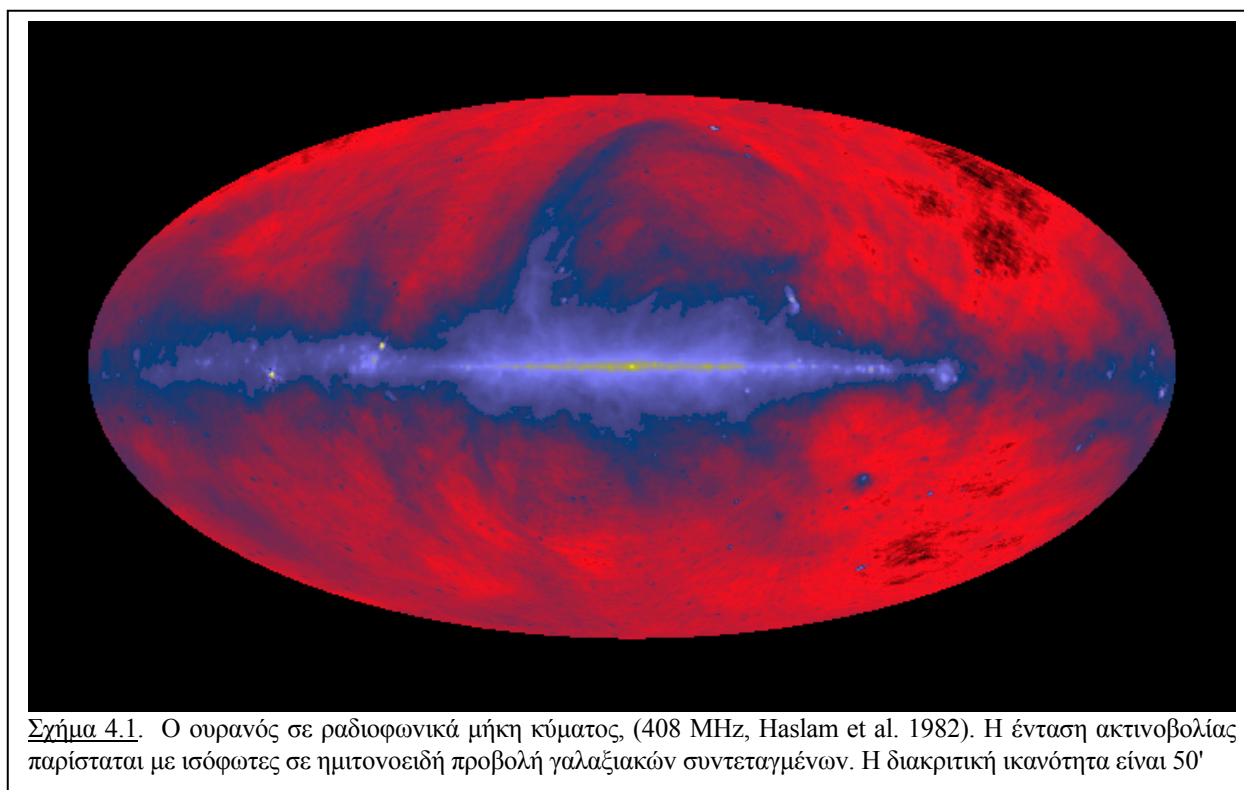


4. Ο ΟΥΡΑΝΟΣ ΣΕ ΡΑΔΙΟΦΩΝΙΚΑ ΜΗΚΗ ΚΥΜΑΤΟΣ

Αν τα μάτια μας ήταν ευαίσθητα σε ραδιοφωνικά μήκη κύματος ο ουρανός γύρω μας θα φαινόταν πολύ διαφορετικός. Βέβαια κάτι τέτοιο θα ήταν εντελώς απίθανο σε ένα κόσμο που επικρατούν φυσικές συνθήκες όπως στον πλανήτη μας, στην περιοχή της γειτονιάς του Ήλιου. Η ζωή στη Γη εξελίσσεται και προσαρμόζεται σ' αυτές τις συνθήκες. Έτσι δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι τα μάτια μας είναι ευαίσθητα στην περιοχή εκείνη του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος όπου εκπέμπεται το μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας. (βλ. Σχ. 3.1). Αλήθεια σκεφτήκατε ποτέ πόση θα έπρεπε να ήταν η διάμετρος της κόρης των ματιών μας αν αυτά ήταν ευαίσθητα σε ραδιοφωνικά μήκη κύματος (π.χ. $\lambda = 1 \text{ m}$) για να έχουμε την ίδια διακριτική ικανότητα όπως τώρα; (Υπόδειξη: Χρησιμοποιείτε τη σχέση 2.9).

Το πανόραμα του βραδυνού ουρανού το συνθέτουν μερικές χιλιάδες αστέρες που, όπως γνωρίζουμε, η θερμοκρασία τους κυμαίνεται μεταξύ μερικών χιλιάδων και μερικών δεκάδων χιλιάδων Kelvin. Σύμφωνα με το νόμο του Wien το μέγιστο της ακτινοβολίας αυτών των σωμάτων εμπίπτει στο οπτικό φάσμα. Δια μέσου του ραδιοφωνικού παράθυρου, που για πρώτη φορά “άνοιξε” ο άνθρωπος το 1931, το Σύμπαν θα πρέπει να φαίνεται πολύ διαφορετικό. Νέα ουράνια αντικείμενα, με πολύ χαμηλότερη θερμοκρασία, θα πρέπει να ακτινοβολούν στο ραδιοφωνικό φάσμα. Με τη μελέτη αυτών των αντικειμένων ασχολείται η Ραδιοαστρονομία. Στο Κεφάλαιο αυτό θα προσπαθήσουμε να σας παρουσιάσουμε μια εικόνα του ραδιοφωνικού ουρανού, εικόνα που ανοίγει καινούργιους ορίζοντες στην προσπάθεια του ανθρώπου να εξιχνιάσει τα μυστήρια του Σύμπαντος.

