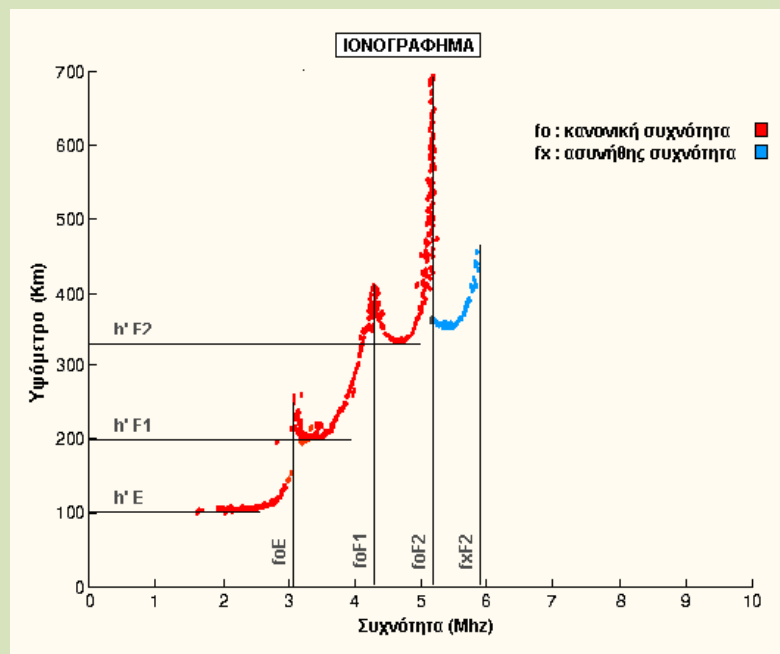


# ΟΙ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΩΝ MUF, LUF, FOT Κ.Λ.Π στην πρόβλεψη της ιονοσφαιρικής διάδοσης



Στάθης Πάντος  
SV1BAC ex i8jke, sv0cn

E-mail: [stathispantos@yahoo.com](mailto:stathispantos@yahoo.com)  
[sv1bac@gmail.com](mailto:sv1bac@gmail.com)

# ΟΙ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΩΝ MUF, LUF, FOT, κ.λ.π ΣΤΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΙΟΝΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ

Η σύγχρονη τεχνολογία και επιστήμη προκειμένου να εξασφαλισθεί η ραδιοεπικοινωνία στα HF μεταξύ δύο σημείων, στον κατάλληλο χρόνο με τον καλύτερο τρόπο, δίνει ένα καλό εργαλείο στα χέρια όσων ασχολούνται με τις ραδιοεπικοινωνίες, την "Πρόβλεψη Της Ιονοσφαιρικής Διάδοσης". Μέσα από αυτή, επιλέγοντας τον κατάλληλο χρόνο και την κατάλληλη συχνότητα επικοινωνίας, η αναζήτηση μακρινών σταθμών μπορεί να γίνει ευκολότερη για όποιον ασχολείται με το DX.

