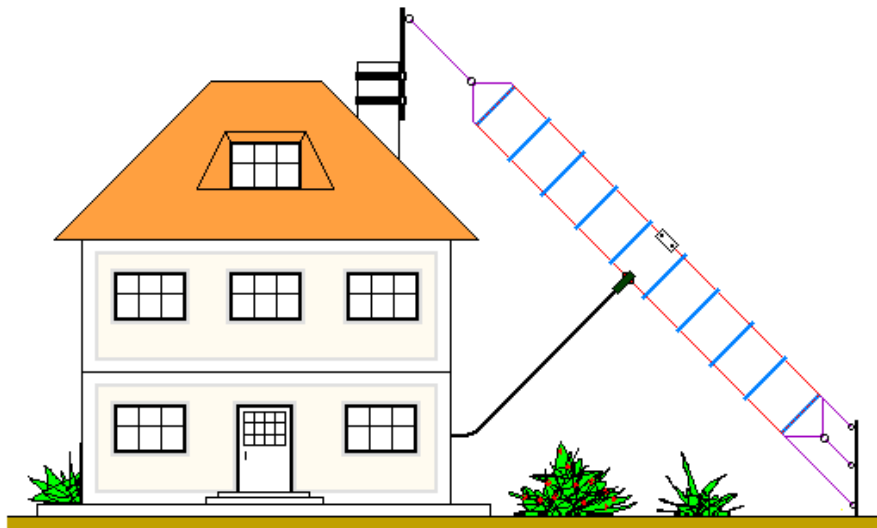


# Κεραία T2FD



**Στάθης Πάντος**  
**SV1BAC**  
**ex i8jke, sv0cn**

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

# Μια Ευρυζωνική Κεραία.

## "T2FD"

Το όνομα της κεραίας **T2FD** προέρχεται από τα ακρώνυμα των λέξεων "**Terminated Tilted Folded Dipole**" που σημαίνει στα Ελληνικά "**τερματισμένο κεκλιμένο αναδιπλωμένο δίπολο**". Επινοήθηκε κατά το δεύτερο ήμισυ της δεκαετίας του σαράντα από τον πλοίαρχο **G. L. Countryman (W3HH)** του Πολεμικού Ναυτικού των Η.Π.Α.

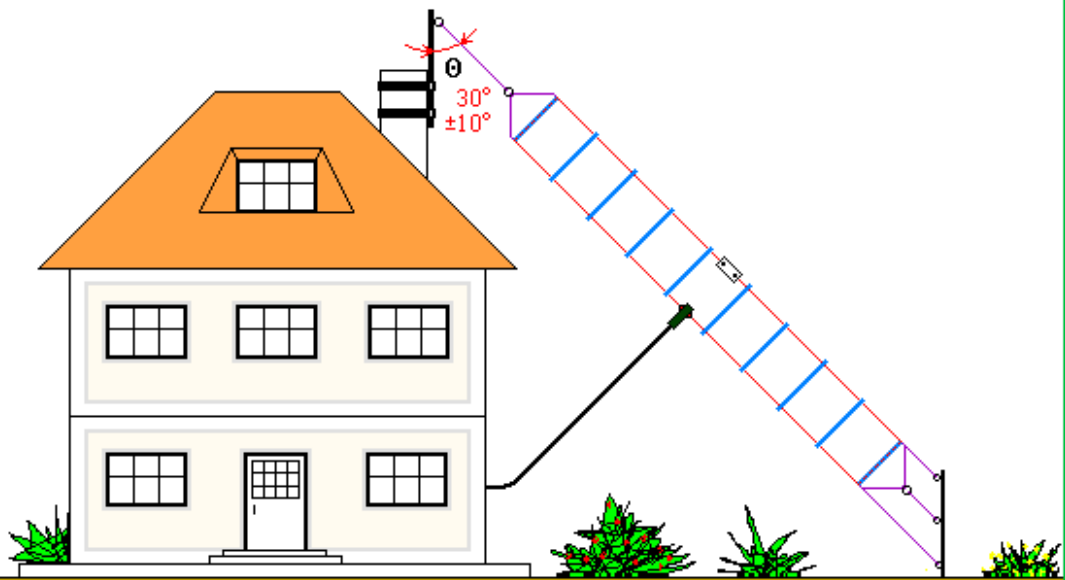
Το πολεμικό ναυτικό, με αλληπάλληλες συνεχείς δοκιμές από το **Ναύσταθμο του Long Beach** της **California** χρησιμοποιώντας ένα πομπό **ναυτικού τύπου TCC** του **1KW** σε ένα φάσμα συχνοτήτων από **2 έως 18 MHz** εκπομπής και λήψης, μετά ένα χρόνο δοκιμών σε όλες τις συχνότητες κατέληξε πως η **T2FD** είναι ανώτερη από τις άλλες απλές κεραία μιας μπάντας που χρησιμοποιούσαν στο ναύσταθμο. Αφαίρεσαν κατά την διάρκεια των δοκιμών όλες τις άλλες συρμάτινες κεραίες που χρησιμοποιούσαν μέχρι εκείνη τη στιγμή.