Είναι προφανές ότι ανάμεσα στις πρώτες φροντίδες που ανέλαβαν οι ραδιοαστρονόμοι ήταν και η χαρτογράφηση του ουρανού (sky survey). Οι πρώτοι χάρτες που δημοσιεύθηκαν (π.χ. από τον Grote Reber) δεν είχαν καλή διακριτική ικανότητα και ήταν ελλειπείς. Αργότερα



όμως οι προσπάθειες εντάθηκαν. Μετά από δέκα χρόνια παρατηρήσεις με τα μεγαλύτερα ραδιοτηλεσκόπια του κόσμου (Jodrell Bank - Μ. Βρετανία, Parkes - Αυστραλία, Effelsberg - Δ. Γερμανία), Βρετανοί, Αυστραλοί και Γερμανοί ραδιοαστρονόμοι έδωσαν στη δημοσιότητα το χάρτη του ουρανού που παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.1. Οι παρατηρήσεις έγιναν σε συχνότητα 408 MHz ($\lambda = 74$ cm) με διακριτική ικανότητα 50' αποκαλύπτοντας πολλές νέες ραδιοπηγές. Ακόμα και ένα άπειρο μάτι διακρίνει στο Σχ. 4.1 το γαλαξιακό επίπεδο και το κέλυφος του Κύκνου (Cygnus loop) που εκτείνεται από το επίπεδο του Γαλαξία ($\ell = 30^\circ$) προς το βόρειο γαλαξιακό πόλο. Σήμερα πιστεύουμε ότι το κέλυφος αυτό αποτελεί το υπόλειμμα ενός υπερκαινοφανούς που εξερράγη

Πίνακας 4.1 Συχνότητες που έχουν διατεθεί για τις ανάγκες της Ραδιοαστρονομίας

Συχνότητα	Ονομασία	Χρήση	Λεπτομέρειες
13.36 - 13.41 MHz	HF	Παρατηρήσεις στο συνεχές φάσμα	Δεκαμετρική ακτινοβολία από τον Δία
25.55 - 25.67 MHz	HF	Παρατηρήσεις στο συνεχές φάσμα	Δεκαμετρική ακτινοβολία από τον Δία
37.5 - 38.25 MHz	VHF	Παρατηρήσεις στο συνεχές φάσμα	Δεκαμετρική ακτινοβολία από τον Δία