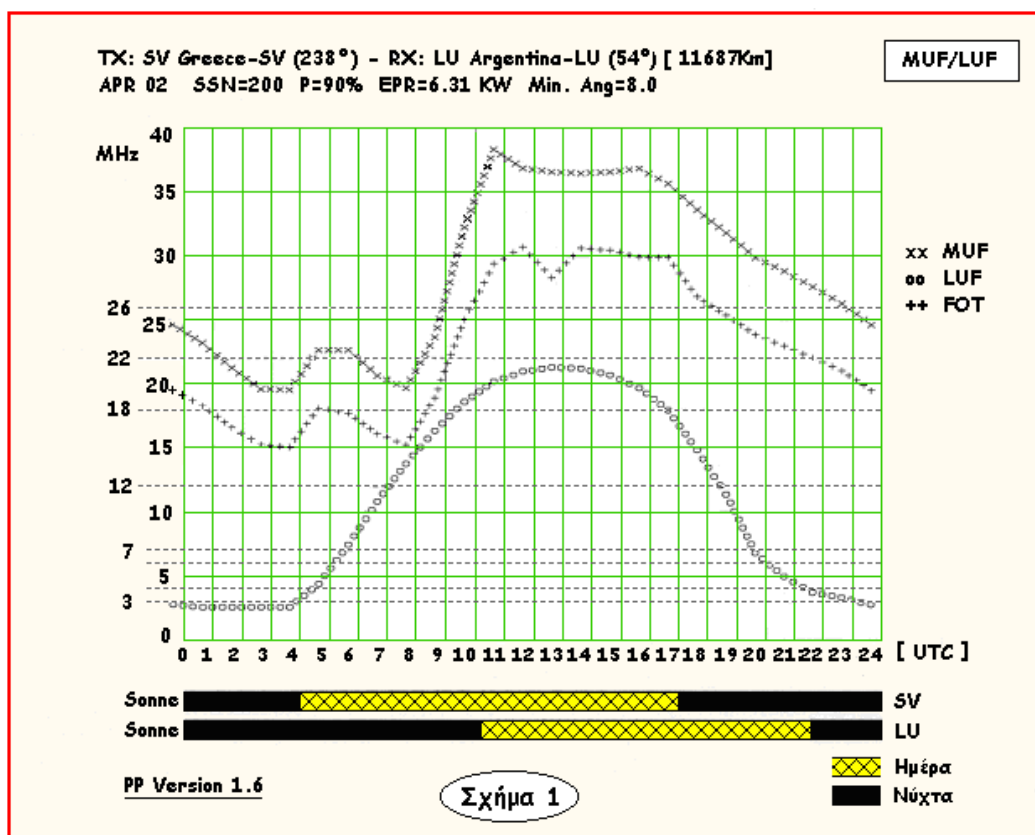
Η αναγκαιότητα χρήσης τέτοιων μεθόδων γίνεται ακόμη πιο αισθητή, όταν βρισκόμαστε στη χαμηλή ενεργειακά περίοδο του 11ετούς ηλιακού κύκλου, που τα πράγματα δεν είναι και τόσο ρόδινα για το DX. Βλέπουμε στις υψηλές μπάντες των HF να μην υπάρχουν σταθμοί, δηλαδή δεν υπάρχει διάδοση, με αποτέλεσμα αυτές οι μπάντες να μην παρουσιάζουν κανένα ενδιαφέρον και δυνατότητα επικοινωνίας και να παραμένουν νεκρές. Τα ανοίγματα είναι σπάνια και αυτοί που θέλουν οπωσδήποτε να επικοινωνήσουν με κάποιο σημείο, το καλύτερο που έχουν να κάνουν είναι να συμβουλευόνται τα διαγράμματα που δίνουν την πρόβλεψη της διάδοσης σε συνάρτηση με άλλες παραμέτρους, όπως την ηλιακή ροή ή τις ηλιακές κηλίδες και κάποιους γεωμαγνητικούς συντελεστές.

Την πρόβλεψη της ιονοσφαιρικής διάδοσης, μπορούμε να την έχουμε μέσα από ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή που διαθέτει ένα σχετικό λογισμικό (πρόγραμμα) και το τροφοδοτούμε με τις τιμές των παραμέτρων της χρονικής στιγμής που μας ενδιαφέρει, ή ακόμη μέσα απ' τις ανάλογες στήλες των ραδιοερασιτεχνικών περιοδικών που δίνουν τέτοιες πληροφορίες ή από ιστοσελίδες του διαδικτύου. Η διάδοση απεικονίζεται επάνω σε Μερκατορικό ή αζιμουθιακό χάρτη με καμπύλες ισοσυχνοτήτων, ή δίνεται υπό μορφή γραφικής παράστασης, συναρτήσεων συχνότητας-χρόνου και με αναφορά δύο σημεία της υδρογείου.

