

Trei antene scurtate – The good, the bad and the weird

Nu sunt în totalitate de acord cu afirmația **“Dacă Antenă NU e NIMIC nu e”**. Eu aş spune că dacă antenă nu e poți rămîne măcar cu satisfacția că ai acordat un fir. Cât balast reprezintă firul întins deasupra blocului pe care noi cei din zona urbană îl numim *antenă*, reprezintă *chiar tema acestui material*. Trei antene mi-am propus să aduc în discuție, toate trei, putând fi incluse în categoria antenelor scurtate (urbane): antena dipol-scurt cu încărcare inductivă, antena inductivă de tip buclă (loop) și antena Bazooka (din linii coaxiale). Vom decide împreună cum vom face subordonarea între antene și sintagmele lor: *good* (bună), *bad* (proastă) și *weird* (ciudată).

- *Vii cam subțire omule mai bagă niște cărbuni ori pune și tu, omule, o antenă mai ca lumea.*

Cine nu a auzit fraza de mai sus are o antenă mult prea scurtă pentru banda de 80m. Antenele scurtate sunt un compromis mai ales pentru zonele urbane, dar, asta nu înseamnă că nu pot fi utilizate cu succes în locul clasicului dipol. Ce compromisuri se fac și mai ales care sunt costurile acestei scurtări ale radiatorului întins, vom înțelege în ceea ce urmează.

Antena dipol-scurt cu încărcare inductivă

Este antena cu care voi începe pentru că e antena pe care am contruit-o prima dată și pe care încă o folosesc. Aceasta este o antenă scurtată de la lungimea de $\frac{\lambda}{2}$ la numai $\frac{\lambda}{4}$. Același raport de scurtare de aproape 0,5 a fost obținut și cu antena verticală de tip Marconi cu radiale îngropate sau elevate. Totuși, aici este vorba de un dipol nu de un monopol. Antena are intrare simetrică deci are nevoie de un Balun 1:1 pentru conectarea cablului coaxial la mijlocul antenei. Poate fi întinsă orizontal sau poate face un anumit unghi astfel încât se poate transforma ușor într-un *Inverted Vee* (V răsturnat). Cu cât unghiul de la mijloc este mai ascuțit cu atât caracteristica de radiație în planul orizontal (planul E) se apropie de cea a unei antene omni-direcționale. Distanța minimă ideală față de un sol perfect fără pierderi este de $\frac{\lambda}{4}$ pentru a obține maximul de radiație în sus. Așa cum se va arăta, distanța față de sol, solul, influențează impedanța de intrare, caracteristica de radiație și eficiența de radiație. Aici vom modela antenele scurtate și apropiate de sol. În figura 1 se poate vedea antena dipol-scurt cu cele două încărcări inductive L împinse spre capetele antenei. Cu cât bobinele L sunt mai aproape de capete, inductanța lor crește pentru a compensa scurtarea.

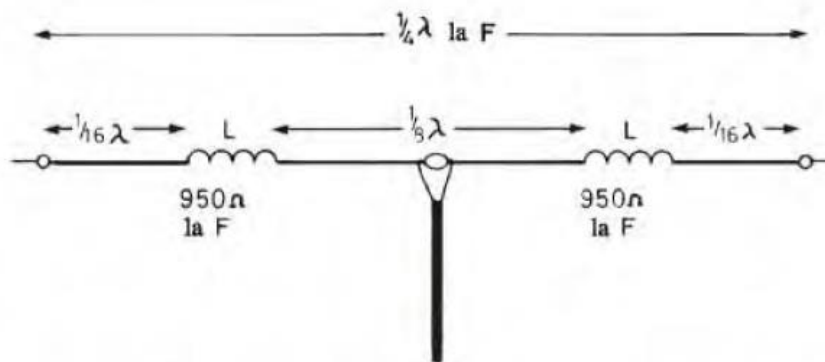


Fig.1 Desenul antenei dipol-scurtat desenată de John D. Heys G3BDQ

Dacă inductanța L scade, antena se lungeste pentru a rămâne rezonantă la frecvența de lucru. Pierderile vor fi cu atât mai mici cu cât inductanțele au un număr mai mic de spire. Inductanțele pot fi plasate oriunde, dar simetric față de mijloc. Pentru a produce același efect o inductanță plasată înspre capetele dipolului trebuie să aibă o valoare mai mare.

Scopul propus este acela de a scurta cât mai mult antena cu inductanțe mai mari. Dacă inductanțele vor fi plasate la distanțe egale de capete la circa $\frac{\lambda}{16}$ atunci, se pot calcula prin metode analitice impedanțele antenei în aceste puncte. Iată un tabel din care rezultă cum se pot determina valorile bobinei L în raport cu factorul de scurtare dorit:

Factor scurtare la %	Reactanta X_L [Ω] (L spre mijloc)	Reactanta X_L [Ω] (L la jumătate brat)
20%	1800	2800
30%	950	1800
40%	700	1800
50%	500	1300
60%	360	950
70%	260	700
80%	160	500
90%	75	160

Dacă antena se scurtează la 20% asta înseamnă o reducere de la $\frac{\lambda}{2}$ la $\frac{\lambda}{10}$. Puse la mijlocul antenei bobinele L ar trebui să aibă la frecvența de lucru o reactanță de numai 1800 Ohmi pe când puse la mijlocul brațelor antenei (stânga/dreapta) reactanța va crește la 2800 Ohmi cu același efect.

$$L_{\mu H} = \frac{X_L [\Omega]}{6,28 * f [Hz]} 10^6$$

Logic ar fi să aleg plasarea spre mijloc a încărcării inductive pentru a minimiza pierderile în bobine. Aceste calcule au mai fost prezentate în diferite articole pe site, așa că, nu am să insist asupra modului de calcul mai ales că se pot cel mai ușor găsi valorile inductanțelor L în faza de modelare numerică pentru diferite distanțe de capete. Voi prezenta tabelul cu valorile necesare proiectării determinate de G3BDQ – John.

Tab. 1 – Dimensionarea bobinelor L având un condensator de 100pF plasat în paralel

Banda în [MHz]	Inductanța în [μ H]	Frecvența de rez. LC (100pF)
3,6	40	2,6
7	25	3,2
14	12	4,5
21	8	5,6
28	6	6,6

Se poate vedea în tabelul 1 că pentru a se ajunge la impedanța cerută la distanța de $\frac{\lambda}{16}$ de capete de 950 Ohmi, la frecvența de lucru și pentru menținerea lui L la valori mici (pierderi mici la număr mic de

spire) s-a optat pentru plasarea unei capacități de 100 pF în paralel cu bobina. Lucrul acesta conduce la un TRAP și nu mai reprezintă o încărcare inductivă pură. Pe de altă parte în banda de 80 m capetele antenei sunt de câte 5 m, iar mijlocul de 10 m. Antena are lungimea de aproximativ 20 m așa cum am dorit adică un dipol scurtat cu 50%. Cu toate acestea eu am dorit o antenă cu încărcare pur inductivă fără capacități așa cum pretinde principiul de la care s-a pornit. Ideea a fost să obțin o antenă cu două benzi pentru benzile de 3,7 și 7 MHz fără trapuri. Pentru asta am împins bobinele L spre capete astfel încât partea din mijloc să aibă lungimea de aproximativ 20 m și lungimea totală a antenei să rămână sub 26 m (adică un factor de micșorare de 0,65-0,6 față de dipolul clasic ce ar fi avut 40 m; un compromis în alt compromis).