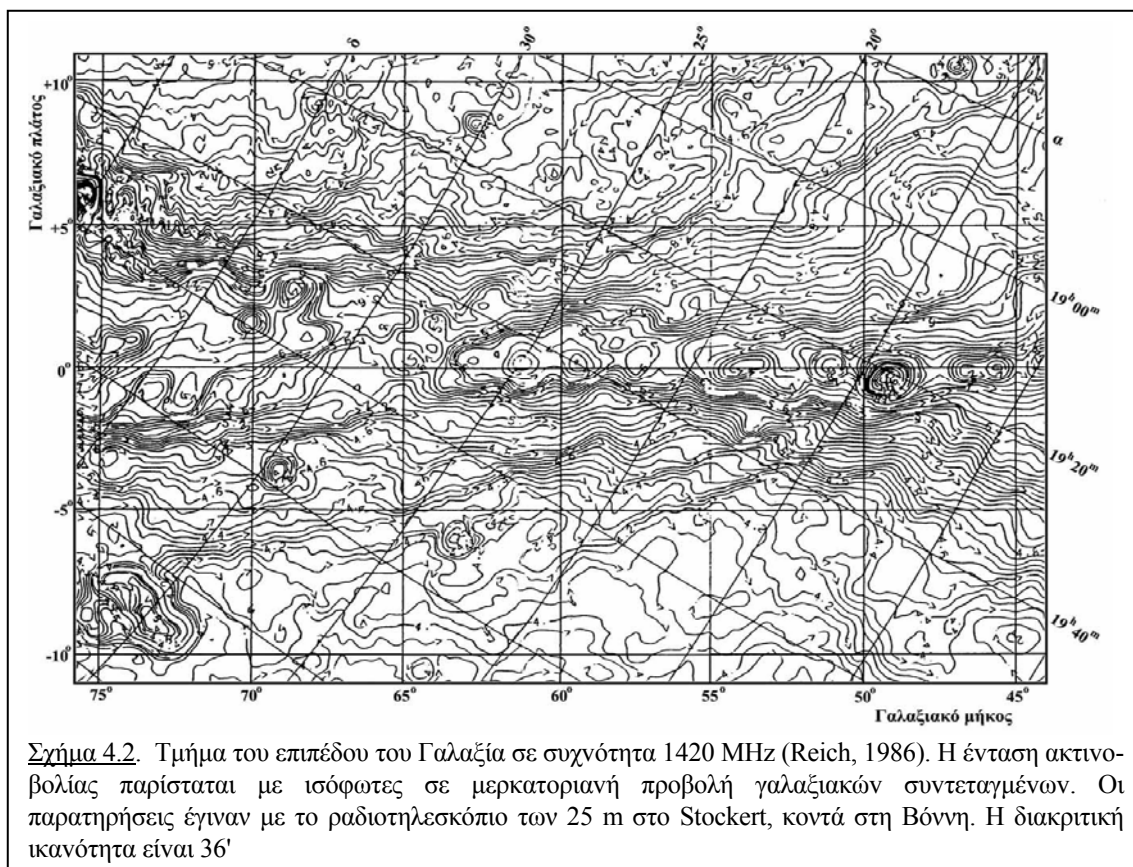
73 - 74.6 MHz	VHF	Παρατηρήσεις στο συνεχές φάσμα.	Ηλιακός άνεμος
150.05 - 153 MHz	VHF	Παρατηρήσεις στο συνεχές φάσμα.	Παρατηρήσεις pulsars. Ηλιακές παρατηρήσεις.
322 - 328.6 MHz	UHF	1. Παρατηρήσεις στο συνεχές και φασματικές παρατηρήσεις 2. VLBI	Παρατηρήσεις δευτερίου
406.1 - 410 MHz	UHF	Παρατηρήσεις στο συνεχές φάσμα.	Παρατηρήσεις pulsars
608 - 614 MHz	UHF	1. Παρατηρήσεις στο συνεχές φάσμα. 2. VLBI	Μοναδική συχνότητα μεταξύ 410 και 1400 MHz
1400 - 1427 MHz **	L-band	Φασματικές παρατηρήσεις και παρατηρήσεις στο συνεχές φάσμα	Φασματική γραμμή υδρογόνου στα 21cm. SETI
1660 - 1660.5 MHz	L-band	VLBI	
1660.5 - 1668.4 MHz	L-band	1. VLBI 2. Φασματικές παρατηρήσεις. 3. Παρατηρήσεις στο συνεχές φάσμα.	Φασματική γραμμή υδροξυλίου στα 18cm.
1668.4 - 1670 MHz	L-band		
1718.8 - 1722.2 MHz	L-band		Φασματική γραμμή υδροξυλίου στα 17.4cm
2655 - 2690 MHz	S-band	Παρατηρήσεις στο συνεχές φάσμα	
2690 - 2700 MHz	S-band		
3260 - 3267 MHz	S-band		Φασματική γραμμή CH
3332 - 3339 MHz	S-band		Φασματική γραμμή CH
3345.8 - 3352.5 MHz	S-band		Φασματική γραμμή CH
4800 - 4990 MHz	C-band	Παρατηρήσεις στο συνεχές φάσμα	Φασματική γραμμή φορμαλδεύδης, H ₂ CO
4990 - 5000 MHz	C-band	1. Παρατηρήσεις στο συνεχές φάσμα. 2. VLBI	
5000 - 5030 MHz	C-band	VLBI	
6650 - 6675.2 MHz	C-band		Φασματική γραμμή μεθανόλης, CH ₃ OH
10.6 - 10.68 GHz	X-band	1. Παρατηρήσεις στο συνεχές φάσμα. 2. VLBI	
10.68 - 10.7 GHz	X-band	1. Παρατηρήσεις στο συνεχές φάσμα. 2. VLBI	Φασματική γραμμή φορμαλδεύδης, H ₂ CO
14.47 - 14.5 GHz	Ku-band	1. Φασματικές παρατηρήσεις. 2. VLBI	Φασματική γραμμή φορμαλδεύδης, H ₂ CO
15.2 - 15.35 GHz	Ku-band	VLBI	
15.35 - 15.4 GHz	Ku-band	1. Παρατηρήσεις στο συνεχές φάσμα. 2. VLBI	

22.01 - 22.21 GHz	Ka-band	Φασματικές παρατηρήσεις	Υδωρ, H ₂ O (Doppler)
22.21 - 22.5 GHz	Ka-band	Φασματικές παρατηρήσεις	Υδωρ, H ₂ O
22.91 - 22.86 GHz	Ka-band	Φασματικές παρατηρήσεις	Μεθυλική φορμαλδεύδη. Αμμωνία, NH ₃
23.07 - 23.12 GHz	Ka-band	Φασματικές παρατηρήσεις	Αμμωνία, NH ₃
23.6 - 24.0 GHz	Ka-band	1. Φασματικές παρατηρήσεις 2. Παρατηρήσεις στο συνεχές φάσμα	Αμμωνία, NH ₃
31.2 - 31.3 GHz	Ka-band	Παρατηρήσεις στο συνεχές φάσμα	
31.3 - 31.5 GHz	Ka-band	Παρατηρήσεις στο συνεχές φάσμα	
31.5 - 31.8 GHz	Ka-band	Παρατηρήσεις στο συνεχές φάσμα	
36.43 - 36.5 GHz	Ka-band	Φασματικές παρατηρήσεις	Υδροκυάνιο, HC ₃ N Υδροξύλιο, OH ⁺
42.5 - 43.5 GHz	Q-band	Φασματικές παρατηρήσεις	Μονοξειδίο του πυριτίου, SiO, και άλλες μοριακές ενώσεις
48.94 - 49.04 GHz	Q-band	Φασματικές παρατηρήσεις	CS, H ₂ CO, CH ₃ OH, OCS
51.4 - 54.25 GHz	V-band		
58.2 - 59 GHz	V-band		
72.77 - 72.91 GHz	V-band	Φασματικές παρατηρήσεις	Φορμαλδεύδη, H ₂ CO
86 - 92 GHz	W-band	1. Φασματικές παρατηρήσεις. 2. Παρατηρήσεις στο συνεχές φάσμα	SiO, H ¹³ CO ⁺ , C ₂ H, HCN, HCO ⁺ , HNC
92 - 94 GHz		Φασματικές παρατηρήσεις.	Διαζενύλιο, HNN ⁺ , και άλλες μοριακές ενώσεις
95 - 100 GHz		1. Φασματικές παρατηρήσεις. 2. Παρατηρήσεις στο συνεχές φάσμα.	CS, SO, SO ₂ , SiO, SiS, HCN, HCO, HCO ⁺ , HC ₃ N, HC ₂ , CH ₃ CH ₂ OH, CH ₃ CH ₂ CN, CH ₃ OCH ₃
105 - 116 GHz		Φασματικές παρατηρήσεις	CO, CN, CH ₃ CN, HNCO, OCS, HC ₃ N,
140.0 - 151.0 GHz		Φασματικές παρατηρήσεις	H ₂ CO, DCN, CS
164.0 - 168.0 GHz		Παρατηρήσεις στο συνεχές φάσμα	
174.0 - 182.0 GHz		Φασματικές παρατηρήσεις	
182.0 - 185.0 GHz		Φασματικές παρατηρήσεις	H ₂ O
186.2 - 186.6 GHz		Φασματικές παρατηρήσεις	Διαζενύλιο, HNN ⁺
217 - 231 GHz		Φασματικές παρατηρήσεις	CO
265 - 275 GHz		Φασματικές παρατηρήσεις	C ₂ O, HCN, HCO ⁺
> 275 GHz		Φασματικές παρατηρήσεις	Διαζενύλιο, HNN ⁺ , ¹² C ¹⁶ O