Έχοντας λοιπόν μπροστά μας τα διαγράμματα που μας δίνουν την πρόβλεψη, συναντάμε τις λέξεις MUF, LUF, FOT, κλπ. βλέπε (σχ.1). Η νοηματική αξία αυτών των λέξεων είναι ουσιαστική, διότι εάν υποτεθεί πως γνωρίζουμε καλά τι σημαίνει και τι αντιπροσωπεύει η κάθε μία από αυτές, μπορούμε να διαβάσουμε

να χρησιμοποιήσουμε σωστά αυτά που μας δίνουν τα γραφήματα για την πρόβλεψη της ιονοσφαιρικής διάδοσης.

Αυτές λοιπόν οι λέξεις που συναντάμε, δημιουργούνται από ακρώνυμα λέξεων και έχουν μια συγκεκριμένη σημασία για το **propagation**, δηλαδή τη **διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων**. Πριν όμως ερμηνευθούν και αναλυθούν τα νοήματα που υποδηλώνει η κάθε μια για τη διάδοση, θα γίνει μια προσέγγιση στο ρόλο που παίζει ο ήλιος και οι ακτινοβολίες του στη δημιουργία της ιονόσφαιρας, και αυτή με τη σειρά της, στη διάδοση των ραδιοκυμάτων.



Ο ήλιος βρίσκεται στο κέντρο του ηλιακού μας συστήματος, είναι άστρο αυτόφωτο, με έγκλιση τεράστιων ποσών ενέργειας και ακτινοβολίας και μας βομβαρδίζει ασταμάτητα. Τα σωματίδια που εκτινάσσονται απ' τον ήλιο και οι υπεριώδεις ακτινοβολίες του, δημιουργούν ενεργειακή διέγερση της γήινης ατμόσφαιρας και παραγωγή ιόντων, τα οποία σχηματίζουν ιονισμένα στρώματα ατμόσφαιρας στην έννοια του ύψους και με διαφορετική πυκνότητα ιόντων το καθένα. Αυτή λοιπόν είναι η **ιονόσφαιρα**, το ιονισμένο κομμάτι της γήινης ατμόσφαιρας που περιβάλλει τον πλανήτη μας σε μια απόσταση ύψους από το έδαφος **50** έως **350 Km** περίπου.

Η ιονόσφαιρα χαρακτηρίζεται από τα εξής βασικά στρώματα, το **D**, **E**, **F1** και **F2** τα οποία επιλεκτικά, απορροφούν ή διαθλούν τα ραδιοκύματα με διαφορετικό τρόπο και ένταση σε συνάρτηση με το μήκος κύματος των ραδιοκυμάτων. Το πρώτο στρώμα **D** το **E** και το **F1** υπάρχουν μόνο στις περιοχές της Γης που φωτίζονται απ' τον ήλιο, δηλαδή στο ημισφαίριο που έχει ημέρα και διατηρούνται όσο υπάρχει το φως, μόνο το στρώμα **F2** διατηρείται και στο σκοτάδι. Δεν μιλάμε για το σποραδικό **Es** που διατηρείται ή εμφανίζεται και στο σκοτάδι, διότι δεν είναι προβλέψιμο. Να σημειωθεί πως μερικές φορές τα **F1** και **F2** ταυτίζονται και δίνουν το στρώμα **F**. Η επίδραση των στρωμάτων **D** και **E** είναι ουσιαστικής σημασίας για την διάδοση των **HF**, αυτή όμως του στρώματος **F2** είναι καθοριστικής σημασίας για το **DΧ**.

Η πυκνότητα των ιόντων στο κάθε ένα ξεχωριστά στρώμα δεν είναι σταθερή, δεν αλλάζει μόνο στη διάρκεια της ημέρας και της εποχής που διανύουμε, αλλάζει και με μία 11ετη περιοδικότητα που λέγεται **11ετής Ηλιακός κύκλος**. Στις ενεργειακές εξάρσεις του κύκλου αυτού παρατηρούνται τεράστιες εκλάμψεις στον ήλιο που επηρεάζουν σημαντικά την ιονόσφαιρα και τους γεωμαγνητικούς δείκτες.

