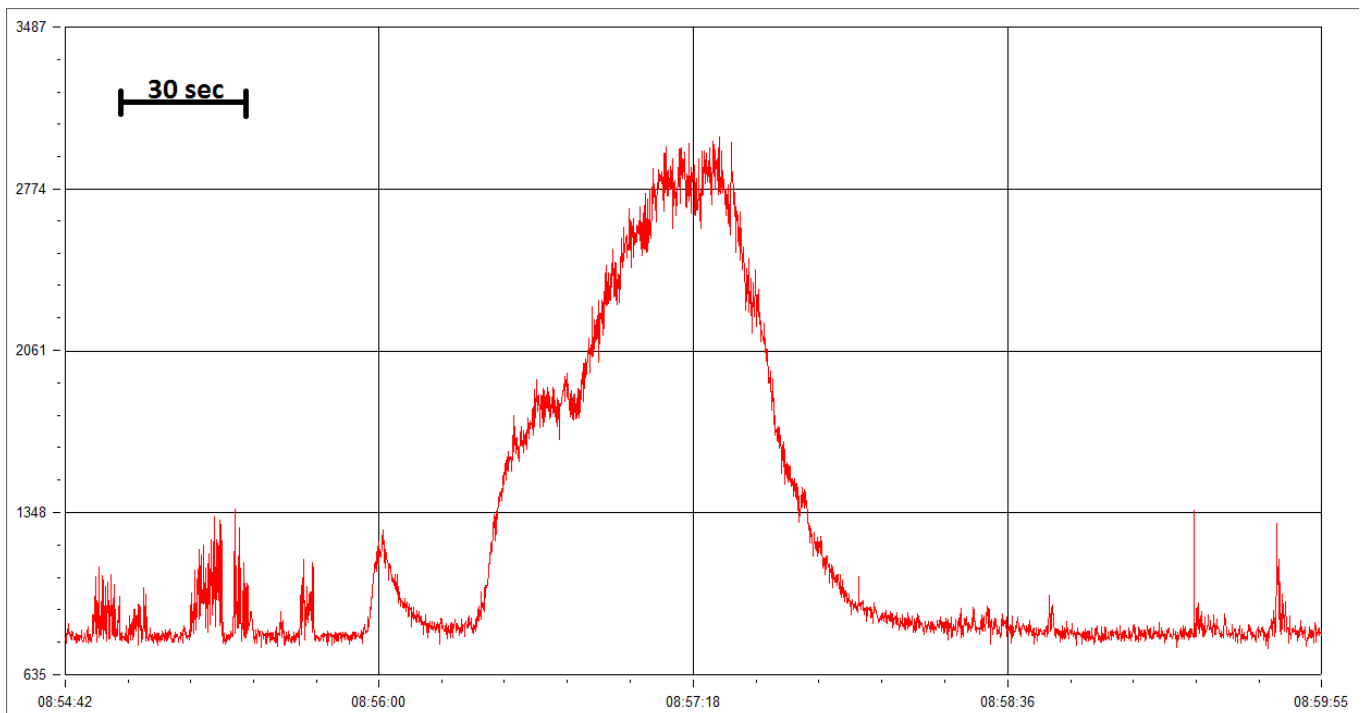
Updated 2010 Oct 17 23:35:12 UTC

NOAA/SWPC Boulder, CO USA

Εικόνα 4.9: Η αναφορά της NOAA για το γεγονός της 17^{ης} Οκτωβρίου 2010.



Εικόνα 4.10: Μια φωτογραφία του SDO της περιοχής που παρατηρήθηκε η έκρηξη της 17^{ης} Οκτωβρίου 2010.



Εικόνα 4.11: Η καταγραφή μου του γεγονότος της 17^{ης} Οκτωβρίου 2010.