Την ίδια χρονική περίοδο παράλληλες δοκιμές έγιναν και στην **Ιαπωνία** από την εταιρία τηλεπικοινωνιών **Kyushu** καταλήγοντας και αυτή στο συμπέρασμα πως η **T2FD** είναι ανώτερη της "**Zeppelin**" και των άλλων **διπόλων λ/2** που χρησιμοποιούσαν προηγουμένως.

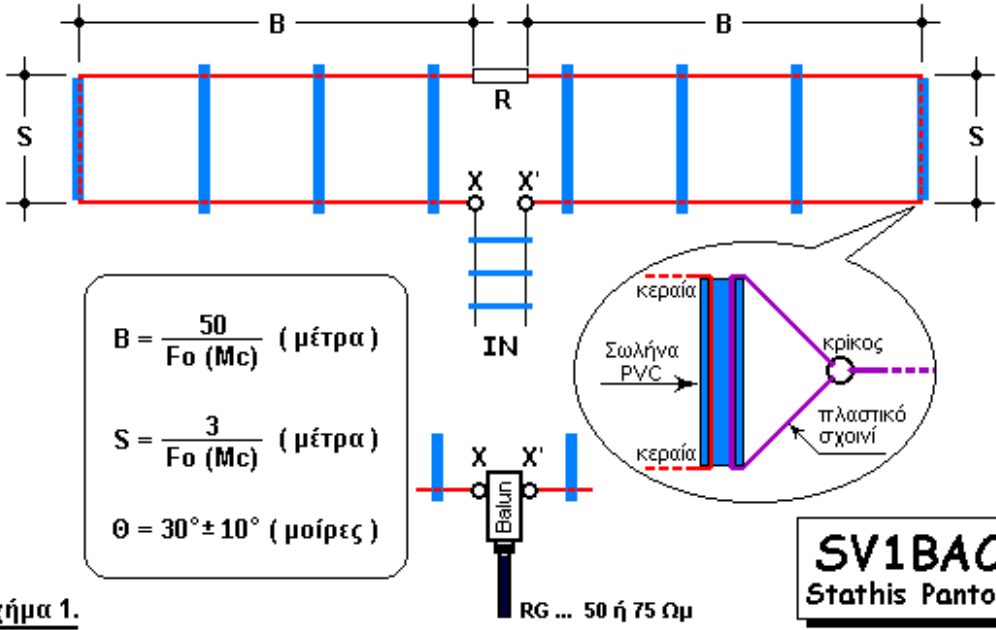
Οι λοβοί ακτινοβολίας αυτής της κεραίας απεδείχθησαν καλύτεροι από αυτούς μιας **κατακόρυφης κεραίας Μαρκόνι**. Σταθμοί συνεργασίας σε διάφορα μέρη παρατήρησαν πως και η **απολαβή της (το Gain)** στη λήψη ήταν καλύτερη από **4 έως 8dB** σε σύγκριση με αυτής του διπόλου, ανάλογα στη συχνότητα που λειτουργούσε και το μήκος που είχε. Χαρακτηρίστηκε επίσης σαν κεραία χαμηλού θορύβου. Το αδιαμφισβήτητο όμως πλεονέκτημα πέραν όλων των άλλων είναι η ευρυζωνικότητα την οποία έχει. Σε όλο το φάσμα των συχνοτήτων που καλύπτει παρουσιάζει σχετικά ένα μικρό λόγο στασίμων κυμάτων οπότε δεν χρειάζεται να χρησιμοποιήσουμε **εξωτερικό Antenna Tuner** για να συντονιστούμε στις διάφορες συχνότητες.