Υπάρχει η δυνατότητα της συνεχούς παρατήρησης των ιονισμένων στρωμάτων της ατμόσφαιρας απ' τη Γη, με ειδικούς ηχοβολιστές, που εκπέμπουν συρμούς ηλεκτρομαγνητικών παλμών μέσα στο φάσμα των **HF** και μετά την ανάκλαση και τη λήψη αυτών των παλμών παίρνουμε μία ανάγλυφη εικόνα των ιονισμένων στρωμάτων και της υψής αυτών σε κατακόρυφη και πλάγια έννοια βλέπε (σχ.2).

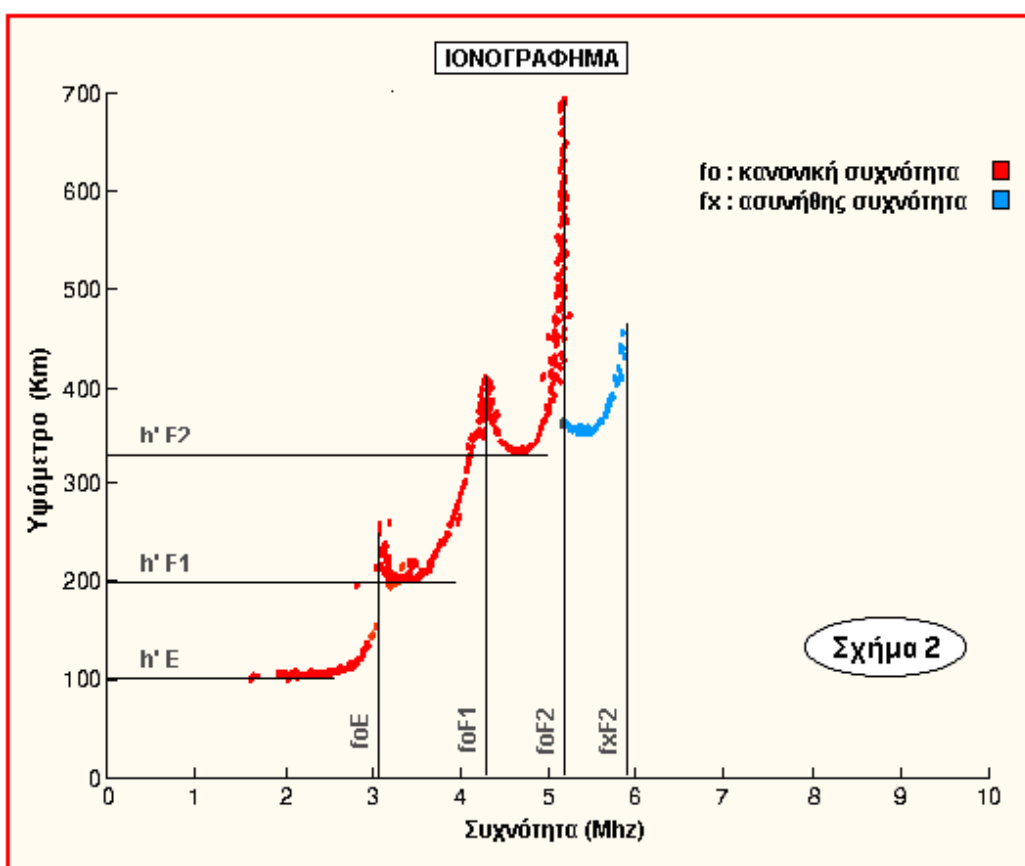
Οποιοδήποτε φυσικό φαινόμενο εισέρχεται στην διαδικασία της επιστημονικής ανάλυσης το προσεγγίζουμε και το παρουσιάζουμε μέσα από ένα μαθηματικό μοντέλο εξισώσεων με σταθερές και παραμέτρους που μπορούμε να πάρουμε ως πραγματικά δεδομένα. Δίνοντας τιμές στις παραμέτρους παίρνουμε αριθμητικά αποτελέσματα.