Παρατήρηση 3:

Ημερομηνία: 14-08-2010

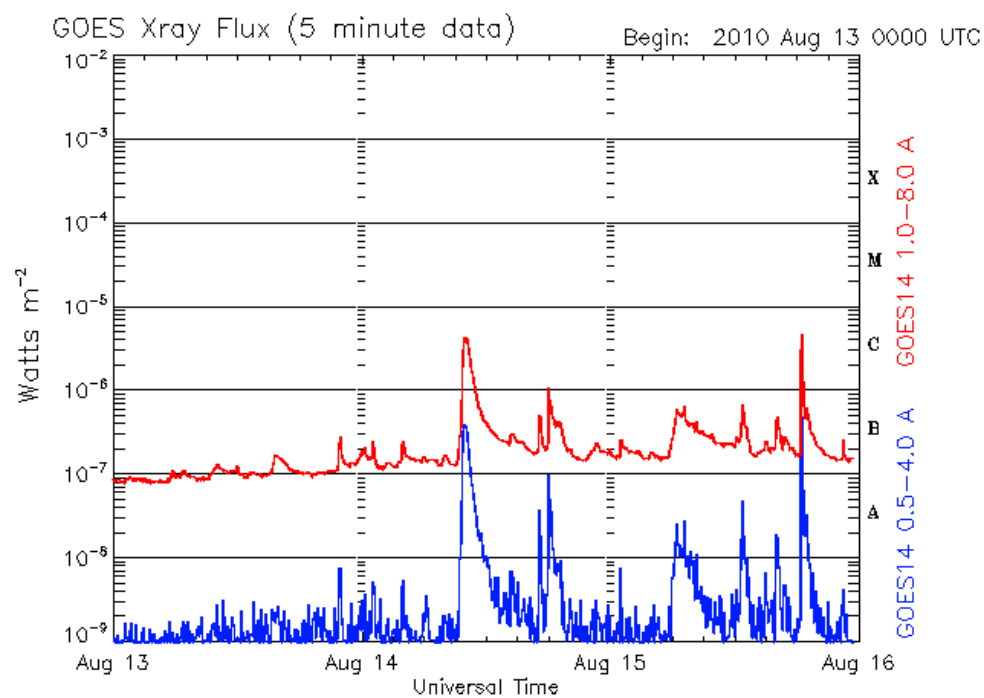
Διάρκεια: 5 λεπτά

Τύπος έκρηξης: II

Λόγος σήματος προς θόρυβο: ~62

Μέγιστη θερμοκρασία κεραίας: ~240000 K

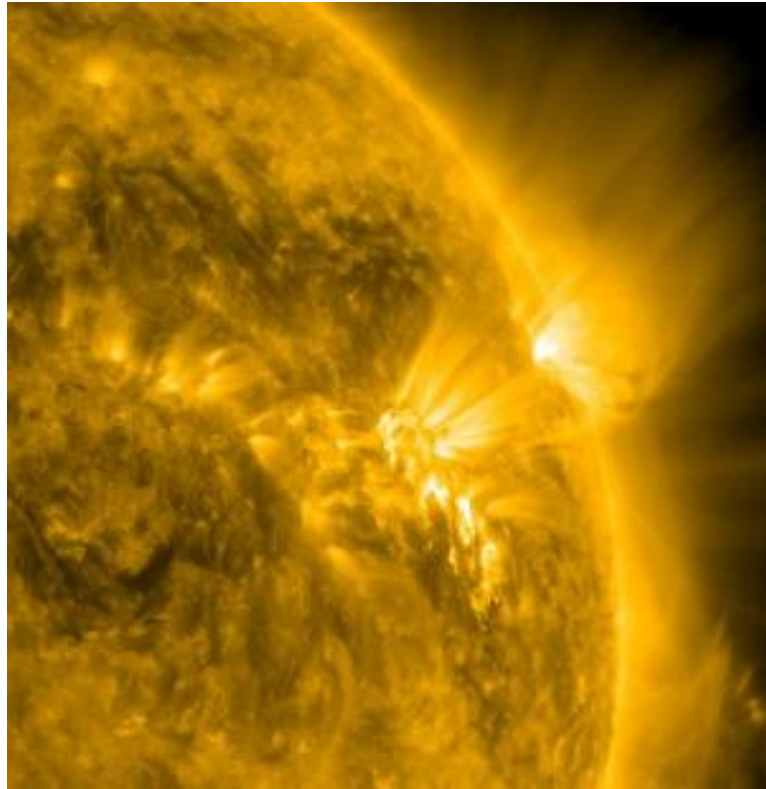
#Event #	Begin	Max	End	Obs	Q	Type	Loc/Frq	Particulars		Reg#
2540 +	0938	1005	1031	G14	5	XRA	1-8A	C4.4	9.9E-03	1099
2570	0939	1000	1030	SVI	3	FLA	N11W53	SF	ERU	1093
2540 +	0941	0959	1110	SVI	3	FLA	N17W52	SF	ERU	1099
2540	0952	////	1009	SVI	C	RSP	30-80	II/1	406	1099