σχετικά κοντά στη γειτονιά του Ήλιου, πριν από μερικές εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια. Εύκολα επίσης διακρίνονται η περιοχή του κέντρου του Γαλαξία και πολλές μεμονωμένες ραδιοπηγές, όπως π.χ. η Cas A στον αστερισμό της Κασσιόπης, η Cen A στον Κένταυρο και το Νεφέλωμα του Καρκίνου (Crab nebula) στον αστερισμό του Ταύρου.

Η πανοραμική εικόνα του ουρανού στο Σχ. 4.1 κεντρίζει τόσο την περιέργεια όσο και τη διαίσθηση των αστρονόμων να εξετάσουν με μεγαλύτερη λεπτομέρεια ορισμένες περιοχές του Γαλαξία, να τις ερευνήσουν με καλύτερη διακριτική ικανότητα και σε διαφορετικές συχνότητες. Αν ήταν δυνατόν να γινόταν μια καινούργια χαρτογράφηση ολόκληρου του ουρανού (4π) σε νέα συχνότητα, με καλύτερη διακριτική ικανότητα (τουλάχιστον κατά μια τάξη μεγέθους) και βέβαια με την ίδια (ή και καλύτερη) ευαισθησία... Είναι όμως αυτονόητο ότι ο χρόνος που απαιτείται για να χαρτογραφηθεί μια περιοχή αυξάνει με το τετράγωνο της διακριτικής ικανότητας (που είναι αντιστρόφως ανάλογη προς το εύρος δέσμης του ραδιοτηλεσκοπίου).

Επομένως, πέραν από τις διαδικαστικές δυσκολίες που παρουσιάζει μια πλήρη κάλυψη

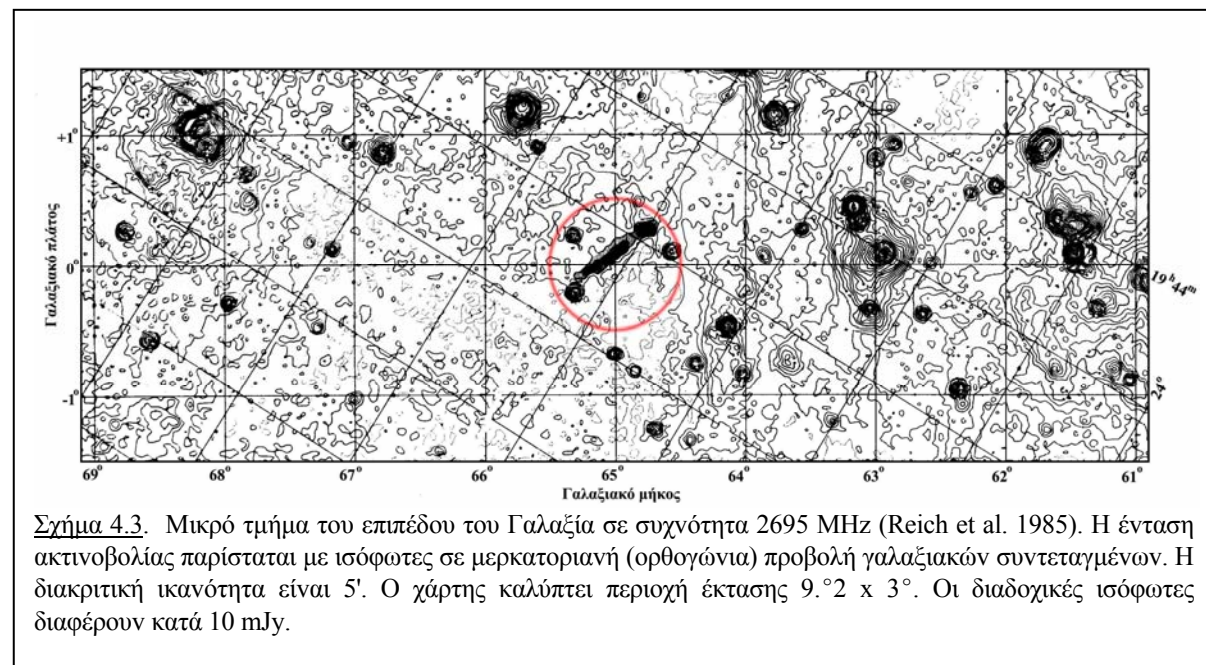


του ουρανού, η κατά μια τάξη μεγέθους αύξηση της διακριτικής ικανότητας θέτει σχεδόν απαγορευτικά χρονικά περιθώρια για την εκτέλεση ενός τέτοιου έργου.