Έτσι λοιπόν κάνουμε και για τον υπολογισμό της διάδοσης των ραδιοκυμάτων. Γνωρίζουμε πολύ καλά τα ενεργειακά μεγέθη του ήλιου μέσα από συνεχείς παρατηρήσεις διαστημικών και επίγειων καταγραφών επί καθημερινής βάσης, επίσης και τις ιονοσφαιρικές και γεωμαγνητικές μεταβολές και αυτές μέσα από καταγραφές συνεχών παρατηρήσεων επί **24ωρου** βάσης. Οπότε με αυτά τα δεδομένα μπορούμε να κάνουμε επί του ασφαλούς προβλέψεις για την ιονοσφαιρική διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, καθότι γνωρίζουμε σε βάθος τα αίτια και τους φυσικούς νόμους που διέπουν τα φαινόμενα αυτά.

Η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή κάνει αυτή την διαδικασία εύκολη υπόθεση. Η κατάστρωση αλγόριθμου που εναρμονίζεται στα αίτια και τους νόμους που διέπουν το φαινόμενο μπορεί να μας δώσει προγράμματα με μεγάλο ενδιαφέρον. Αυτά τα προγράμματα στη συνέχεια τα τροφοδοτούμε με τις παραμέτρους που καθορίζουν τις

μεταβολές της ιονόσφαιρας και παίρνουμε ως αποτέλεσμα την πρόγνωση της ιονοσφαιρικής διάδοσης, του **propagation** .

Σ' αυτό το σημείο κλείνει η σύντομη παρένθεση που ανοίξαμε για την ιονόσφαιρα και την προσέγγιση του τρόπου πρόβλεψης της ιονοσφαιρικής διάδοσης και συνεχίζουμε με την ερμηνεία των λέξεων που προήλθαν από τα ακρώνυμα συγκεκριμένων εννοιών που αναφέρθηκαν στην αρχή και αποτελούν το ζητούμενο, του θέματος που μας απασχολεί.



### HPF ( Highest Possible Frequency )

η υψηλότερη δυνατή συχνότητα , η πιο υψηλή συχνότητα στην οποία ένα σήμα θα μπορούσε να διασχίσει μια συγκεκριμένη απόσταση. Σήματα μεγαλύτερης συχνότητας από αυτή δεν θα μπορούσαν να διατρέξουν αυτή την απόσταση λόγω έλλειψης ανακλαστικής ικανότητας του ιονισμένου στρώματος επάνω στο οποίο προσπίπτουν τα κύματα. Διαπερνούν το ιονισμένο στρώμα και φεύγουν έξω από την ιονόσφαιρα.

### MUF ( Maximum Usable Frequency ),

μέγιστη χρησιμοποιούμενη συχνότητα η μέγιστη τιμή συχνότητας ραδιοκυμάτων του φάσματος των HF που μπορούν να διαδίδονται σε μια συγκεκριμένη απόσταση για το 50% κάποιου προκαθορισμένου χρόνου, αυτό άλλωστε είναι και το σημείο που διαφέρει από το HPF

**FOT: ( Frequency (of) Optimum Transmission )**

**Βέλτιστη συχνότητα εκπομπής** η πλέον καλή συχνότητα εκπομπής ραδιοκυμάτων. Σε αυτή τη συχνότητα ένα σήμα είναι σε θέση να εξασφαλίσει επικοινωνία για το 90% του προβλεπόμενου χρόνου, κατά συνέπεια η **MUF** βρίσκεται πιο ψηλά από αυτή τη συχνότητα. Αυτή μπορεί να θεωρηθεί ως η πλέον ιδανική προκειμένου να επιτύχουμε μια επικοινωνία **DX** με αυξημένες απαιτήσεις ποιότητας.