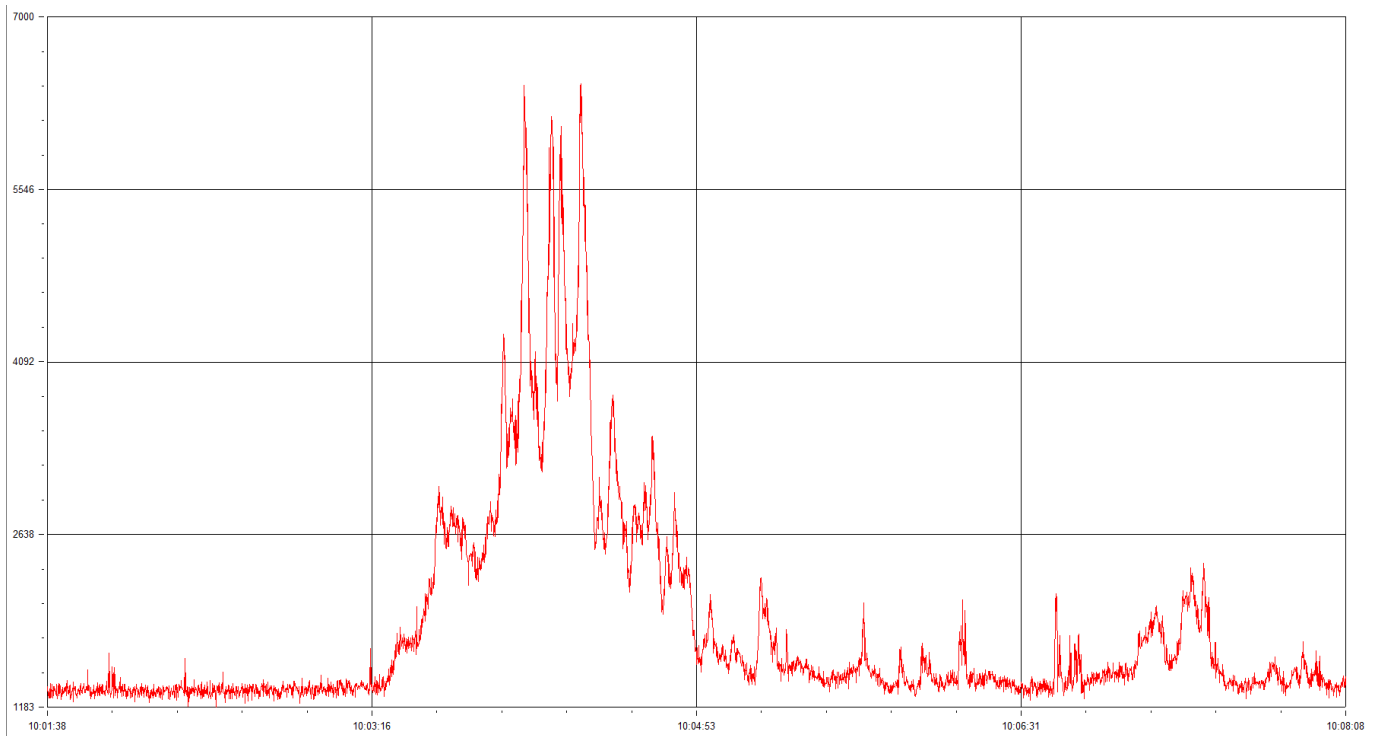
Updated 2010 Aug 15 23:35:12 UTC

NOAA/SWPC Boulder, CO USA

Εικόνα 4.12: Η αναφορά της NOAA για το γεγονός της 14ης Αυγούστου 2010.