Εκτός από τις παραπάνω δυσκολίες πρέπει να αναφέρουμε ότι οι ραδιοαστρονόμοι δεν

μπορούν να επιλέξουν οποιαδήποτε συχνότητα θέλουν για τις παρατηρήσεις τους. Η κατανομή των ραδιοφωνικών συχνοτήτων στους διάφορους χρήστες (τηλεπικοινωνίες, ραδιοφωνία και τηλεόραση, δορυφορικές εκπομπές, ραντάρ, στρατιωτικές συχνότητες, CB, ραδιοαστρονομία, κτλ.) έχει γίνει (και συνεχώς αναθεωρείται) με διεθνείς συμβάσεις (World Administrative Radio Conference – *WARC*). Οι συχνότητες που διατίθενται για τις ανάγκες της ραδιοαστρονομίας δίδονται στον Πίνακα 4.I όπου εκτός από το εύρος συχνοτήτων που έχει παραχωρηθεί αναφέρονται και οι συνθήκες χρήσης (π.χ. αν έχουν διατεθεί για παρατηρήσεις συνεχούς φάσματος ή ειδικά για παρατηρήσεις μιας ή και περισσότερων φασματικών γραμμών που εμπίπτουν στην περιοχή των ραδιοφωνικών κυμάτων) καθώς και ορισμένες λεπτομέρειες της χρήσης τους.

Επίσης πρέπει να τονίσουμε ότι ο αριθμός των ευαίσθητων ενισχυτών που έχουν κατασκευαστεί για τις ανάγκες της ραδιοαστρονομίας είναι εξαιρετικά περιορισμένος, τόσο λόγω τεχνικών δυσκολιών όσο και εξ αιτίας του κόστους τους. Έτσι ακόμα και τα πλέον εξελιγμένα ραδιοτηλεσκόπια δεν διαθέτουν συνήθως πάνω από δέκα (το πολύ δεκαπέντε) καλούς ενισχυτές σε ανάλογο αριθμό συχνοτήτων. Τέλος πρέπει να αναφέρουμε ότι παρά τις διεθνείς συμβάσεις οι συχνότητες που διατίθενται για τις ανάγκες της ραδιοαστρονομίας συνήθως βρίθουν παρεμβολών και παρασίτων από διάφορες πηγές (ηλεκτρικές εκκενώσεις στην ατμόσφαιρα, διαροή από καλώδια μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, ηλεκτρικοί

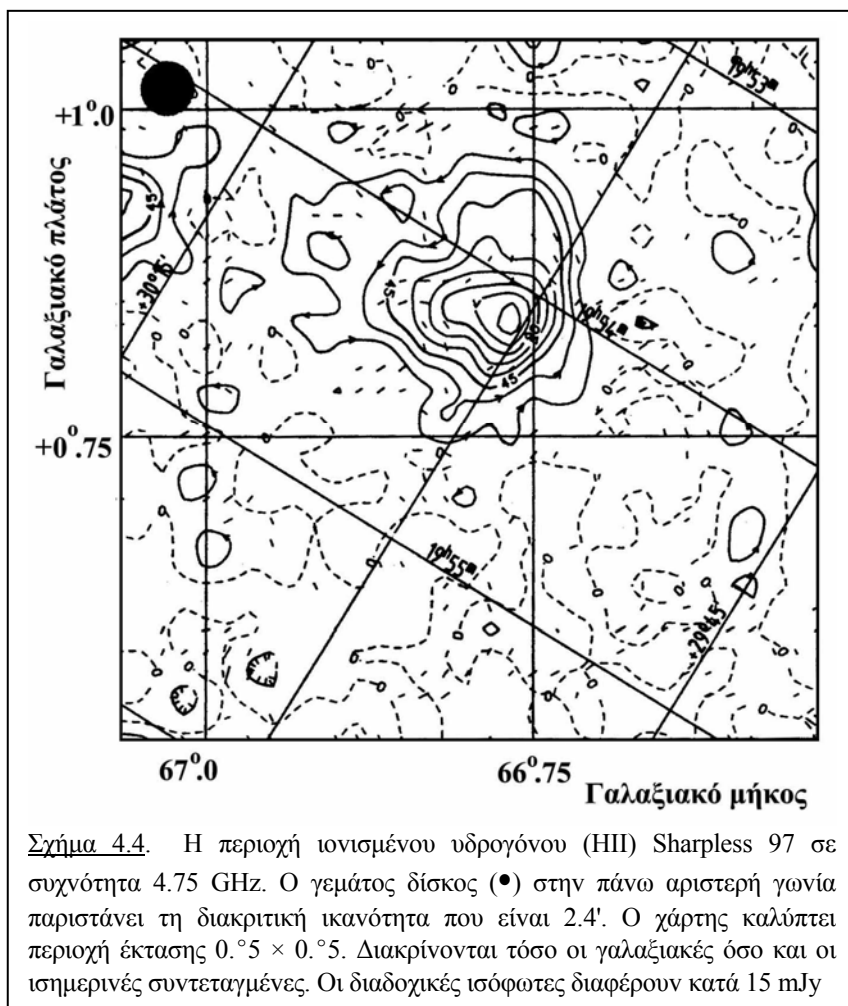


κινητήρες, στρατιωτικά ραντάρ, κτλ.)