Μέχρι το **1949** δεν ήταν γνωστή, την χρησιμοποιούσε μόνο το πολεμικό ναυτικό των Η.Π.Α και πέραν αυτού κανείς άλλος. Τον μήνα **Ιούνιο** του ίδιου έτους στο περιοδικό **QST** στη σελίδα **54** ο **W3HH** κάνει για πρώτη φορά την παρουσίαση αυτής της κεραίας, πολύ αργότερα τον **Μάιο του 1984** δίδονται

# Κεραία T2FD



$R_{xx'} = 300 \Omega$	$\rightarrow R = 400 \Omega$ ή (375-425 $\Omega$ )	$\rightarrow$ Balun 4:1 ή 6:1
$R_{xx'} = 450 \Omega$	$\rightarrow R = 500 \Omega$	$\rightarrow$ Balun 9:1
$R_{xx'} = 600 \Omega$	$\rightarrow R = 650 \Omega$	$\rightarrow$ Balun 12:1
$R_{xx'} = 820 \Omega$	$\rightarrow R = 900 \Omega$	$\rightarrow$ Balun 16:1



Σχήμα 1.

επί πλέον πληροφορίες για την κατασκευή της από το περιοδικό **73** της **ARRL**. Κατόπιν λοιπόν της πρώτης δημοσιοποίησης στο ευρύ κοινό, άρχισε και η χρήση της από πολλούς ραδιοερασιτέχνες και ακροατές των HF και βλέπουμε σήμερα να κατέχει και εμπορική θέση στην αγορά των κεραιών.

Στο **σχήμα 1** φαίνονται τα κύρια χαρακτηριστικά της **T2FD**. Μοιάζει με ένα αναδιπλωμένο δίπολο, αλλά, οι διαστάσεις της, η ύπαρξης της τερματικής αντιστατευπαγωγικής αντίστασης **R** και η κρίσιμη γωνία κλίσης μεταξύ των **20° - 40° μοιρών** με βέλτιστη αυτή των **30°** ως προς την κατακόρυφο, την καθιστούν απεριοδική κεραία ενός στοιχείου, με κάθετη πόλωση **ομοιογενούς ακτινοβολίας (omnidirectional)** και με ωφέλιμη **σχέση μήκους - συχνότητας** τουλάχιστον **από 4:1 έως 6:1**. Το τελευταίο σημαίνει πως μπορεί να λειτουργεί έως την **4πλάσια** και **6πλάσια συχνότητα** από αυτή για την οποία έγινε ο υπολογισμός της κατασκευής της.

Μια τέτοια κεραία σχεδιασμένη για τους **7 MHz**, μπορεί να εργαστεί άνετα σε όλες τις συχνότητες που μεσολαβούν από τους **7** έως τους **30 MHz**. Οι διαστάσεις της συγκριτικά με τη συχνότητα στην οποία εργάζεται, είναι αρκετά μικρότερες από αυτές που καταλαμβάνει ένα απλό δίπολο της ίδιας συχνότητας, πράγμα πολύ σημαντικό για την περίπτωση που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε κεραιές χαμηλών συχνοτήτων και δεν διαθέτουμε ευρύτητα χώρων για την τοποθέτησή τους. Για παράδειγμα ένα δίπολο **λ/2** καταλαμβάνει ένα μήκος περίπου **20** μέτρων ενώ μια **T2FD 14,33 μέτρα**. Οι κεραιές **λ/2** στα **40m** για μια ικανοποιητική απόδοση ακτινοβολίας πρέπει να υψωθούν περίπου στα **20** μέτρα και στο ύψος αυτό να χρησιμοποιηθούν δύο στηρίγματα (ορθοστάτες). Σε αντίθεση με την προηγούμενη, η κεραία **T2FD** χρειάζεται ένα κατακόρυφο στήριγμα ύψους περίπου **11** μέτρων και άλλο ένα, όχι μικρότερο του **1 μέτρου και 80 εκατοστών**.

Ο εμπνευστής και φέρων την πατρότητα της δημιουργίας αυτής της κεραιάς ο **W3HH**, δεν έδωσε ποτέ αναφορά θεωρητικής ανάλυσης.