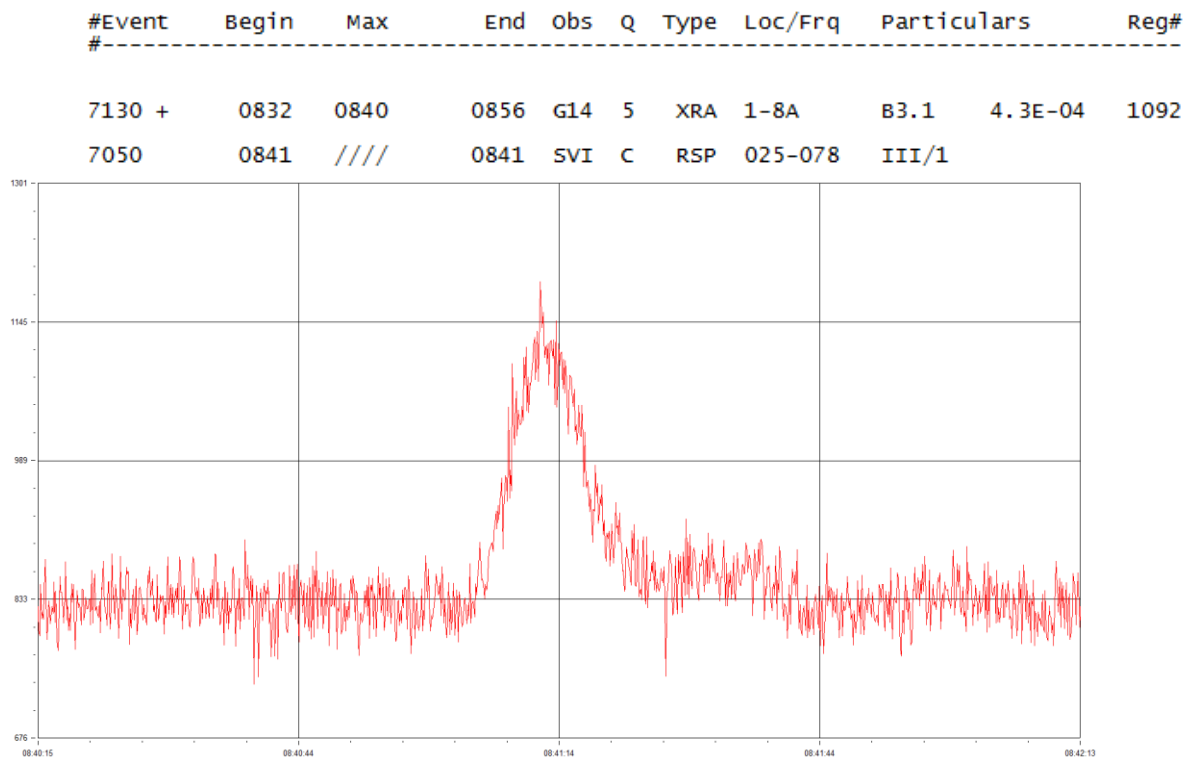


Εικόνα 4.13: Μια φωτογραφία του SDO της περιοχής που παρατηρήθηκε η έκρηξη της 14^{ης} Αυγούστου 2010.