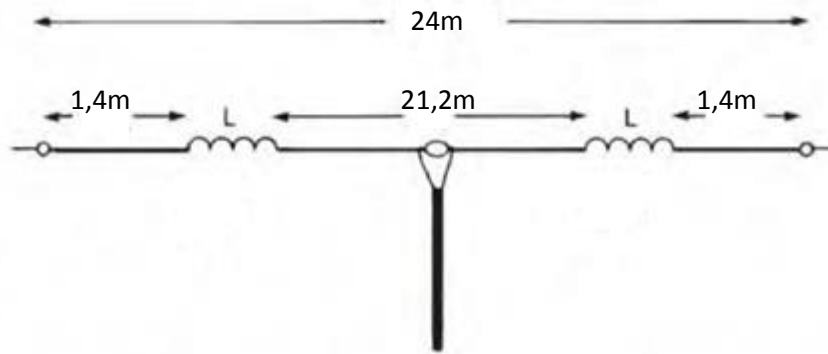


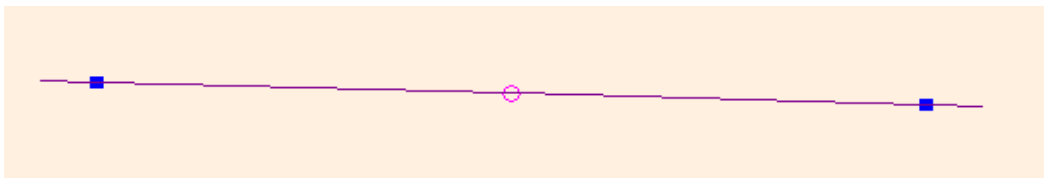
Fig. 2 Desenul antenei dipol-scurtat dual-band cu încărcare pur inductivă

Ideea de împingere forțată a bobinelor spre capete în vederea obținerii dublei rezonanțe nu-mi aparține fiindu-mi sugerată de amicul Sergiu-YO5CRI ce o aflase de la un amic ce, la rândul lui, a văzut antena la un amic al său, știți și voi, cam ca în schițele lui nenea Iancu. Altfel zis, e o antenă din folclorul autentic la care s-a pierdut autorul devenind baladă populară (de fapt la fel s-a întâmplat și cu sensul cuvântului antenă care în latină însemna *Yard marinăresc* și care, în conotație arhaică, își trage sensul de la bățul din vârful catargului). Bobina L are 185 spire bobinate din CuEm cu diametrul de 1mm. Diametrul tubului pe care s-au bobinat spirele este de 25mm deci inductanța bobinei este de aproximativ 100uH (mare).

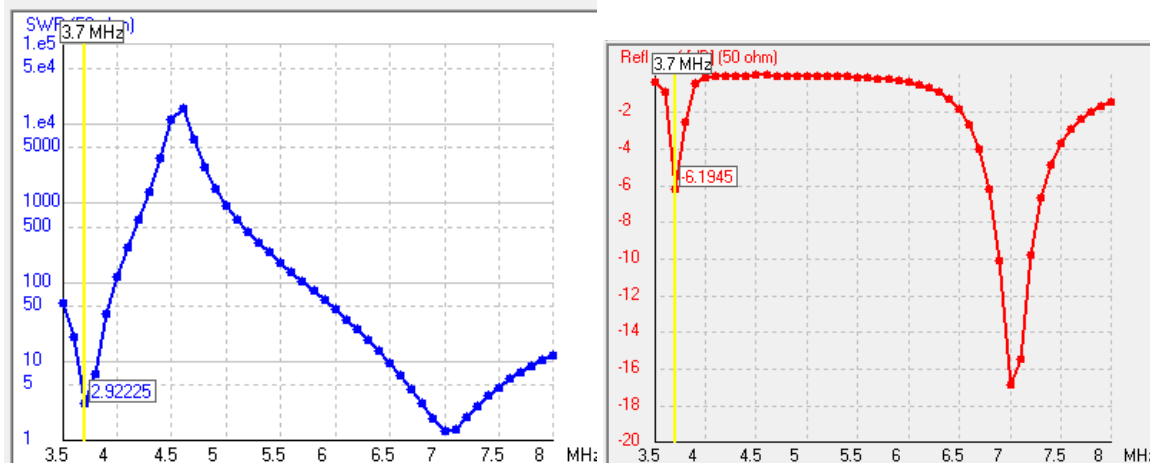
<http://hamwaves.com/antennas/inductance.html>

Bobina este srânsă spiră lângă spiră pe un singur strat pe un tub de plastic cu lungimea de 0.2 m.

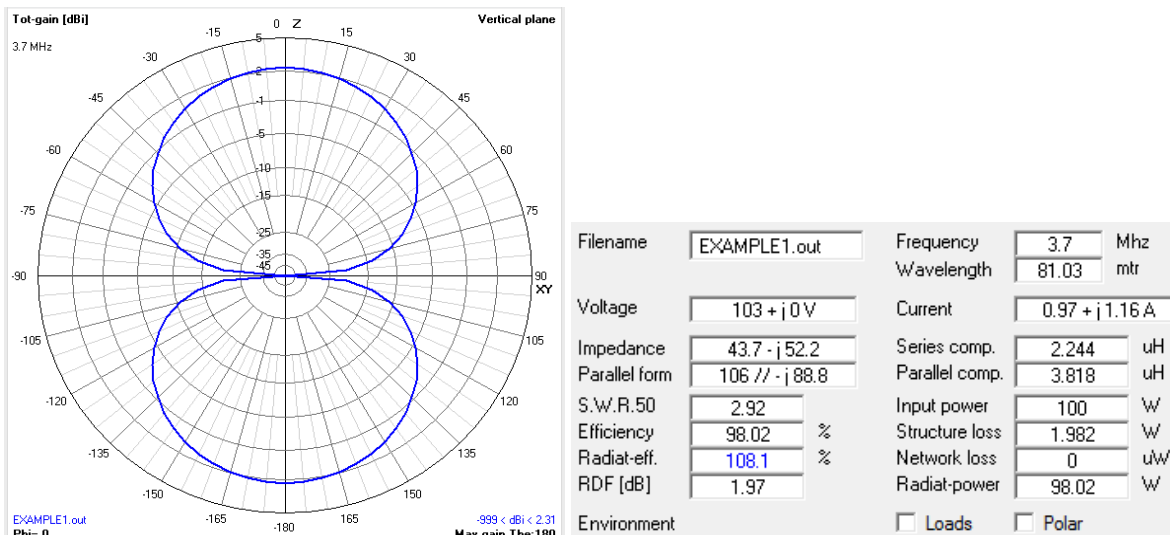
Simularea antenei în 4nec2 relevă ceea ce am măsurat la această antenă după executarea ei practică și anume că, are două rezonanțe. Pentru simulare am utilizat conductor cu diametrul de 4mm așa cum este și în realitate.