Η αφετηρία της σκέψης του μπορεί να είχε σχέση με την **Ρομβική Κεραία**, άλλωστε πολλοί αποκαλούν την **T2FD** "**φτωχή αδελφή της Ρομβικής**".

Η τοποθέτηση της αντίστασης **R** στο κλειστό κέντρο συμμετρίας είναι αυτή που της προσδίδει την δυνατότητα να λειτουργήσει ευρυζωνικά και την καθιστά **Κεραία Οδεύοντος Κύματος**. Επίσης οι διαστάσεις του μήκους, του πλάτους και η γωνία κλίσης ως προς την κατακόρυφο που έχει ο διαμήκης άξονάς της, είναι τα καθοριστικά κατασκευαστικά της στοιχεία.

Το ολικό της μήκος κατέχει το **1/3** του μήκους κύματος (**λ**) της χαμηλότερης συχνότητας με την οποία γίνεται ο κατασκευαστικός της υπολογισμός, το δε

πλάτος της το  $1/100$ . Να σημειωθεί πως το μήκος κύματος  $\lambda$  εκφρασμένο σε μέτρα (m) είναι ίσο με το λόγο  $300/F_0$ . Όπου  $F_0$ , η συχνότητα σε MHz. Έτσι λοιπόν κάθε βραχίονας (μπράτσο) " B ", που είναι η απόσταση των άκρων της κεραίας, από το κέντρο τροφοδοσίας της ή της αντίστασης τερματισμού, εκφρασμένο σε μέτρα, είναι ίσο με τον λόγο  $50/F_0(\text{MHz})$ .

Η απόσταση μεταξύ των δύο τεταμένων βραχιόνων " S " εκφρασμένη και αυτή σε μέτρα είναι ίση με τον λόγο  $3/F_0(\text{MHz})$ .

Και στις δύο περιπτώσεις το  $F_0$  εκφράζει την συχνότητα σε MHz που αντιστοιχεί στη χαμηλότερη συχνότητα του εύρους κάλυψης της κεραίας και την οποία συχνότητα χρησιμοποιούμε για τους κατασκευαστικούς υπολογισμούς. Στον Πίνακα 1 φαίνονται οι διαστάσεις που καταλαμβάνει η T2FD σε διάφορες συχνότητες.

Διαστάσεις Κεραίων ( T2FD )		
Μπάντα (MHz)	Μήκος Κεραίας = 2B ( μέτρα )	Πλάτος Κεραίας = S ( μέτρα )
1,8	55,55	1,66
3,6	27,77	0,83
6,5	15,38	0,46
7,0	14,29	0,43
10,0	10,00	0,30
14,0	7,14	0,21
18,0	5,55	0,17
21,0	4,76	0,14
24,5	4,10	0,12
28,0	3,57	0,11
Πίνακας 1		

Η αντίσταση τερματισμού  $R$  (\*) είναι ίση με την σύνθετη αντίσταση εισόδου συν μια προσαύξηση του **5%-10%**. Όπως προαναφέρθηκε είναι αντιαυτεπαγωγικού τύπου εάν θέλουμε η κεραία να είναι απεριοδική σε όλο το φάσμα της ευρυζωνικότητας που καλύπτει και να μην παρουσιάζει αιχμές συντονισμού.

Θα μπορούσε όμως αυτή να αντικατασταθεί από μία απλή αντίσταση (σύρματος) που παρουσιάζει κάποια αυτεπαγωγή, σε αυτή την περίπτωση όμως η αντίσταση σε μία ή και περισσότερες συχνότητες θα μπορούσε να θέσει την κεραία σε συντονισμό με αποτέλεσμα να αλλάξει η σύνθετη αντίσταση εισόδου και να ακυρωθεί η λειτουργία της άμεσα.

Κατόπιν αυτού προκύπτει πως η αντίσταση τερματισμού της κεραίας θα πρέπει να είναι αντιαυτεπαγωγικού τύπου και μόνο, για να μην προσθέτει

καμία αυτεπαγωγή στον αγωγό ακτινοβολίας πέραν αυτής που φέρει από μόνος του.