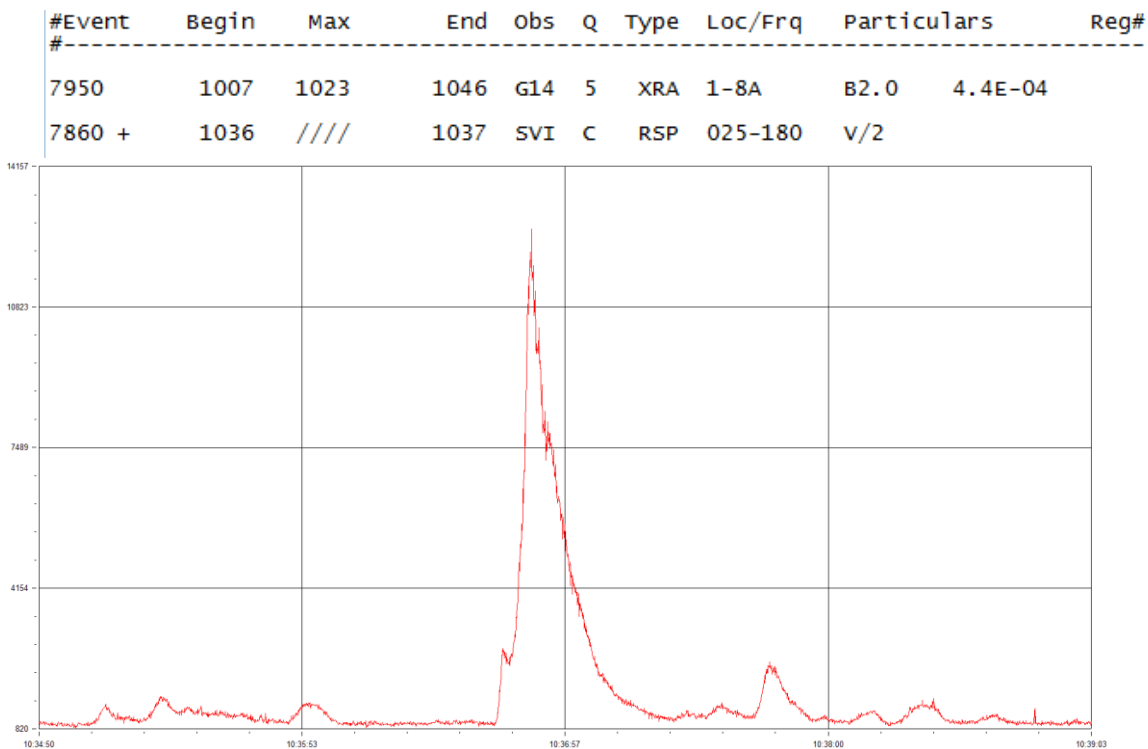


Εικόνα 4.14: Η καταγραφή μου του γεγονότος της 14^{ης} Αυγούστου 2010.

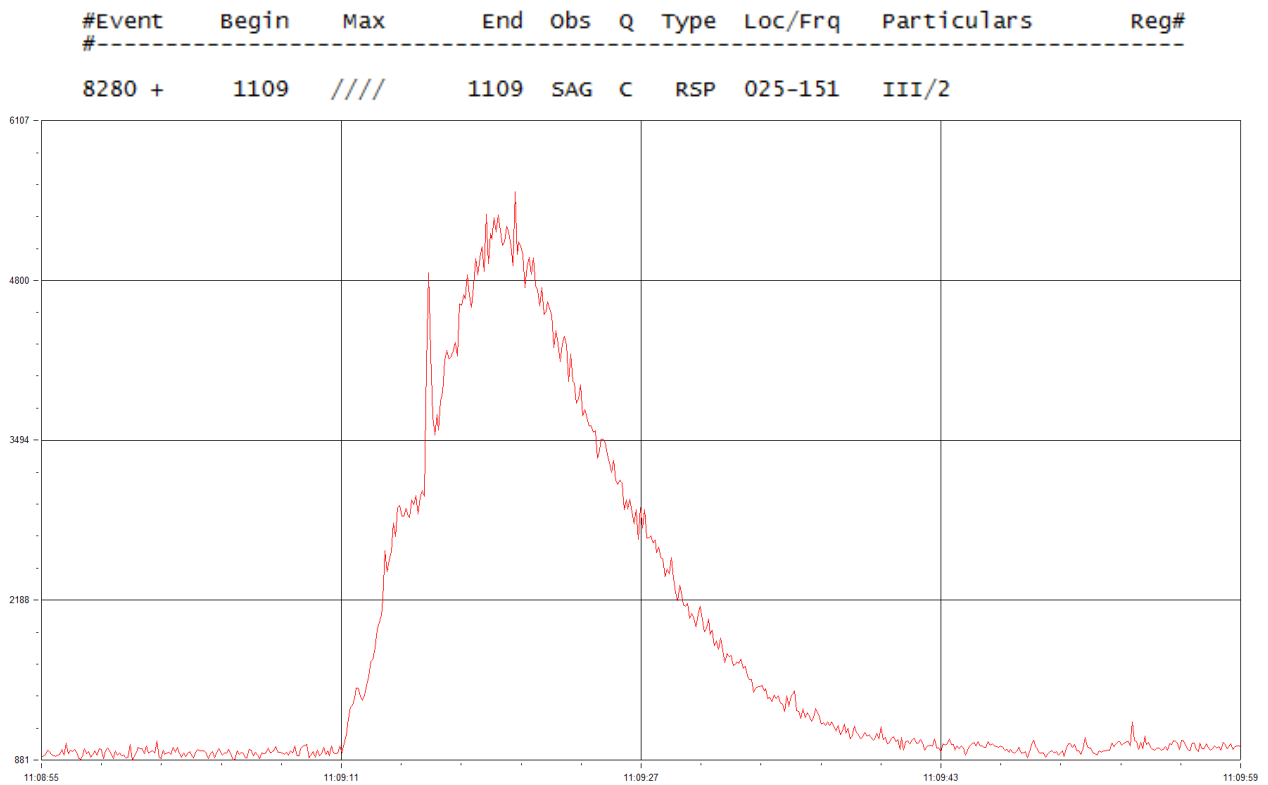
Και μερικές ακόμα παρατηρήσεις...