Prima simulare s-a realizat cu antena întinsă și fără efectul solului.



Se văd cele două rezonanțe la 3,7 și 7 MHz.



Fără efectul solului caracteristica (în plan vertical) de radiație arată un câștig maxim de 2,31 dBi. Din cauza bobinelor din 100 W injectați, 2W se pierd. În antenă ajung 98W deci eficiența în cazul alimentării antenei este de 98%. Eficiența de radiație este de 100%, dar, hai să vedem cum se calculează și de ce este importantă.

Ce este eficiența de radiație? Ea reprezintă energia utilă radiată la distanță în raport cu cea care a fost radiată (aici 98W) în zona de câmp apropiat. Calculul acestei eficiențe de radiație se bazează pe observația că în condiții ideale nu poți radia o putere mai mare decât ai injectat. Programul parcurge caracteristica de radiație ce reprezintă câștigul antenei (far field), punct cu punct, și, calculează un câștig mediu. În condiții normale câștigul mediu ar trebui să fie 1 pe o scară lineară, adică dacă pe anumite direcții avem un câștig de 2 sau 3 pe altele trebuie să avem un câștig foarte mic de 0,01 sau chiar mai mic. Dacă nu sunt pierderi, calculând câștigul mediu (pentru toate direcțiile – 360 de grade aici) ar trebui să avem un câștig unitar ceea ce înseamnă că nu putem radia o energie mai mare decât cea injectată. Uneori această valoare de 1 poate fi depășită din cauză că se calculează cu un pas unghiular finit ceea ce conduce la erori (aici 108,1 în loc de 100%). Câștigul mediu astfel calculat se înmulțește cu 100 pentru a fi exprimat în procente

(asemenea unui randament). **Rezultatul este numit eficiență de radiație și ne arată cât de eficient este transferul energiei din zona near field în zona far field.**

Ce s-ar întâmpla dacă ar exista pierderi în antenă?

Atunci eficiența ar fi de sub 100% pentru că aici (4nec2) eficiența reprezintă raportul dintre puterea injectată minus ce se pierde în antenă sub formă de căldură per puterea injectată în antenă. În cazul în care sunt pierderi în conductor eficiența poate fi mai mică de 100% pe când eficiența de radiație poate fi aceeași. Numai dacă câștigul mediu al antenei ar scădea să zicem de la 1 la 0.75 s-ar reduce și eficiența de radiație. Eficiența de radiație ar fi atunci de 75%. Asta înseamnă că 25% din putere se pierde probabil în căldură dar în obiectele din jur ce o absorb (de exemplu pământul). Ca urmare a acestei absorbții, caracteristica de radiație în zona de câmp îndepărtat va indica un câștig mediu subunitar și puterea recepționată va fi mai mică.

Nici eficiența și nici eficiența de radiație nu sunt afectate aici de VSWR. În 4nec2 se setează în mod implicit valoarea de 100W ca putere injectată în antenă indiferent de adaptare. Adaptată sau nu în antenă ajung 100W.

Eficiența în 4nec2 ne indică câtă energie se transformă în căldură în fiderul antenei, bobine, elemente etc. Alte pierderi în fideri nu sunt decât căldura disipată pe partea reală a impedanței din acel punct.

Eficiența de transfer a energiei de la sursă la antenă este altceva. Asta depinde de adaptare și impedanța de intrare a antenei. În 4nec2 se presupune că în antenă ajung 100W indiferent de VSWR!

Ce se întâmplă dacă se ține cont de efectul solului?

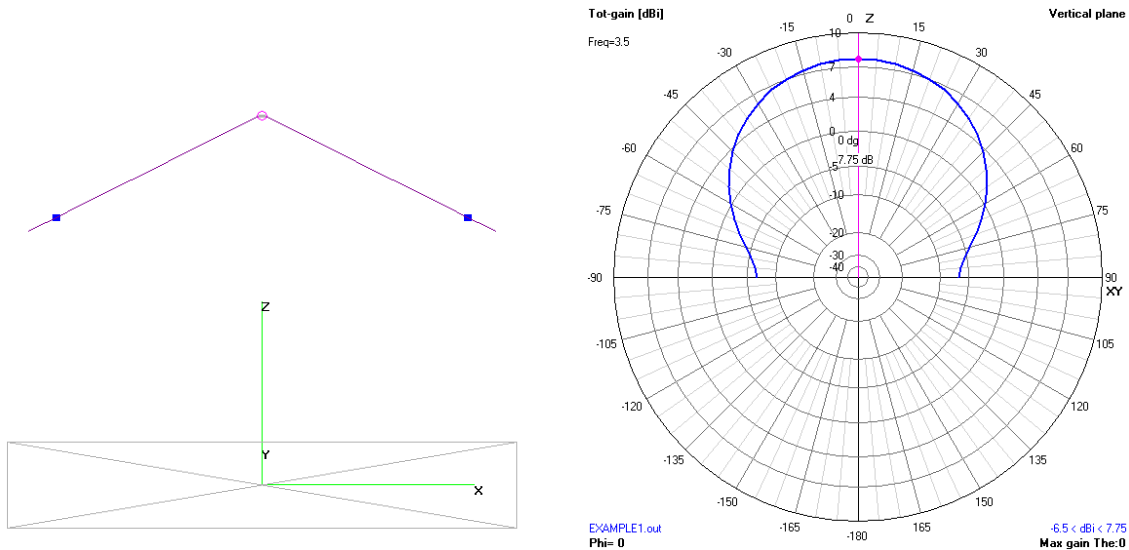
Solul acționează ca un reflector dacă este ideal. Ca urmare, modul în care se calculează eficiența de radiație se modifică pentru că se va calcula câștigul mediu numai pentru direcțiile de la 0 la 180 de grade (unghi elevator teta). Pământul ideal întoarce puterea radiată dinspre pământ înspre cer, putere ce se va suprapune (se adună vectorial) cu puterea incidentă. Ca urmare câștigul mediu măsurat între 0 și 180 de grade va fi 2 pe o scară lineară deci se va efectua în acest caz o împărțire la 2 și apoi se înmulțește cu 100. De exemplu dacă câștigul mediu măsurat în prezența unui sol real este de 0,5 atunci eficiența de radiație este de numai 25%. Trei pătrimi din puterea injectată este absorbită de sol sau se transformă în căldură.