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι ο αριθμός των συχνοτήτων που διατίθενται στους αστρονόμους που επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν ένα ραδιοτηλεσκόπιο είναι εξαιρετικά

περιορισμένος

Χαρτογραφήσεις με καλύτερη διακριτική ικανότητα έχουν γίνει μόνο σε περιορισμένες περιοχές του ουρανού. Το επίπεδο του Γαλαξία μας έχει ασφαλώς τραβήξει το ενδιαφέρον των παρατηρητών και τμήματα αυτού έχουν χαρτογραφηθεί σε συχνότητες από μερικές δεκάδες MHz μέχρι μερικές δεκάδες GHz. Στο Σχήμα 4.2 παρουσιάζεται ένα τμήμα από τη χαρτογράφηση του επιπέδου του Γαλαξία που έγινε με το ραδιοτηλεσκόπιο των 25 m, που βρίσκεται στο Stockert της Γερμανίας, στα 1420 MHz ($\lambda = 21$ cm). Οι πληροφορίες που συλλέγουμε από τους χάρτες των Σχ. 4.1 και 4.2 είναι συμπληρωματικές. Βέβαια η διακριτική ικανότητα του χάρτη του Σχ. 4.2 είναι καλύτερη με αποτέλεσμα να διακρίνουμε περισσότερες λεπτομέρειες σ' αυτόν.



Ακόμα καλύτερη διακριτική ικανότητα έχουμε στο Σχήμα 4.3 όπου παρουσιάζεται μια μικρή περιοχή του γαλαξιακού επιπέδου στα 2695 MHz (2.695 GHz, $\lambda = 11.1$ cm). Οι περισσότερες από τις σημειακές ραδιοπηγές που παρατηρούνται στο Σχ. 4.3 δεν ανήκουν στο Γαλαξία αλλά είναι άλλοι μακρυνοί γαλαξίες ή quasars που είναι "ορατοί" δια μέσου της σκόνης που περιέχει ο Γαλαξίας μας. Με τέτοιες χαρτογραφήσεις γίνεται αμέσως φανερό ότι σε υψηλές

συχνότητες το οπτικό βάθος (βλ. Βάρβογλη, Σεираδάκη, 1991) του Γαλαξία είναι πολύ μικρό και επομένως η παρατήρηση ραδιοπηγών δια μέσω αυτού είναι δυνατή. Αντίθετα, σε οπτικά μήκη κύματος ο Γαλαξίας, κυρίως λόγω της σκόνης που περιέχει, είναι εντελώς αδιαφανής.

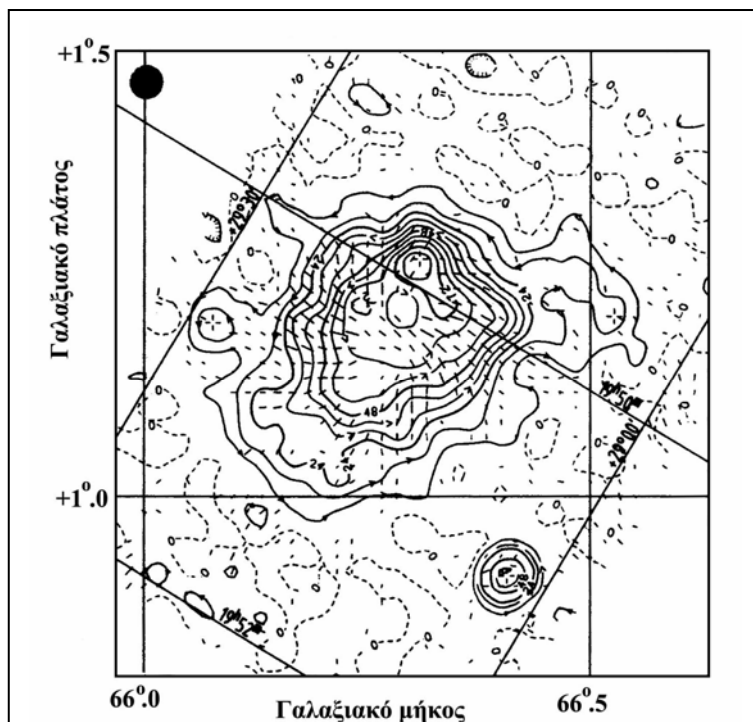
Η περιοχή του Σχ. 4.3 είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα δεδομένου ότι σ' αυτήν έχει

παρατηρηθεί μία πηγή ακτίνων-γ (2CG065+00) με τον δορυφόρο COS-B (βλ. Κεφ. 11). Ο κύκλος αβεβαιότητας των συντεταγμένων της πηγής ακτίνων-γ (με κέντρο το σημείο που έχει γαλαξιακές συντεταγμένες $\ell = 65^\circ$, $b = 0^\circ$ και διάμετρο 1°) καλύπτει την κεντρική περιοχή του χάρτη. Σήμερα, με παρατηρήσεις από το τηλεσκόπιο Compton Gamma-Ray Observatory το σφάλμα αβεβαιότητας της πηγής αυτής έχει περιορισθεί.