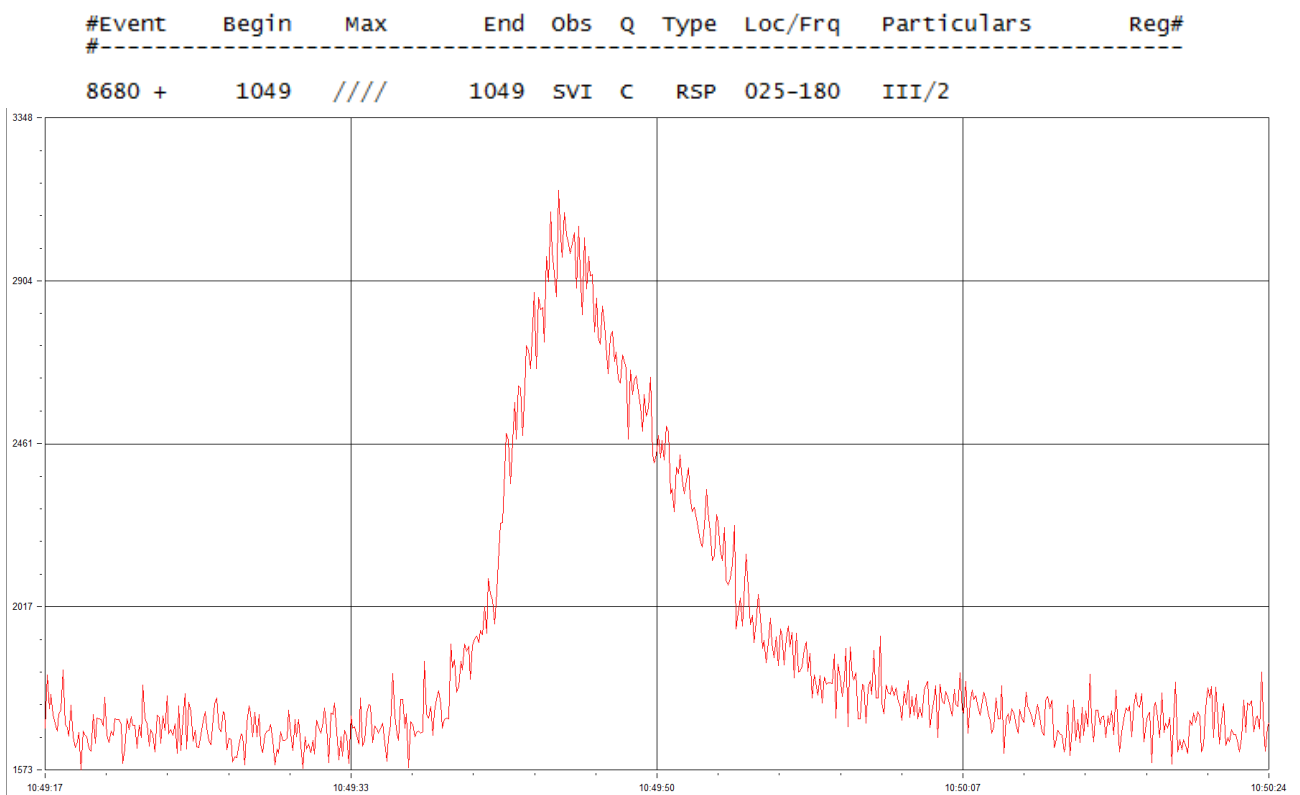
Εικόνα 4.15: Μια έκρηξη τύπου III που συνέβη στις 31 Ιουλίου 2010. Ο λόγος του σήματος προς τον θόρυβο είναι ~18 και η μέγιστη θερμοκρασία κεραίας είναι ~71000 K.



Εικόνα 4.15: Μια έκρηξη τύπου V που συνέβη στις 3 Αυγούστου 2010. Ο λόγος του σήματος προς τον θόρυβο είναι ~131 και η μέγιστη θερμοκρασία κεραίας είναι ~632000 K.



Εικόνα 4.15: Μια έκρηξη τύπου III που συνέβη στις 5 Αυγούστου 2010. Ο λόγος του σήματος προς τον θόρυβο είναι ~92 και η μέγιστη θερμοκρασία κεραίας είναι ~292000 K.