Aceași antenă ce folosește pământul ca reflector poate avea un câștig mai mare decât dacă ar funcționa în spațiul liber. De exemplu un dipol lângă reflector are câștigul maxim mai mare decât a dipolului singur.

Cineva mai cu experiență și-ar da imediat seama că o antenă fie ea cu încărcări inductive și cu pământ cu tot nu poate fi atât de risipitoare energetic. În bobine nu sunt pierderi foarte mari (dacă ar fi s-ar încălzi) și nici în corpurile învecinate. Energia absorbită în câmpurile din jurul antenei trebuie să se ducă și ea undeva (în căldură nu poate). Energia ce ajunge într-un punct îndepărtat este rezultatul însumării vectorilor câmp electric sau magnetic produși de sarcinile electrice ce se mișcă accelerat prin antenă. Noi știm că suma a doi vectori rotitori (fazori) este egală cu suma modulelor numai dacă sunt în fază. Dacă câștigul este mare pentru o anumită direcție înseamnă că vectorii câmp electric produși de fiecare sarcină ce se deplasează prin antenă se adună norocos în fiecare punct plasat pe dreapta poziționată pe acea direcție. Să zicem că am numai două sarcini în antenă și câmpul produs de prima sarcină într-un punct unde eu măsoar semnalul are valoarea 1V/m, iar a doua sarcină produce un câmp de 0,5 V/m (în același punct prin intermediul unde EM produsă). Dacă cei doi vectori E sunt în fază suma lor este 1,5 V/m, iar eficiența

de radiație este de 100%. Dacă sunt în opoziție de fază atunci măsur 0,5 V/m și eficiența de radiație e sub 50%. Zic că am pierderi. E ca și cum la o căruță am doi cai putere utili numai dacă sărmanele animale vor să o și tragă în aceeași direcție. Puterea utilă radiată este de fapt rezultatul însumării vectoriale a mai multor puteri ajunse în punctele unde o pot prelua. Nu le pot prelua toate puterile ci doar efectul produs de suma vectorială a fazorilor lor.

Tot așa cum puterea ce ajunge la antena de recepție este rezultatul sumei vectoriale a puterilor ce ajung în același timp venind din direcții diferite (ca și cum ar fi mai multe surse secundare de radiație ce-și produc efectul într-un punct). De exemplu, antena transmite 100W, dar nu dintr-un singur punct. Cei 100W se distribuie de-a lungul antenei. Fiecare punct poate fi privit ca o antenă punctiformă. Antenele punctiforme transmit independent, în același timp cu puteri aproximativ egale, dar nu în fază. Rezultatul este că dacă preiau cumva toată energia din jur datorită însumărilor nenorocoase (în opoziție de fază sau defazate) voi reconstitui doar 25W din 100W. Ca urmare trag concluzia că 75W s-au pierdut. De fapt nu s-au pierdut, doar că, nu am cum să-i folosesc. Cei care simt problema cu conservarea energiei cred că au înțeles că prin putere pierdută se înțelege aici orice putere ce nu mai poate fi transformată în putere utilă (nu neapărat doar cea transformată în căldură care, e și ea aici definitiv pierdută).



Aici se vede efectul unui sol ideal cu antena plasată la o înălțime de 20m și îndoită la 120 de grade. Câștigul crește de la 2,2 dBi la 7,6 dBi. Antena radiază eficient în sus, caracteristica de radiație fiind în planul vertical. Pământul se comportă ca un radiator perfect fără pierderi. Câștigul crește cu mai mult de 3 dB pentru că lobul se și îngustează ca efect al apropierii brațelor antenei și jumătate din putere este întoarsă spre cer (+3dB). Pe direcția axei z avem însumări norocoase ale câmpului deci un câștig mare. Eficiența de radiație este tot de 100% și în acest caz.

În tabelul 2 se vede cum se comportă o antenă dipol plasată orizontal și acordată pe frecvența de 3,7 MHz. Dacă conductorul este perfect și antena radiază puterea în spațiul liber (în absența solului) eficiența este de 100% pentru că nu sunt pierderi în conductor, iar eficiența de radiație este tot de 100% pentru că nu sunt pierderi nici în sol și simetria electrică asigură însumarea norocoasă. Deci aici:

$$Eficiența = \frac{P_{radiată}}{P_{intrare}} 100 = \frac{P_{radiată}}{100W} 100 = 100\%$$

$$Eff. \text{ Radia\c{t}ie} = G_{mediu} * 100 \text{ f\c{a}r\c{a} efectul solului}$$

$$Eff. \text{ Radia\c{t}ie} = 0,5 * G_{mediu} * 100 \text{ cu efectul solului}$$

Tab. 2 – Antena dipol folosită ca referință în care au fost injectați 100W

Antena	Înălțime față de sol [m]	Frecv. Rez. [MHz]	SWR 1:1	Efficiența %	Eff. Radiație %	Sol de tipul	Imped. Intrare [Ω]	Gmax [dBi]
Dipol orizontal Cond. per.	-	3.725	1,45:1	100	99,94	Free-sp.	72,37	2,14
Dip. oriz. din Al	-	3,725	1,47:1	98,61	98,55	Free-sp.	73,43	2,07
Dip. oriz. Cond. per.	20	3,65	1,59:1	100	99,98	Perfect	79,68	7,56
Dip. oriz. Cond. per.	20	3,7	1,5:1	100	55,94	City Ind. area	74,92	4
Dip. oriz. din Al	15	3,7	1,43:1	98,6	47,41	City Ind. area	71,88	3,87
Dip. oriz. din Al	10	3,7	1,39:1	98,55	35,61	City Ind. area	69	2,81
Dip. oriz. din Al	5	3,7	1,51:1	98,67	22,26	City Ind. area	75,6	0,56
Dip. oriz. din Al	1	3,57	1,88:1	98,99	13,21	City Ind. area	94	-2

Se poate observa din tabel că eficiența scade doar dacă apar pierderi în conductor, iar eficiența de radiație scade doar în prezența unui sol real (cu pierderi) sau la deteriorarea simetriei electrice dintre sarcini de-a lungul antenei (ce poate fi produsă de un corp apropiat sau îndoirea unui braț etc). Dacă antena se apropie de sol la mai puțin de 20 m eficiența de radiație scade brusc chiar dacă SWR-ul este bun și antena rezonantă. Acesta este cazul în care SWR-metrul ne va spune că totul este în regulă când de fapt, nu este (ne minte). Antena este bine acordată chiar și la o înălțime de 5m de sol (SWR 1,51 la 1), dar, energia se pierde prin absorbție/radiație în ori pe suprafața solului. Câștigul antenei scade la 0 dBi și eficiența de radiație la 22%. La numai 1 m de sol antena se comportă mai degrabă ca o linie coaxială adaptată la sol căreia îi scapă (prin radiație utilă/norocoasă pentru noi) doar 10% din putere. Am obținut un fir slab rezonant, dar bine acordat. **Adică balast ce radiază cam prin toate părțile numai cum trebuie nu (prin clădiri, pământ și prin anulare un fel de echo-canceling electromagnetic).**

Dacă două unde acustice îți ajung la un timpan cu exact aceeași intensitate dar defazate cu 180 de grade cu o ureche nu auzi mai nimic (echo-canceling-principiu aplicat deja în acustica sălilor și a căștilor audio).