Όταν η σύνθετη αντίσταση εισόδου είναι **300 Ωμ** η αντίστασης τερματισμού **R** για τη βέλτιστη απόδοση είναι **400 Ωμ**, χωρίς να αποκλείονται οι τιμές από τα **375** έως και τα **425 Ωμ** οι οποίες είναι καθ' όλα θεμιτές, μια ωμική τιμή εμπορίου που την χρησιμοποιούν αρκετοί είναι αυτή των **390 Ωμ**. Όταν στην είσοδο έχουμε **450 Ωμ** η τιμή της **R** είναι τα **500 Ωμ**, ενώ για **600 Ωμ** στην είσοδο, η **R** γίνεται **650 Ωμ**.

Τερματικές Αντιστάσεις (Ωμ)			
Αντίσταση Εισόδου (Ωμ)	Παράλληλα Συνδεδεμένες Αντιστάσεις των 2W	Ολική Αντίσταση (Ωμ)	Ολική Ισχύς (W)
300	21 X 8,2 ΚΩ	390	42
450	20 X 10 ΚΩ	500	40
600	23 X 15 ΚΩ	652	46
820	30 X 27 ΚΩ	900	60

Πίνακας 2

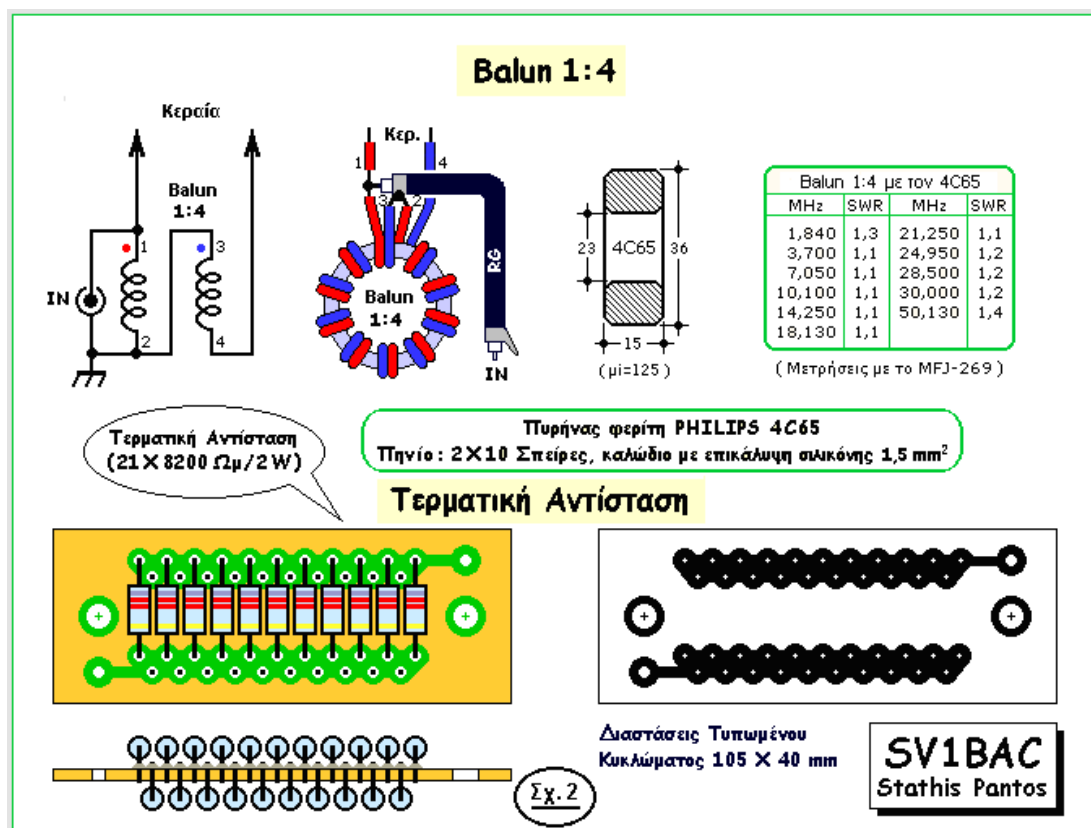
Η τερματική αντίσταση **R** όταν η κεραία χρησιμοποιείται αποκλειστικά για λήψη μπορεί να είναι σε ισχύ **0,5-2W** και ποιοτικά **άνθρακα**, όταν όμως χρησιμοποιείται και για εκπομπή σήματος θα πρέπει να μπορεί να απορροφά το **1/3** της ισχύος εξόδου του πομπού, μετατρέποντας το προφανώς σε θερμότητα, δηλαδή εάν εκπέμπουμε **100W** η αντίσταση **R** πρέπει να είναι τουλάχιστον ισχύος **33W** με προσθήκη ανοχών, σε διαφορετική περίπτωση η παρατεταμένη χρήση της θα την καταστρέψει από υπερθέρμανση.