Εικόνα 4.15: Μια έκρηξη τύπου III που συνέβη στις 9 Αυγούστου 2010. Ο λόγος του σήματος προς τον θόρυβο είναι ~25 και η μέγιστη θερμοκρασία κεραίας είναι ~93000 K.

4.3 Συμπεράσματα

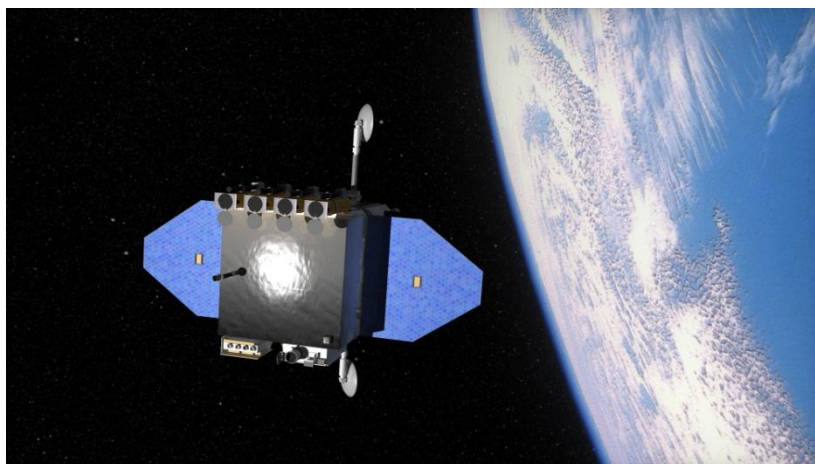
- Κατασκευάσαμε και εγκαταστήσαμε στο χώρο του Αστεροσκοπείου μια κεραία διάταξης φάσης χαμηλής συχνότητας αποτελούμενη από δύο δίπολα μισού κύματος
- Κατασκευάσαμε έναν ραδιοφωνικό δέκτη που λειτουργεί σε μια στενή περιοχή συχνοτήτων γύρω από τα 20.1 MHz
- Εγκαταστήσαμε στο Αστεροσκοπείο έναν σταθμό συνεχούς καταγραφής του σήματος που δέχεται η κεραία
- Βαθμονομήσαμε το σύστημά μας έτσι ώστε να γνωρίζουμε ακριβώς την υπό παρατήρηση συχνότητα καθώς και να λαμβάνουμε τις μετρήσεις μας κατευθείαν εκφρασμένες σε θερμοκρασία κεραίας
- Παρατηρήσαμε πολλές ηλιακές εκρήξεις ραδιοφωνικής ακτινοβολίας με το σύστημα που κατασκευάσαμε και επιβεβαιώσαμε τις παρατηρήσεις μας με δεδομένα παρατηρήσεων σε άλλα μήκη κύματος καθώς και παρατηρήσεων από άλλα ραδιοτηλεσκόπια χαμηλής συχνότητας
- Παρατηρήσαμε μερικές εκρήξεις ραδιοφωνικής ακτινοβολίας από το Δία με το σύστημα που κατασκευάσαμε και επιβεβαιώσαμε τις παρατηρήσεις μας με δεδομένα παρατηρήσεων από άλλα ραδιοτηλεσκόπια χαμηλής συχνότητας
- Δημιουργήσαμε ένα μεγάλο αρχείο καταγραφών και ήχου από τις αρχές Ιουλίου 2010 μέχρι σήμερα. Αναμένονται περισσότερες επιτυχείς παρατηρήσεις του Ήλιου και του Δία μετά την ανάλυση των δεδομένων αυτών
- Το σύστημα που κατασκευάσαμε αποτελεί ένα ειδικευτικό εργαλείο για φοιτητές που ενδιαφέρονται για τη Ραδιοαστρονομία. Με αυτό, μπορούν να κατανοήσουν τις βασικές έννοιες της Ραδιοαστρονομίας κάνοντας τις δικές τους παρατηρήσεις καθώς επίσης και να μάθουν πώς λειτουργεί ένα ραδιοτηλεσκόπιο με λεπτομέρεια
- Μια ενδιαφέρουσα αναβάθμιση του συστήματος που κατασκευάσαμε θα ήταν η εγκατάσταση μιας δεύτερης κεραίας για τη διεξαγωγή συμβολομετρικών παρατηρήσεων στις χαμηλές συχνότητες



Εικόνα 4.16: Μια φωτογραφία από το στήσιμο της κεραιάς.