Ce se întâmplă cu antena dipol-scurt dacă se ține cont de efectul solului și pierderile din încărcarea inductivă?

În primul rând pierderile din bobine pot fi calculate mai precis cu formula D-lui Prof. James F. Corum (K1AON) de la adresa <http://hamwaves.com/antennas/inductance.html>

Tab. 3 – Evaluarea bobinei L (a încărcării inductive)

Nr. spire	Diametrul bobinei	Diam. spirei	Lungimea bobinei	Frecventa
185	25mm	1mm	185mm	3,7MHz
L	XL	RL	Q (factor de calitate)	Cap. paraz. serie
107uH	2504 Ohmi	7,69 Ohmi	325	0pF

Pentru 185 de spire pe un diametru de 25 mm avem o lungime a conductorului de aproximativ 15 m. La frecvența de 3,7 MHz pentru un fir din CuEm cu diametrul de 1mm vom obține o rezistență de pierderi destul de importantă de circa 8 Ohmi, care, va genera pierderi și va micșora eficiența antenei. Pentru a calcula pierderile datorate strict bobinelor vom folosi conductoare ideale pentru antenă. Astfel, eficiența antenei se va referi strict la pierderile de pe încărcarea inductivă.

În tabelul 4 sunt rezultatele modelării numerice a antenei în situația în care dipolul a fost întins orizontal. În lipsa solului antena se comportă foarte asemănător cu dipolul clasic. Pierderile per bobină sunt de circa 8W la o putere injectată de 100W, pierderi ce se transformă în căldură pe rezistența RL din tabelul 3. Ca urmare 16 W se pierd pe încărcarea de la capete. Pierdere nu este singurul preț plătit pentru scurtarea antenei cu circa 45% ci, scade și eficiența de radiație la 92%. Dacă în antenă ajung 100W se pierd 16W pe bobine deci teoretic este radiat restul de 84W în zona de câmp apropiat. Aici nu poate interveni efectul solului pentru că nu există sol (free space) așa cum am intenționat. Ca urmare rezultă că la trecerea din zona de câmp apropiat la cea îndepărtată, pierderile de circa 8% din 84W sunt datorate efectului încărcării inductive ce schimbă/redistribue sarcinile electrice de-a lungul firului (strică simetria electrică). Această schimbare influențează modul în care se adună vectorii câmp electric pe direcția z a maximumului de radiație. Puterea de 7 W (8% din 84W) este radiată și ea (nu are pe ce să se transforme în căldură!), dar nu poate fi preluată de antena receptoare pentru că se scade fazorial din puterea totală de 84W. Ce putem prelua (puterea utilă efectiv radiată) este diferența 84-7=77W. Acesta este prețul total al scurtării antenei!

Tab. 4 – Evaluarea antenei dipol-scurt cu încărcare pur inductivă spre capete – două benzi 3,7/7 MHz

Antena	Înălț. față de sol [m]	Frecv. Rez. [MHz]	SWR 1:1	Eficiența %	Efi. Rad. %	Sol de tipul	Imped. Intrare [Ω]	G max [dBi]	Pierderi / Bobină [W]	Putere Injectat/ radiat [W]
Dipol oriz-scurtat Cond. perfect	-	3,7	1,12:1	84	92	Free-sp.	52	1,6	8	100/77
Dip. oriz. scurtat	20	3,7	1,33:1	86	94	Perfect	58	7,14	7	100/81

Cond. perfect										
Dip. oriz. scurtat Cond. per.	20	3,7	1,11:1	85	52	City Ind. area	55	3,53	7,5	100/44
Dip. oriz. PEC	15	3,7	1,05:1	84	44	City Ind. area	52	3,4	8	100/37
Dip. oriz. PEC	10	3,7	1,03:1	84	32,5	City Ind. area	51,7	2,26	8	100/27
Dip. oriz. PEC	5	3,7	1,21:1	85	20	City Ind. area	58,4	0	7,5	100/17
Dip. oriz. PEC	1	3,65	1,6:1	89	11	City Ind. area	94	-3	5,5	100/10

În prezența unui sol perfect (ideal) la o distanță de 20m de sol antena are 7,14 dBi, aproape cât un dipol. Antena pare bună și prețul plătit pentru scurtarea ei aparent e mic. Puterea injectată este de 100W și efectiv radiată (utilă) de 81W. Destul de bine! Antena se acordă bine la linie.

În prezența unui sol real uscat cu pierderi (de tip City Industrial) din 100W injectați, utili mai rămân doar 44W. Antena radiază wattii utili mult mai slab și câștigul scade la 3,53 dBi. Efectul solului asupra radiației este mare. Adaptarea rămâne bună în continuare.

Dacă se micșorează distanța față de sol sub 20m efectele sunt dramatice. De la 44W pot ajunge la circa 20% putere efectiv radiată. VSWR-metrul arată în continuare că firul este acordat și că totul e bine.

Măsurarea efectivă a antenei cu un analizor vectorial produce rezultate apropiate de rezultatele obținute cu 4nec2 și nu cred că mai este cazul să insist asupra lor. Antena mea este plasată la o distanță de numai 15 m de sol la țară, într-o zonă cu sol ceva mai bun. Cred că se încadrează undeva între 44-60W putere efectiv radiată (depinde de umiditatea solului). Controalele primite în zilele cu propagare medie rareori trec de 59 la 75-90W injectați.

Antena buclă inductivă loop

Mulțumită lui Cristi – YO4UQ și contribuției acestuia la programele de evaluare a performanțelor acestor antene pot face o evaluare rapidă dintre o antenă buclă ce a fost optimizată de Carol F. Milazzo – KP4MD cu cea prezentată mai sus.