Αυτό το ποσοστό ενέργειας που απορροφά η **R** μπορεί να φαίνεται ως σοβαρή απώλεια μα στην πραγματικότητα πρόκειται για μια απόσβεση σήματος του **1,5-2 dB**, μέγεθος που μεταφράζεται σε λιγότερο από μισή μονάδα στο **S-meter** του σταθμού που μας διαβάζει κατά την διάρκεια της εκπομπής μας, άλλωστε αυτή η απώλεια αντισταθμίζεται από τα προτερήματα που μας δίνει αυτή η κεραία και δη την ευρυζωνικότητα της.

Η εύρεση της τερματική αντίσταση **R** (\*) στην αγορά ηλεκτρονικών εξαρτημάτων δεν είναι και τόσο εύκολο πράγμα. Μπορεί να γίνει έρευνα αγοράς σε διεθνή κλίμακα, μέσω διαδικτύου και να βρεθεί αυτή που χρειαζόμαστε, εάν αυτό καταστεί αδύνατο, υπάρχει η δυνατότητα να κατασκευαστεί αυτή τοποθετώντας παράλληλα τόσες αντιστάσεις άνθρακα που σε ολική αντίσταση και ισχύ θα μας δώσουν τις ζητούμενες τιμές, βλέπε **πίνακα 2**. Παράδειγμα, για **300 Ωμ** στην είσοδο η τερματική αντίσταση **R**

μπορεί να κατασκευαστεί από 21 αντιστάσεις παράλληλα συνδεδεμένες μεταξύ τους, των  $8200\Omega/2W$  η κάθε μια. Η ολική αντίσταση όλων μαζί είναι περίπου ίση με  $390\Omega/42W$  βλέπε σχήμα 2. Η κατασκευή της μπορεί να γίνει επάνω σε ένα κομμάτι μονωτικού υλικού όπως βακελίτη ή ακόμη σε ένα τυπωμένο κύκλωμα τοποθετώντας όμως τις αντιστάσεις σε μία απόσταση από αυτό που θα ευνοήσει την απαγωγή θερμότητας από τα ρεύματα αέρος. Άλλες λύσεις τερματικής αντίστασης δίνονται και στο σχήμα 4.

Η σύνθετη αντίσταση εισόδου μπορεί να κυμαίνεται από 300-900  $\Omega$ . Την τιμή των 900 $\Omega$  την πρότεινε ο αείμνηστος L. B. Cebik, W4RNL που άφησε