**LUF: ( Lowest Usable Frequency )**

**Η χαμηλότερη συχνότητα χρήσης** η πιο χαμηλή συχνότητα που μπορεί να εξασφαλίσει μια ραδιοεπικοινωνία μεταξύ δύο σημείων για το 50% του προβλεπόμενου χρόνου. Προφανώς όταν αναφερόμαστε σε αυτή τη συχνότητα και θέλουμε να την χρησιμοποιήσουμε για περισσότερο χρόνο επικοινωνίας, επιλέγουμε κάποια άλλη ελαφρώς μεγαλύτερή της, προκειμένου να εξασφαλίσουμε το υπόλοιπο 50% του προβλεπόμενου χρόνου που μας χρειάζεται για την ραδιοεπικοινωνία μας.

**CRITICAL FREQUENSE**

**ΚΡΙΣΙΜΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ** , **η υψηλότερη συχνότητα ραδιοκύματος** στην οποία ένα σήμα διαπερνά την ιονόσφαιρα και εξέρχεται από αυτή, δεν μπορεί να ανακλαστεί και να επιστρέψει στο έδαφος. Αντίθετα απ 'αυτό που μπορεί να νομίζετε, η **MUF** μπορεί να έχει μερικές φορές πολύ πιο μεγάλη τιμή απ' αυτή της κρίσιμης συχνότητας. Για παράδειγμα σε πολύ καλές συνθήκες διάδοσης είναι δυνατόν να παρατηρηθούν ανακλάσεις σήματος στα **10m** όταν η κρίσιμη συχνότητα είναι μόλις **7Mhz**.

**ΔΕΙΚΤΕΣ A και K** , είναι δείκτες της γεωμαγνητικής δραστηριότητας.

Ο **A** κυμαίνεται από **0-400**, και ο **K** από **0-9**, με απόκρηση σχεδόν λογαριθμική. Οι δυο δείκτες είναι στενά συνδεδεμένοι μεταξύ τους, ο **A** καθορίζει γεωμαγνητικές συνθήκες που αναφέρονται στις περασμένες **24 ώρες** και βασίζεται στο δείκτη **K** ο οποίος περιγράφει συνθήκες των **3<sup>uv</sup>** τελευταίων ωρών.

**SUN FLUX & SUN SPOTS**

**ΗΛΙΑΚΗ ΡΟΗ και ΗΛΙΑΚΕΣ ΚΗΛΙΔΕΣ**

**Η ηλιακή ροή** αντιπροσωπεύει μια μέτρηση της ενεργειακής εκπομπής του ήλιου και εκφράζεται σε όρους ηλιακής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, κυμαίνεται δε από **60-400** μονάδες. **Ηλιακές κηλίδες** είναι οι μαύρες κηλίδες που παρατηρούνται στον Ήλιο με τηλεσκόπια, μερικά δε αστρονομικά παρατηρητήρια ( αστεροσκοπεία ) και δορυφόροι μας δίνουν τον **αριθμό αυτών των κηλίδων** καθημερινά. Ο μαθηματικός τύπος που συνδέει την ηλιακή ροή με τον αριθμό των ηλιακών κηλίδων δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Ηλιακή Ροή} = 63,75 + 0,728 \text{ ssn} + 0,00089 \text{ ssn}^2$$

(**ssn**= SunSpotNuber, Αριθμός Ηλιακών Κηλίδων, Μονάδες μέτρησης της ηλιακής ροής:  $10^{-22}$  watts X τετραγωνικό μέτρο X Hz ).

Οι ραδιοεπικοινωνίες, ανάμεσα σε προκαθορισμένες διαδρομές, είναι οι καλύτερες για τις συχνότητες που περιλαμβάνονται μεταξύ των **MUF & LUF** με απλά λόγια θα μπορούσαμε να πούμε πως αυτές οι δυο τιμές καθορίζουν "το δίαυλο " ή ακόμη αν θέλετε " το παράθυρο του DX ". Τα σήματα DX θα είναι πολύ πιο δυνατά όταν βρίσκονται κοντά στις τιμές του **MUF**, γι'αυτό ακριβώς το λόγο οι **Dxers** ενδιαφέρονται κύρια για το **MUF** και σε αυτό εστιάζονται τα πιο πολλά και διαδεδομένα προγράμματα που αναφέρονται στη πρόβλεψη της ιονοσφαιρικής διάδοσης.