Astfel antenele inductive au un factor de scurtare între 1/8 și 1/3 lambda putând fi încadrate la categoria *scurtate*. Comparativ cu dipolul ce are 1/2 lambda avem 1/4 și 2/3 factorul de scurtare față de dipol și 1/2 și 4/3 față de dipolul scurt. Antenele dau randament maxim dacă sunt confecționate din țevă de cupru groasă de 3/4 inch. Se poate confecționa mai ușor din țevă de cupru de 20mm și se poate cositorii cu coturile pentru minimizarea pierderilor. Antena este amplasată pe orizontală deci este omni-direcțională.

Antena	Înălț. față de sol [m]	Frecv. Rez. [MHz]	SWR 1:1	Eficiența %	Efi. Rad. %	Sol de tipul	Imped. Intrare [Ω]	G max [dBi]	Pierderi / Structură [W]	Putere Injectat/ radiat [W]
Loop Cond. Cu	3,6	7.05	1,00:1	17,8	1,68	Good	50	-12	82,11	100/3
Loop. Cond. Cu	17	14,05	1,04:1	50	38	Average	51,1	3,25	50	100/19

Antena se poate găsi la adresa www.qsl.net/kp4md/magloop.htm și are un diametru de aproximativ 2m. Factorul de scurtare este foarte mare antena având circumferința de numai $6,28m = 20 \cdot 0.314$. Mai scurtă cu 70% față de un dipol în banda de 7 MHz. Scurtarea are întotdeauna costuri ... Ambele antene au de pierdut în ceea ce privește banda care se reduce foarte mult, dar zgomotul scade și raportul semnal zgomot crește (asta e bine). Antena inductivă după cum se vede este ineficientă la emisie. Nu comentez mai mult, rămâne să trageți singuri concluziile (fiecare știe că a lui e mai bună – e OK și așa).

Antena Bazooka

Antena Bazooka este o antenă ciudată prin însăși natura ei, fiind construită parte din linii coaxiale parte din filare. În antenă au loc fenomene complexe, parte imită linia de transmisie, parte imită dipolul radiant. În interior pe fiderul central se comportă ca o linie coaxială/cavitate acordată, iar în exterior (pe tresă) se comportă ca un dipol radiant acordat. Lungimea de undă din interiorul liniei coaxiale este micșorată de factorul de viteză al liniei la circa 66% din lambda pe când în exterior, lungimea de undă este ceva mai mare.

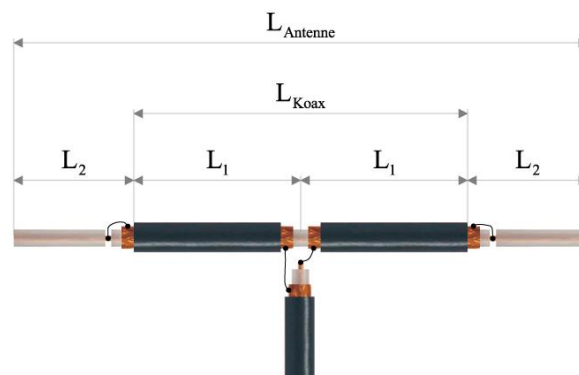
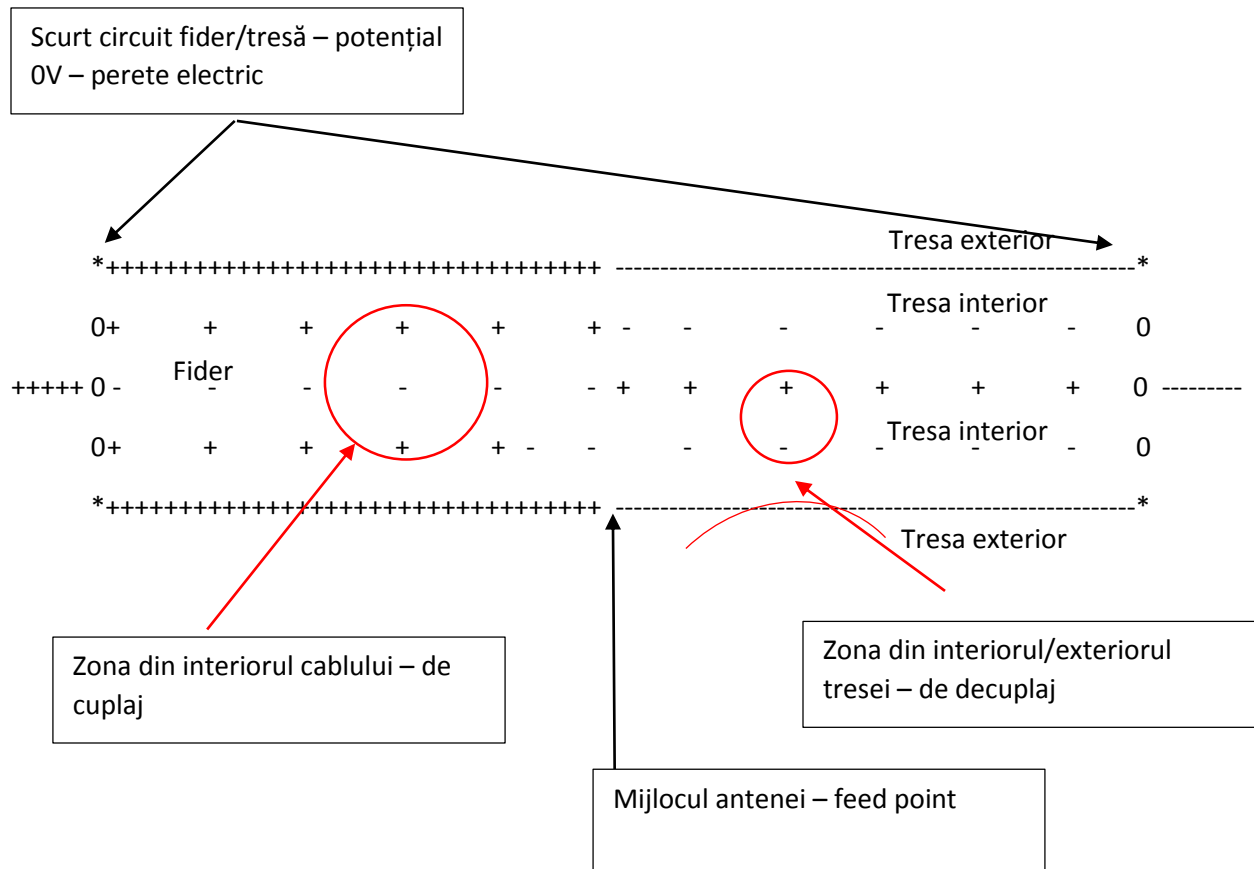


Fig. 3 Antena Bazooka din linii coaxiale

Densitatea de sarcini este mult mai mică pe fiderul central unde curentul este mic comparativ cu cel de pe tresă. Pentru a înțelege mai bine este ca și cum am avea o linie de transmisie la care din cauza condițiilor impuse la proiectare dorim să maximizăm curenții de mod comun ce se propagă pe suprafața exterioară a tresei. Acest dezechilibru între densitatea de curent din exteriorul tresei și interiorul liniei poate fi indusă artificial dacă antena este alimentată pe tresă nu pe fider. Desenul poate fi mai sugestiv. El arată în secțiune prin linia coaxială modul în care se repartizează sarcinile.