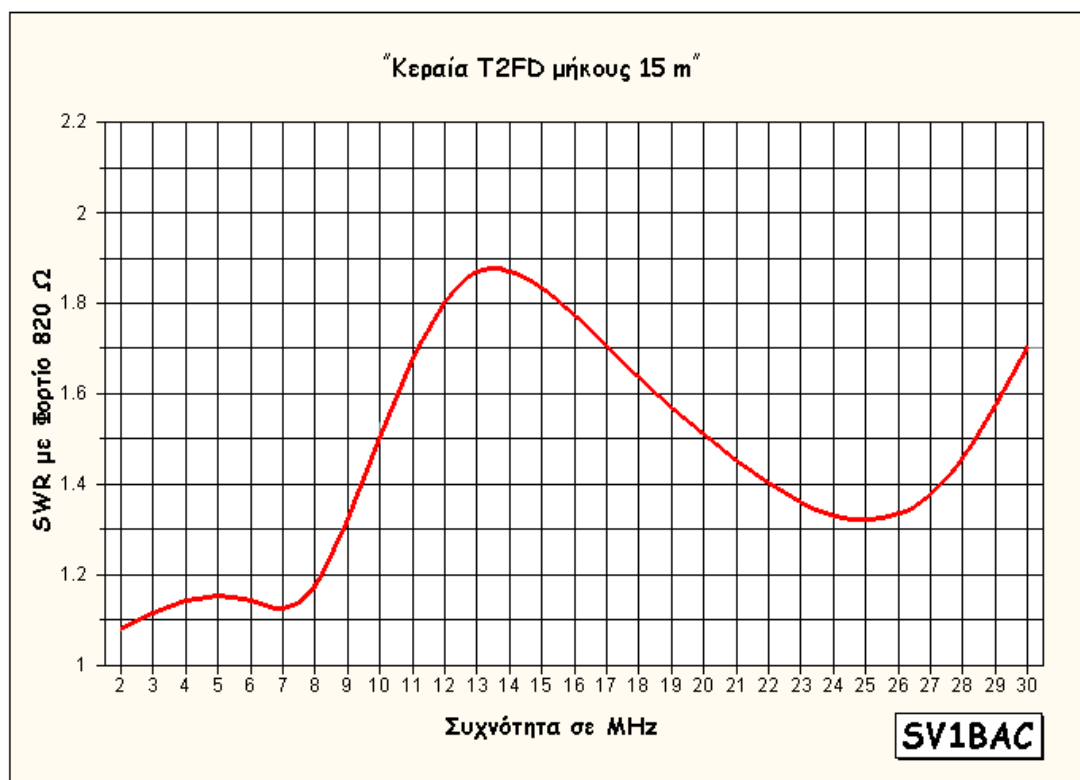
ένα σπουδαίο έργο στο χώρο του ραδιοερασιτεχνισμού. Η κεραία τροφοδοτείται με 820  $\Omega$  και η τερματική της αντίσταση είναι 900 $\Omega$ , φυσικά για μια τροφοδοσία 50 $\Omega$  χρειάζεται ένα Balun 1:16. Εάν παρατηρήσει κανείς στο σχ.3 τα διαγράμματα του SWR σε συνάρτηση με τις συχνότητες λειτουργίας θα διαπιστώσει πως η κεραία εργάζεται με μικρό λόγο στασίμων κυμάτων στις χαμηλές συχνότητες. Λόγω μικρού μήκους όμως σε αυτές τις συχνότητες παρουσιάζει πτώση η απολαβή της. Ανάλογα με τις ανάγκες που υπάρχουν γίνονται και οι επιλογές.

Η T2FD μπορεί να τροφοδοτηθεί και με ανοικτή γραμμή και με ομοαξονική. Στη δεύτερη περίπτωση θα χρειαστεί να τοποθετήσουμε πάντα ένα Balun

μεταξύ κεραίας και γραμμής μεταφοράς με τέτοιο λόγο δευτερεύον/πρωτεύον που να προσαρμόζει την αντίσταση εισόδου της κεραίας στα 50 ή 75 Ωμ του ομοαξονικού καλωδίου που την τροφοδοτεί.

Στη περίπτωση χρήσης ανοικτής γραμμής φροντίζουμε να απέχει αυτή από μεταλλικά αντικείμενα και επιφάνειες για να μην αλλοιωθούν τα χαρακτηριστικά της.

Τα Balun 1:4, 1:6, 1:9, 1:12, 1:16 με φάσμα λειτουργίας 1,8-30 MHz βρίσκονται στην αγορά έτοιμα ή ακόμη μπορούν να κατασκευαστούν με τοροειδείς πυρήνες φερίτη. Για την κατασκευή του 1:4 δεν υπάρχουν προβλήματα είναι μια εύκολη κατασκευή, στο σχήμα 2 παρατίθεται το ηλεκτρικό κύκλωμα και η κατασκευή του με ένα πυρήνα της PHILIPS τον 4C65 ο οποίος είναι πολύ οικονομικός και βρίσκεται εύκολα στην Ελληνική αγορά (\*\*), η ισχύς του δεν υπερβαίνει τα 200W.