Συγκρίνοντας τα Σχ. 4.2 και 4.3 με προσοχή μπορούμε να εντοπίσουμε μερικές ραδιοπηγές που διακρίνονται και στους δύο χάρτες. Η κατανομή της ενέργειας των ραδιοπηγών κατά συχνότητα εξαρτάται προφανώς από τις φυσικές ιδιότητές τους. Μετρώντας την πυκνότητα ροής, (S) των ραδιοπηγών σε διάφορες συχνότητες (ν) είναι δυνατό να υπολογίσουμε το φασματικό δείκτη τους (α) που ορίζεται από τη σχέση

$$S_\nu = k_\nu + \alpha \quad (4.1)$$

όπου k_ν είναι μια σταθερή ποσότητα για κάθε συχνότητα παρατήρησης. Ο φασματικός δείκτης,



Σχήμα 4.5. Το υπόλειμμα υπερκαινοφανούς DA495 σε συχνότητα 4.75 GHz. Η διακριτική ικανότητα είναι $2.4'$. Ο χάρτης καλύπτει περιοχή έκτασης $0.7^\circ \times 0.7^\circ$. Οι διαδοχικές ισόφωτες διαφέρουν κατά 8 mJy. Τα διανύσματα αντιπροσωπεύουν την ένταση της πεπολωμένης ακτινοβολίας (διανύσματα—E) και είναι κάθετα προς τη διεύθυνση του μαγνητικού πεδίου της πηγής

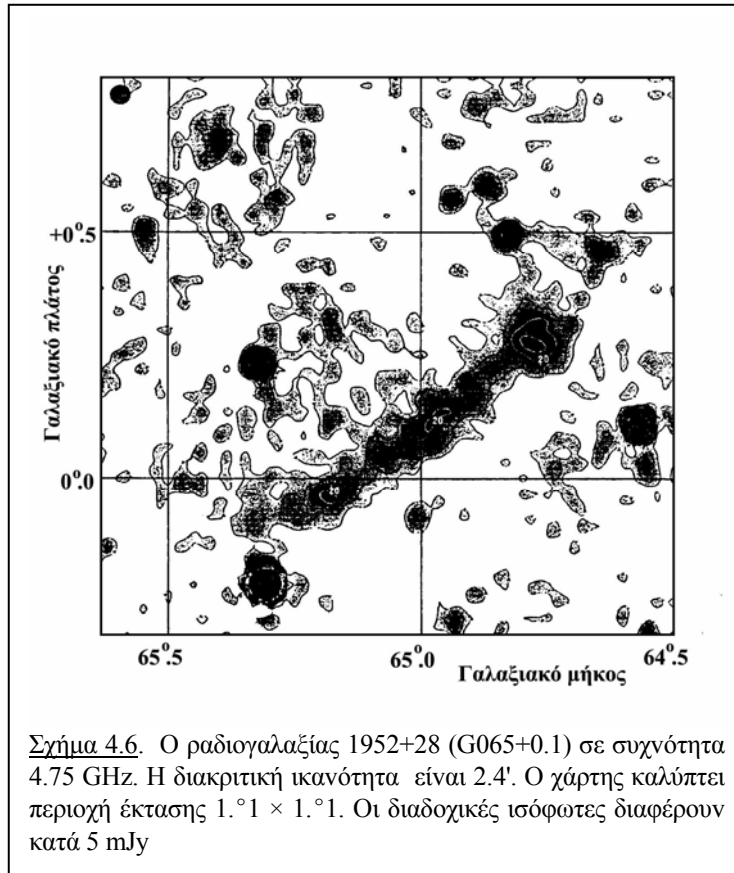
α , είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος δεδομένου ότι μας επιτρέπει να εξάγουμε συμπεράσματα σχετικά με τη φύση της ακτινοβολίας. Για παράδειγμα, περιοχές ιονισμένου υδρογόνου (βλ. Κεφ. 7) έχουν φασματικό δείκτη $\alpha \sim 0$, ενώ τα υπολείμματα υπερκαινοφανών αστερών και οι ραδιογαλαξίες έχουν $\alpha \sim -1$.

Εκτός από τις (πολυάριθμες) σημειακές πηγές που διακρίνουμε στο Σχ. 4.3, υπάρχουν και μερικές εκτεταμένες ραδιοπηγές. Οι πηγές αυτές έλκουν καταρχήν το ενδιαφέρον μας δεδομένου ότι στη συχνότη-

τα αυτή (2695 MHz) δεν χρειαζόμαστε καλύτερη διακριτική ικανότητα για να μελετήσουμε τη δομή τους. Μας χρειάζονται όμως περισσότερα δεδομένα για να μελετήσουμε τις φυσικές τους ιδιότητες. Οι περισσότερες από τις εκτεταμένες ραδιοπηγές του Σχ. 4.3 είναι αρκετά ισχυρές ώστε ακόμα και αν το φάσμα τους είναι απότομο ($\alpha < -0.2$) θα πρέπει να είναι ανιχνεύσιμες σε

υψηλότερες συχνότητες. Στα Σχήματα 4.4, 4.5 και 4.6 παρουσιάζεται μια επιλογή από παρατηρήσεις ορισμένων περιοχών του Σχ. 4.3 στη συχνότητα των 4.75 GHz ($\lambda = 6.3$ cm).

Ανατρέχοντας στη διεθνή βιβλιογραφία βρίσκουμε ότι η πηγή $G66.8+0.8$ (με γαλαξιακές συντεταγμένες $\ell = 66^\circ 47'$, $b = +00^\circ 51'$) συμπίπτει με μια γνωστή περιοχή ιονισμένου υδρογόνου (HII region - βλ. Κεφ. 7) γνωστή ως *Sharpless 97 (S97)*. Πράγματι με τη βοήθεια παρατηρήσεων στη συχνότητα των 4.75 GHz (Σχ. 4.4) και αυτών του Σχ. 4.3, βρίσκουμε ότι η



τιμή του φασματικού δείκτη της είναι $\alpha = -0.19$, τυπικό παράδειγμα φάσματος ιονισμένου υδρογόνου (βλ. Κεφ. 7).