Densitatea cea mai mare de sarcini este în exteriorul tresei cablului unde în desen semnele sunt mai apropiate. În interior densitatea este mai mică și repartiția lor se face după legile specifice ale liniei de transmisie (sarcinile opuse se cuplează două câte două și apare simetria). Forțele de atracție dintre sarcinile opuse și de respingere între cele de același semn fac ca așezarea lor să producă simetria electrică necesară cuplajului (energie potențială – starea legată). Radiația nu este posibilă în această zonă de cuplaj ci doar deplasarea câmpurilor de-a lungul liniei (ca la o linie de transmisie coaxială). La capete scurt circuitul apare în fața unei din zona de cuplaj ca un perete electric ce se opune și unda din interior se reflectă la capetele scurtului-scc fiind strânsă (capturată) în interior ca într-o cavitate rezonantă. Câmpul undei din zona de decuplaj este respins înspre exterior din cauza interacțiunii dintre sarcinile electrice de același semn de pe suprafața interioară și exterioară a tresei și unda de pe suprafața interioară tresei spre fider. În zona de decuplaj începe radiația câmpul electric având liniile curbate înspre exteriorul cablului (arcul de cerc). Potențialul din capătul scc-ului este tot zero dar reprezintă un NULL (zero virtual) format prin compunerea a două unde directă și inversă (un nod al tensiunii undei staționare). Acest punct nu se

va opune înaintării semnalului prin intermediul câmpurilor prin exteriorul tresei și mai departe prin firele din capetele antenei Bazooka. La capăt semnalul vede un perete magnetic (terminație în gol) și se întoarce. Cred că lungimea de undă în exteriorul tresei este ceva mai mare decât în interior unde datorită factorului de viteză (la RG58 – 0,66) aceasta se reduce mult de la 80m la 52,8m. Factorul de scurtare al antenei nu este chiar 0,66 ci ceva mai mare lucru din cauza căruia sunt necesare firele de la capete. Ciudată antenă! Frumoasă totodată.

Fenomenele descrise mai sus sunt prea complexe pentru a fi modelate numeric cu un program ca și 4nec2 (bazat pe surse scrise în anii 80). Acesta așa cum scriam cu altă ocazie are niște limite ce nu permit simularea propagării pe interiorul și exteriorul tresei. Nu am întâlnit nici o modelare a acestei minunate antene în NEC.

Ne având la îndemână un program adecvat modelării acestei antene la frecvențe foarte mici am optat pentru simularea ei în domeniul microundelor la 1,2GHz acolo unde, lucrez în mod curent cu HFSS (High Frequency Structure Simulator). HFSS-ul este un produs profesional, dar care nu lucrează la frecvențe atât de mici (la 3,7MHz).

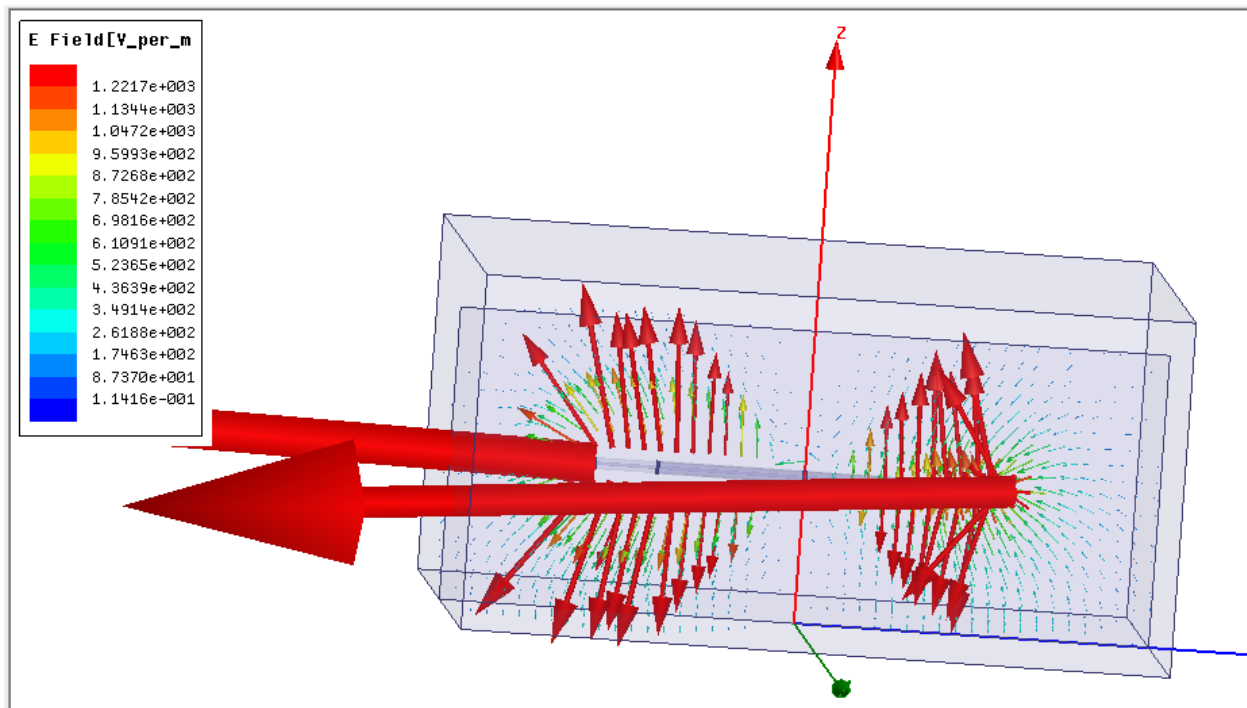
Tab. 5 – Antena Bazooka la 1,150 GHz modelată cu HFSS și comparată cu antena dipol drept în aceleași condiții (dielectric – polietilena impedanța cablului 50 Ohmi la dimensiunile lui RG58, dar fără pierderi în conductoare, doar în dielectric)

Antena	Înălț. față de plan masă [m]	Frecv. Rez. [MHz]	SWR 1:1	Eficiența %	Efi. Rad. %	Sol de tipul	Imped. Intrare [Ω]	G max [dBi]	Banda [MHz]
Bazooka Cond. perfect	0.042	1139	1,14:1	99	100	Alumin/ plan infinite	43	8,5	200
Dipol Cond. perfect	0,042	1120	1,33:1	100	100	Alumin/ Plan infinite	68	7,4	110