Εικόνα 4.17: Ο δορυφόρος GOES 14 της NOAA.



Εικόνα 4.18: Ο δορυφόρος SDO της NASA

Βιβλιογραφία

1. *NASA's Radio JOVE Project*. [Online] <http://radiojove.gsfc.nasa.gov/>.
2. *Fringe Dwellers - Simple Radio Interferometry*. [Online] <http://fringes.org/>.
3. *SpaceWeather.com*. [Online] <http://www.spaceweather.com/>.
4. *SpaceWeatherLive.com*. [Online] <http://www.spaceweatherlive.com/>.
5. *NOAA's Solar Events Report*. [Online] <http://www.swpc.noaa.gov/ftpmenu/indices/events.html>.
6. *SDO | Solar Dynamics Observatory*. [Online] <http://sdo.gsfc.nasa.gov/>.
7. *Hawk's Nest Radio Astronomy Observatory*. [Online] <http://home.comcast.net/~starmanjb/dual.html>.
8. *Nice Observatory*. [Online] <http://rulivas.pagesperso-orange.fr/documentation.htm>.
9. *Radio JOVE Data Archive*. [Online] <http://jovearchive.gsfc.nasa.gov/>.
10. *Solar Monitor*. [Online] <http://www.solarmonitor.org/>.
11. *Thessaloniki Lightning Detection Station*. [Online] http://www.sv2bzq.gr/hystory_weather/stormvue.html.
12. [Online] http://en.wikipedia.org/wiki/Dipole_antenna.
13. *LOFAR*. [Online] <http://www.lofar.org/>.
14. *RadioJove at the International Space University*. [Online] <http://astro.u-strasbg.fr/~koppen/RJove/>.
15. *National Radio Astronomy Observatory (NRAO)*. [Online] <http://www.nrao.edu/>.
16. *Max Planck Institute of Radio Astronomy*. [Online] <http://www.mpifr-bonn.mpg.de/>.
17. *Argelander Institute for Astronomy*. [Online] <http://www.astro.uni-bonn.de/>.
18. *Τομέας Αστροφυσικής, Αστρονομίας και Μηχανικής του Τμήματος Φυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης*. [Online] <http://www.astro.auth.gr/>.
19. **Flagg, Richard S.** *JOVE RJ1.1 Receiver Kit Assembly Manual*. [Online] 2010. http://radiojove.gsfc.nasa.gov/telescope/rcvr_manual.pdf.
20. **Team, Radio JOVE Project.** *Radio JOVE RJ1.2 Antenna Kit Assembly Manual*. [Online] December 2004. http://radiojove.gsfc.nasa.gov/telescope/ant_manual.pdf.
21. **Associates, RF.** *RF 2080 C/F Manual*. [Online] January 2010. radiojove.gsfc.nasa.gov/telescope/RF%202080%20Manual.doc.

22. **Σειραδάκης, Ιωάννης Χ.** Εισαγωγή στη Ραδιοαστρονομία. *Θεσσαλονίκη* : Εκδόσεις Πλανητάριο, 2009. ISBN: 978-960-89049-7-2.
23. **Kraus, John D.** *Radio Astronomy*. Delaware, Ohio : Cygnus-Quasar Books, 1986. Library of Congress Catalog Card Number: 86-70011.
24. **Klein, Ulrich.** *Radio Astrnomy: tools, applications and impacts*. Bonn : Argelander Institute of Astronomy, 2006.
25. **Wilson, Thomas L., Rohlfs, Kristen and Huttemeister, Susanne.** *Tools of Radio Astrnomy*. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2009. ISBN: 978-3-540-85121-9.
26. **French, Robert S.** An Urban Radio Telescope for Jovian and Solar Emissions at 20.1 MHz. *Swinburne Astronomy Online*. [Online] November 2009.
<http://rfrench.org/astro/papers/P143-HET608-RobertFrench.pdf>.
27. **Atiani, Samer.** *Bachelor Thesis: Constructing a Radio Interferometer*. Guilford College : s.n., 2006.
28. *Report of a simple 2-Element Solar Radio Interferometer at Bleien Observatory.*
Monstein, C. and Meyer, H. Zurich : Physics, Astronomy and Electronics Work Bench, 2006.