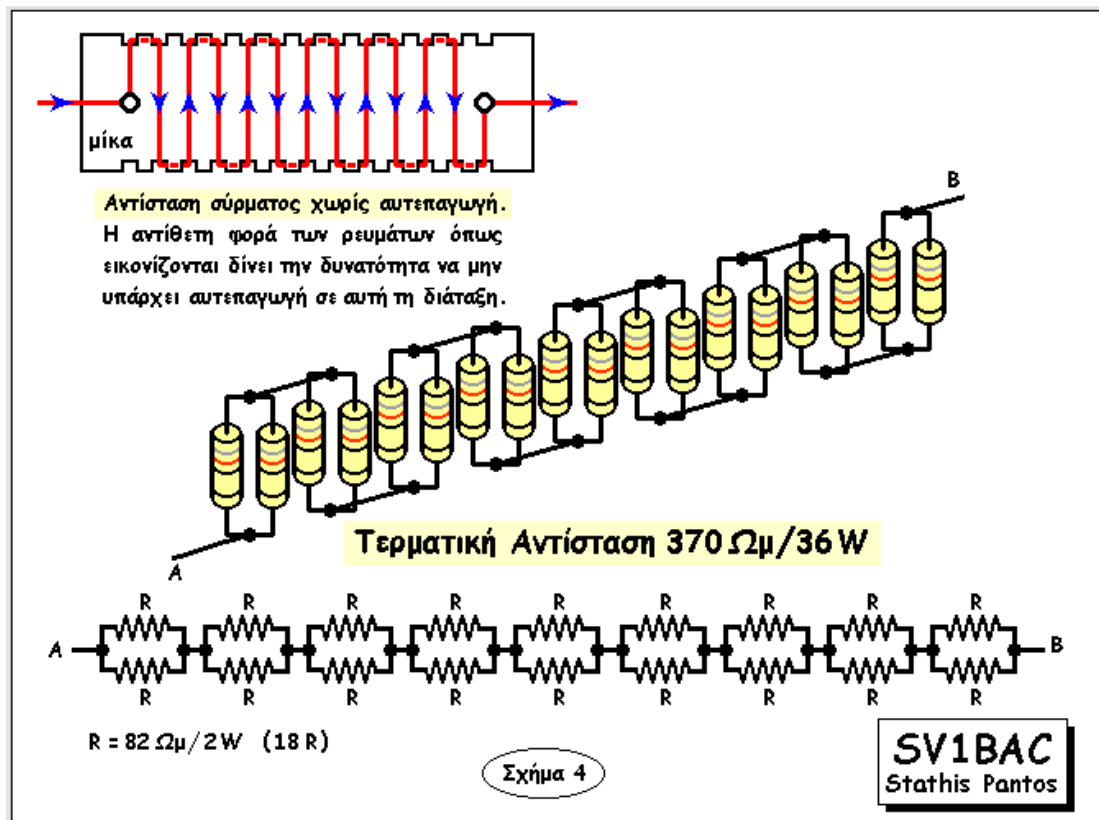
Σχήμα 3.

Τα υπόλοιπα είναι δύσκολο να φτιαχτούν, θα χρειαστεί να τα βρείτε μέσα από το διαδίκτυο, εμπορικού τύπου (\*\*\*) , ή εάν θέλετε να τα φτιάξετε μόνοι σας και δεν υπάρχει η ανάλογη γνώση, πρέπει να αντλήσετε πληροφορίες από το διαδίκτυο ή από σχετική ραδιοερασιτεχνική βιβλιογραφία.



Ολοκληρώνοντας, να ληφθεί υπόψη πως η T2FD είναι μια κεραία **κοντινών και μεσαίων αποστάσεων** που δεν κάνει θαύματα έχει όμως τα προτερήματα:

1. Του χαμηλού θορύβου
2. Της ευρυζωνικότητας που είναι σημαντικό και σπουδαίο
3. Της εύκολης σχετικά τοποθέτησης και σε αστικά κέντρα και τέλος
4. Δεν χρειάζεται αυτός που την χρησιμοποιεί να κάνει χρήση ταυτόχρονα ενός **Antenna Tuner**.



(\*) Resistor non Inductive, μάρκας VISHAY από την RS ή από την BUCKSCOMM Corp. <http://buckscomm.com/>

(\*\*) ΦΑΝΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ, ΣΟΛΩΜΟΥ 39, ΑΘΗΝΑ -10682, Τηλ.: 210-3828748

(\*\*\*) BUCKSCOMM Corp. <http://buckscomm.com/>

**Στάθης Πάντος**

**SV1BAC ex i8jke, sv0cn**

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

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