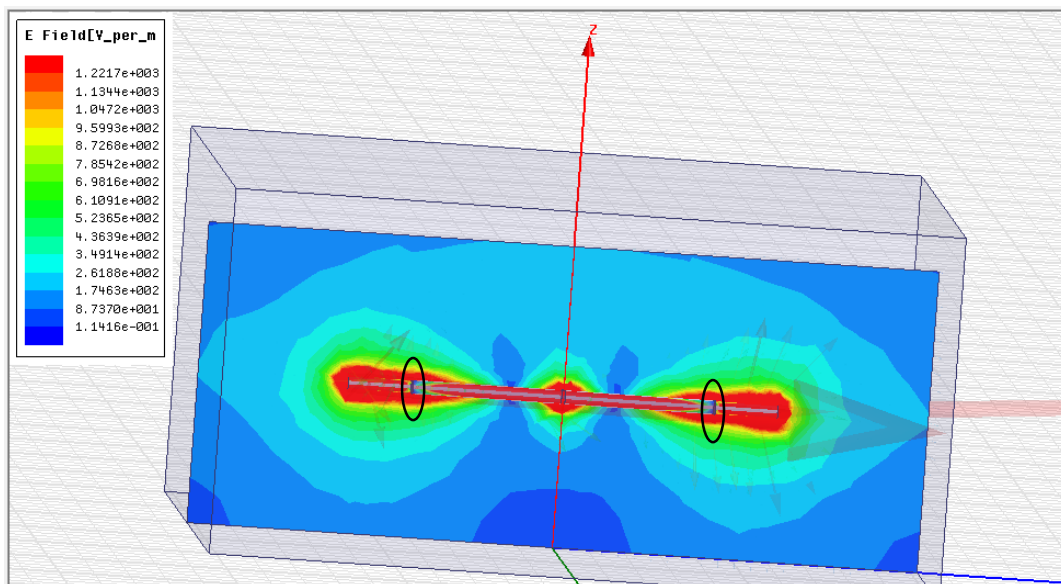
Sigur că evaluarea cu primele două antene nu este 100% viabilă pentru că ar trebui făcută la aceeași frecvență în aceleași condiții. Acest lucru nu este însă posibil. În microunde eficiențele de radiație sunt mai bune, dar antena Bazooka se pare că este la fel de eficientă ca un dipol, chiar ceva mai bună.

Câștigul maxim al antenei Bazooka este cu un decibel mai mare comparativ cu al unui dipol ce lucrează în exact aceleași condiții (aproape imperceptibil). Banda antenei este punctul ei forte pentru că este aproape de două ori mai mare decât banda oferită de un dipol simplu (la frecvențe mici s-ar putea diferența să scadă). Factorul de micșorare este aproximativ egal cu factorul cablului, dar numai dacă în locul fiderelor de la capete se utilizează tot coaxial altfel este 0,9, aproximativ.

În imaginea următoare HFSS ne arată ce se întâmplă cu câmpul electric din interior. Animația se găsește la adresa www.qsl.net/yo5ouc. Se vede că vectorii cu roșu reprezintă câmpul de pe suprafața exterioară a tresei și că, sunt mult mai intensi decât vectorii câmp electric din interior (cu galben și verde).



Mai mult sunt și defazați. Foarte interesant. La capete vectorul E este f. Intens față de mijloc. Acest lucru este surprins și de modelarea modului lui E în secțiune.



Se vede că la un moment dat în interiorul coaxialului lângă scurt circuit câmpul este aproape nul (albastru) pe când în exteriorul tresei în același punct nu este nul dar apare o tendință de formare a unui nod.

În loc de încheiere

Sunt câteva lucruri legate de antena Bazooka pe care nu le înțeleg. De ce nu se folosește un Balun de 1 la 1 pentru asimetrizarea la cablu coaxial. Se vede din simulări că la alimentarea asimetrică partea unde este legată tresa coaxialului (masa) ce face alimentarea suferă de o ușoară deformare a câmpului deci se perturbă simetria din antenă. Acest lucru indică posibilitatea apariției curenților de mod comun pe cablul de coborâre. Probabil că, datorită impedanței mai mici de intrare de numai 43 de Ohmi, efectul curenților de mod comun este mult diminuat și nu produce efecte măsurabile decât pentru puteri mai mari.

Antena Bazooka câștigă din punctul meu de vedere apelativele *the good* și *the wild*, dar, rămâne comparabilă cu o antenă dipol ca performanțe doar că, are banda mai largă. Scurtarea antenei este mică (cu doar 10%) comparativ cu a unui dipol dacă, la capete, sunt fidere normale (simplu Bazooka). Scurtarea poate fi împinsă spre 30% pentru dublu-Bazooka cu coaxial integral, dar cred că se pierde din eficiența de radiație (nu am verificat). Efectul planului de masă este la fel de pronunțat asupra antenei la o apropiere mai mică de un sfert de undă deci afirmația că poate funcționa la fel de bine lângă peretele blocului este după mine un mit.

Primele două antene au performanțe mult mai mici și cred că multe dintre afirmații legate de scurtarea cu 70% a unei antene la aceleași performanțe cu a dipolului sunt mituri. Miturile/povestirile au însă rolul lor. Sunt folositoare seara înainte de culcare.

La antenele scurtate de tip dipol apropierea de pământ la mai puțin de un sfert de undă reprezintă o idee foarte proastă. O antenă ce lucrează în banda de 80m trebuie ridicată la cel puțin 15m de sol, altfel, încălzește solul. Puterea se pierde, dar putem rămâne cu satisfacția că poate fi încă bine acordată. Ce vă spuneam.

Antenele scurtate cu benzi înguste au însă zgomot mai mic la recepție. Aici antena inductivă excelează. Cu o banda de numai 25 KHz în banda de 80m față de 50 KHz a dipolului scurt. Inductiva poate fi reaccordată cu un condensator pe când dipolul nu. Inductiva bate dipolul la recepție însă la emisie nu are cum decât dacă dipolul scurt se apropie prea mult de sol. Inductiva nu pare la fel de sensibilă în apropierea solului (un avantaj). Inductivele au însă un mit al lor. Probabil că dimensiunea lor foarte foarte redusă, acordul bun și recepția foarte liniștită alimentează visul obținerii antenei punctiforme cu iz de YAGI (ce este și va rămâne în fond un fel de alchimie a antenelor).

Zic ... lasați-i să bată mingea.

Celor care iubesc antenele le urez viață lungă și spor la acordat fire. Vă mai așteptăm cu drag și la simpozionul din Cluj-Napoca.

73 de Nicolae Crișan, YO5OUC-Nicu