Η πηγή $G65.7+1.2$ (Σχ. 4.5) είναι ένα υπόλειμμα υπερκαινοφανούς αστέρα, γνωστού και ως *DA 495*, τύπου πεπληρωμένου, παρόλο που στην κεντρική περιοχή του παρουσιάζει μια μικρή ελάττωση της λαμπρότητάς του (βλ. Κεφ. 6). Από τα Σχήματα 4.3 και 4.5 μπορούμε να υπολογίσουμε το φασματικό δείκτη της ο οποίος βρίσκεται ότι είναι $\alpha = -0.55$. Η ακτινοβολία επομένως που

εκπέμπει το υπόλειμμα *DA 495* είναι μη θερμική (απότομος φασματικός δείκτης). Το υπόλειμμα αυτό βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη από 2 kpc από τον Ήλιο. Πολωσιμετρικές παρατηρήσεις επιβεβαιώνουν την ύπαρξη ισχυρού και περιμετρικά διατεταγμένου μαγνητικού πεδίου. Πράγματι στο Σχ. 4.5 εικονίζονται και τα *διανύσματα-E* της ακτινοβολίας του από τα οποία διακρίνεται η διάταξη του μαγνητικού πεδίου του υπολείμματος *DA495*.

Η επιμήκης ραδιοπηγή που εμφανίζεται στο Σχ. 4.3 με επίκεντρο $\ell = 65^\circ$, $b = +0.^\circ 1$ είναι πιθανώς ένας τεράστιος ραδιογαλαξίας (1952+28) που βρίσκεται σε απόσταση ~ 50 Mpc και παρατηρείται μέσω του (διαφανούς σε υψηλές συχνότητες) Γαλαξία. Στα 4.75 GHz ο Γαλαξίας είναι ακόμα πιο διαφανής και ο ραδιογαλαξίας παρατηρείται ευκρινέστερα (Σχ. 4.6). Αποτελείται από δύο λοβούς που βρίσκονται στα άκρα του κύριου άξονά του και ο φασματικός

του δείκτη είναι $\alpha = -0.7$. Με παρατηρήσεις μεγάλης διακριτικής ικανότητας με το ραδιοτηλεσκόπιο *VLA* (βλ. Κεφ. 2) εντοπίστηκε μια σημειακή ραδιοπηγή κοντά στον άξονα συμμετρίας της πηγής. Η παρατήρηση αυτή συμπληρώνει τη μορφολογική κατάταξη της πηγής ως ραδιογαλαξία.

Τέλος ας αναφερθούμε σύντομα και σε μερικές από τις σημειακές πηγές του Σχ. 4.3. Η πηγή $G65.9+0.6$ συμπίπτει με τη θέση ενός πλανητικού νεφελώματος (*NGC 6842*) διαμέτρου $50''$ που βρίσκεται σε απόσταση 1.7 κpc. Ο φασματικός δείκτης της πηγής ($\alpha = -0.21$) είναι χαρακτηριστικός για ιονισμένο υδρογόνο από το οποίο αποτελούνται τα κελύφη των πλανητικών νεφελωμάτων. Η πηγή $G65.3-0.2$ είναι η ισχυρότερη σημειακή ραδιοπηγή εντός του κύκλου αβεβαιότητας της πηγής ακτίνων-γ, $2CG065+00$. Ο φασματικός δείκτης της είναι $\alpha = -0.22$. Ακόμα και με παρατηρήσεις πολύ μεγάλης διακριτικής ικανότητας (VLBI - βλ. Κεφ.2) η πηγή αυτή εξακολουθεί να εμφανίζεται ως σημειακή. Οποσδήποτε η πηγή αυτή είναι εξαιρετικά σημαντική και έχει προκαλέσει το ενδιαφέρον πολλών αστρονόμων.

Στο Κεφάλαιο αυτό προσπαθήσαμε να διερευνήσουμε διεξοδικά μια χαρακτηριστική περιοχή του Γαλαξία μας παρουσιάζοντας συγχρόνως τις μεθόδους που χρησιμοποιούν οι ραδιοαστρονόμοι κατά τις παρατηρήσεις τους. Ελπίζουμε ότι παρόλη τη συντομία με την οποία θίξαμε το θέμα, έγινε κατανοητή η έντονη αναζήτηση νέων μεθόδων παρατήρησης καθώς και η συνεχής ανάγκη θεωρητικής αντιμετώπισης των προβλημάτων που μας προσφέρει ο ράδιο-ουρανός.

Βιβλιογραφία

- Αυγολούπη Σ., Σειραδάκη Ι.Χ. (1987): "Παρατηρησιακή Αστρονομία", ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη
- Βαρβογλη Χ., Σειραδάκη Ι.Χ. (1991): "Εισαγωγή στη Σύγχρονη Αστρονομία", ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Haslam C.G.T., Salter C.J., Stoffel H., Wilson W.E. (1982): "A 408 MHz all-sky continuum survey", *Astron. Astrophys. Suppl.*, 47, 1.
- Reich W. (1986): "A 1420 MHz radio continuum survey", *Astron. Astrophys. Suppl.*, 58, 197.
- Reich W., Furst E., Steffen P., Reif K., Haslam C.G.T. (1985): "A radio continuum survey of the galactic plane at 11-cm wavelength", *Astron. Astrophys. Suppl.*, 58, 197.
- Σπύρου Ν. (1986): "Αρχές Αστρικής Εξέλιξης", ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.