*Σχήμα 3.*

Στην Ελλάδα και συγκεκριμένα στην Αθήνα υπάρχει το ερευνητικό κέντρο "**IAASARS**" ( **I**nstitute for **A**stronomy, **A**strophysics, **S**pace **A**pplications and **R**emote **S**ensing ) βλέπε (σχ.3) που παρακολουθεί την ιονόσφαιρα επί συνεχούς εικοσιτετραώρου και μεταδίδει μέσω διαδικτύου στην ιστοσελίδα <http://www.iono.noa.gr/index.cfm> με γράφημα ανά σύντομα χρονικά διαστήματα την μεταβολή της ιονόσφαιρας στη ροή του χρόνου. Μπορούμε με αυτόν τον τρόπο να δούμε την μεταβολή της ιονοσφαιρικής διαστρωμάτωσης καθώς επίσης και την εμφάνιση του **σποραδικού Es**. Όσοι ραδιοερασιτέχνες ασχολούνται με το **DX** και τα θετικά απρόβλεπτα της ιονόσφαιρας, μέσα από αυτή την ιστοσελίδα θα βρουν μια πολύ καλή μέθοδο για να γνωρίσουν τις δυνατότητες που δίνει η διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στη ροή του εικοσιτετραώρου.

Η πρόβλεψη της διάδοσης των ραδιοκυμάτων μέσα από την ιονόσφαιρα, είναι ένα καλό εργαλείο στα χέρια του ραδιοερασιτέχνη για να μπορέσει εκ' του ασφαλούς να επιτύχει μια αμφίπλευρη ραδιοεπικοινωνία στα **HF**. Με αυτόν τον τρόπο δεν χρειάζεται να караδοκούμε στον ασύρματο για να δούμε αν περνάει το σήμα με την περιοχή που θέλουμε να επικοινωνήσουμε σ' αυτή τη συγκεκριμένη στιγμή.

Γνωρίζοντας εκ' των πρότερων τη πρόβλεψη της διάδοσης, μπορούμε να επικοινωνήσουμε με τον τόπο που μας ενδιαφέρει τη χρονική στιγμή που οι συνθήκες διάδοσης των ραδιοκυμάτων στην κατάλληλη συχνότητα και ώρα θα είναι οι πλέον ευνοϊκές.

Κάνοντας μια ιστορική αναδρομή στο παρελθόν για την εξέλιξη των προγραμμάτων πρόγνωσης ιονοσφαιρικής διάδοσης, θα μπορούσαμε να αναφέρουμε πώς το πολεμικό ναυτικό των **U.S.A** για τις προβλέψεις του **MUF** χρησιμοποιούσε το **NOSC**. Μια από τις πρώτες εκδόσεις για **Home Computer** και για ραδιοερασιτέχνες κυκλοφόρησε στο **QST 12/82** από τον **K6GKU** με την επωνυμία **MINI MUF**. Αυτό το πρόγραμμα υπολόγιζε το **MUF** για απλό διασκελισμό ( άλμα ) του ραδιοκύματος.

Ψάχνοντας σήμερα κάποιος στο **διαδίκτυο** θα βρει λογισμικό υλικό (προγράμματα) που μπορούν να αποκτηθούν εύκολα με κάποιο χρηματικό ποσό ή και δωρεάν.

**ΣΤΑΘΗΣ ΠΑΝΤΟΣ**

**SV1BAC ex i8jke, sv0cv**

**E-mail: [stathispantos@yahoo.com](mailto:stathispantos@yahoo.com)**

**[sv1bac@gmail.com](mailto:sv1bac@gmail.com)**